

**Carl von Ossietzky
Universität Oldenburg**

**Diplomstudiengang
Landschaftsökologie**

Diplomarbeit

Titel:

Analyse der Zu- und Entwässerungssysteme in der Wesermarsch:
Geschichte, Funktion und Anpassungsstrategien an den Klimawandel

vorgelegt von:

Marcus Malsy (Matrikel-Nr. 8916200)

Betreuender Gutachter:

Prof. Dr. Helge Bormann

Zweiter Gutachter:

PD Dr. Holger Freund

Oldenburg, den 30.04.2010

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
Verwendete Software.....	VIII
1. Einleitung	1
1.1 Einführung in die Thematik.....	1
1.2 Problemstellung und Zielsetzung	2
2. Untersuchungsgebiet	4
3. Einzugsgebiet der Weser.....	15
4. Gesetzliche Grundlagen	22
5. Methodik	25
6. Entwicklung der Zu- und Entwässerungssysteme im Nordseeraum.....	28
6.1 Allgemeine Entwicklung und Rahmenbedingungen der Zu- und Entwässerung.....	28
6.2 Entwicklung der Zu- und Entwässerung im Verbandsgebiet der Stadlander Sielacht und des Entwässerungsverbandes Butjadingen	32
6.3 Heutige Funktionsweise der Zu- und Entwässerung in den Verbandsgebieten.....	37
7. Veränderungen der Rahmenbedingungen in der Vergangenheit	51
7.1 Veränderungen der natürlichen Gegebenheiten	51
7.2 Salzkonzentrationen in der Unterweser	53
7.2.1 Veränderungen in den Mittelwerten der Salzgehalte	55
7.2.2 Veränderungen in den Höchstwerten der Salzkonzentrationen.....	57
7.2.3 Auswertung der Abweichungen vom langjährigen Mittel	59

7.2.4 Zeitpunkt der höchsten Salzkonzentration im Tideverlauf.....	61
7.3 Salzkonzentrationen an den Oberflächenwassermessstellen.....	64
8. Zukünftige Veränderungen der Rahmenbedingungen	69
9. Potentielle Anpassungsstrategien des Wassermanagementsystems.....	73
9.1 Absperrung der Schweiburg	76
9.2 Verlagerung der Einlassstelle	78
9.3 Bypass zum Schweiburger Siel	79
9.4 Anlage von Poldern im Untersuchungsgebiet	81
9.5 Verlängerung des Butjadinger Zu- und Entwässerungskanals bzw. Erhöhung des Deichs am oben genannten Kanal	82
9.6 Trinkwasserleitungen.....	83
9.7 Talsperren	84
9.8 Jadebusen Sperrwerk	85
9.9 Entsalzungsanlagen	86
9.10 Landnutzungsänderungen.....	88
10.Fazit und Ausblick	90
11.Zusammenfassung	92
12.Literaturverzeichnis	94
12.1 Quellen.....	94
12.2 Internetquellen	107
Anhang.....	
Danksagung	
Ehrenwörtliche Erklärung.....	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des Landkreises Wesermarsch im Land Niedersachsen	4
Abbildung 2: Lage des Untersuchungsgebietes innerhalb des Landkreises Wesermarsch	7
Abbildung 3: Höhenkarte des Landkreises Wesermarsch	8
Abbildung 4: Schematischer geologischer Schnitt von der Nordsee bis zum Geestrand.....	10
Abbildung 5: Klimadiagramm der Stadt Bremerhaven.....	14
Abbildung 6: Einzugsgebiet der Weser inkl. ihrer Unterteilung.....	15
Abbildung 7: Entwicklung des Küstenverlaufs in der Wesermarsch im Verlauf des Mittelalters	33
Abbildung 8: Meliorationsgebiete im Bereich der Stadlander Sielacht	38
Abbildung 9: Schöpfwerke der Stadlander Sielacht.....	39
Abbildung 10: Ausschnitt aus der Gewässerkarte des Meliorationsbezirkes Schwei	40
Abbildung 11: Berechnung eines Sielzuges	41
Abbildung 12: Siele im Bereich des Entwässerungsverbandes Butjadingen	44
Abbildung 13: Lage der Schöpfwerke im Entwässerungsverband Butjadingen	45
Abbildung 14: Einteilung der Zuwässerungsgebiete im Entwässerungsverband Butjadingen	46
Abbildung 15: Lage der wichtigsten Verlate in Butjadingen	47
Abbildung 16: Lage der Pegel für die Analyse der Salzgehalte.....	54
Abbildung 17: Mittelwerte in den Sommermonaten am Pegel Brake.....	55
Abbildung 18: Mittelwerte in den Sommermonaten am Pegel Strohauser Plate Ost	55
Abbildung 19: Höchstwerte in den Sommermonaten am Pegel Strohauser Plate Ost	57
Abbildung 20: Höchstwerte in den Sommermonaten am Pegel Nordenham.....	57
Abbildung 21: Abweichungen der Jahresmittelwerte vom langjährigen Mittel am Pegel Brake	59
Abbildung 22: Abweichungen der Höchstwerte im Monat September vom langjährigen Mittel am Pegel Brake.....	60

Abbildung 23: Abweichungen der Mittelwerte im Monat September vom langjährigen Mittel am Pegel Brake.....	61
Abbildung 24: Abhängigkeit der Salzkonzentration vom Tidehochwassers	62
Abbildung 25: Lage der Oberflächenwassermessstellen.....	64
Abbildung 26: Salzgehalte im Oberflächenwasser in Butjadingen zu verschiedenen Zeitpunkten	65
Abbildung 27: Salzgehalte am Zu- und Entwässerungskanal zu verschiedenen Zeitpunkten	67
Abbildung 28: Mögliche Absperrung der Schweiburg	77
Abbildung 29: Lage des alten Abser Sieltiefs	78
Abbildung 30: Lage des Schweiburger Sieltiefs zum Verbandsgebiet der Stadlander Sielacht	80

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einwohnerzahlen im Landkreis Wesermarsch im Vergleich zum Land Niedersachsen	5
Tabelle 2: Landnutzung im Landkreis Wesermarsch in der Mitte des 20. Jhs. ..	12
Tabelle 3: Nutzung der Fläche in den Gebietskörperschaften	13
Tabelle 4: Pegel an der Unterweser.....	16
Tabelle 5: Veränderungen des Tidenhubs in Brake	16
Tabelle 6: Ausbaumaßnahmen in der Unterweser	19
Tabelle 7: „Planfestgestellte Fahrrinnenbreiten und Tiefenlagen der Fahrrinnensohle im Weserästuar nach Abschluss des 14 m-Ausbaus der Außenweser“	21
Tabelle 8: Aufgaben der Wasser- und Bodenverbände (§2 WVG)	23
Tabelle 9: Kosten für die Erneuerung der Wasserverbandseinrichtungen im Landkreis Wesermarsch nach Ende des Zweiten Weltkrieges.....	32
Tabelle 10: Sielachten im Untersuchungsgebiet zu Beginn des 20. Jhs.	35
Tabelle 11: Trends der Niederschläge in Deutschland im 20. Jh.	51
Tabelle 12: Veränderungen der Wasserstände am Pegel Brake	52

Tabelle 13:	Übersicht über die statistischen Auswertungen der mittleren Salzgehalte in den Sommermonaten	56
Tabelle 14:	Übersicht über die statistischen Auswertungen der höchsten Salzgehalte in den Sommermonaten	58
Tabelle 15:	Veränderung der Zu- und Entwässerungszeiten durch den Weserausbau	72
Tabelle 16:	Mittlerer Tränkewasserbedarf verschiedener Nutztierarten	87

Abkürzungsverzeichnis

A_{Eo}	Fläche des oberirdischen Einzugsgebietes
DWD	Deutscher Wetterdienst
EV	Entwässerungsverband
Evtl.	eventuell
HQ	höchster Abfluss
i.d.R.	in der Regel
inkl.	inklusive
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
Jh.	Jahrhundert
LGN	Landesvermessung und Geoinformation Niedersachsen
miBiSt	mittlerer Binnenwasserstand
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
MHQ	mittlerer Hochwasserabfluss
MHW	mittleres Hochwasser
MNQ	mittlerer minimaler Abfluss
MNW	mittleres Niedrigwasser
MTHB	mittlerer Tidenhub
MTHW	mittleres Tidehochwasser
MTNW	mittleres Tideniedrigwasser
MQ	mittlerer Abfluss
NLS	Niedersächsisches Landesamt für Statistik

NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NN	Normalnull
NQ	kleinster Abfluss
NWG	Niedersächsisches Wassergesetz
SKN	Seekartennull
v.a.	vor allem
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WSA	Wasser- und Schifffahrtsamt
z.B.	zum Beispiel

Verwendete Software

SPSS 17

ArcGIS 9.3

1. Einleitung

1.1 Einführung in die Thematik

Der globale Klimawandel ist ein aktuell häufig und kontrovers diskutiertes Problem. Aus dem 4. Sachstandsbericht des IPCC geht hervor, dass der Meeresspiegel wahrscheinlich bis zum Ende des 21. Jhs. um 18-59 cm ansteigen und sich die globale Durchschnittstemperatur um 1,1-6,4 °C erhöhen wird (IPCC 2007).

Durch die Extremwetterereignisse der letzten Jahre z.B. den katastrophalen Hochwasserereignissen und sommerlichen Hitzeperioden wurde der Klimawandel „zu einem brisanten politischen und gesellschaftlichen Thema“ (OVERBECK et al. 2008). KEMFERT 2004 hält Kosten von 137 Mrd. US \$ Schäden durch Extremereignisse für ganz Deutschland im Jahr 2050 für möglich.

Klimaschutz stellt verständlicherweise in allen Ländern der Erde ein steigendes lebensnotwendiges Erfordernis dar. Mit dem Klimawandel werden dünn besiedelte Regionen bis hin zu Megacities/Metropolregionen konfrontiert werden (BÖHM 2007). Auch in Deutschland steigen die mittleren Jahrestemperaturen an. So sind nach SCHÖNWIESE & JANOSCHITZ 2005 die mittleren Jahrestemperaturen im 20. Jh. um 1 °C und die mittleren Niederschläge um 9 % angestiegen. Unabhängig von den Verhandlungen über die Vermeidung des Klimawandels stellt sich der Meeresspiegelanstieg als Problem dar, dessen Folgen nur durch eine Anpassung in der betreffenden Region wirksam eingedämmt werden kann (LAU 2004).

Nach DOW & Downing 2007 wird im Jahr 2100 der Lebensraum von 50-75 Mio. Menschen in Westeuropa bedroht sein, verbunden mit einem Landverlust von 1409 km².

Da eine weltweite Klimakontrolle im 21. Jh. unwahrscheinlich scheint und zudem mit erheblichen Folgen des Klimawandels gerechnet werden muss, ist es erforderlich, hierfür Lösungen zu entwickeln (MÖLLER 2006). Aus diesem Grund hat sich auch Mitteleuropa auf eine Klimaänderung vorzubereiten und einzustellen (BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG 2003). In Folge dieser

Erkenntnisse hat die Bundesregierung im Dezember 2008 eine nationale Anpassungsstrategie an den Klimawandel veröffentlicht (DIE BUNDESREGIERUNG 2008); mittlerweile ist auch eine EU-weite Rahmengesetzgebung in Arbeit (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT 2009).

Hierbei wird Anpassung von BÜRKI 2000 als „die Kapazität eines Systems sich an die Klimaänderungen anzupassen, mögliche Schäden zu mildern, vorhandene Möglichkeiten auszunützen oder die Folgen zu bewältigen“ definiert.

Von den möglichen Folgen des Klimawandels sind Küstenräume mit ihren sozialen, ökonomischen und ökologischen Strukturen als vorwiegend beeinträchtigte Bereiche anzusehen (HARTJE et al. 2001, IPCC 2007). Nach BEHRE 2001 gibt es innerhalb Europas nur wenige Gebiete, die eine ähnlich große Abhängigkeit von Siedlung und Küstenentwicklung aufweisen wie die Nordsee. Für beides sind die Meeresspiegeländerungen von großer Bedeutung.

Küstengebiete mit ihren vielgestaltigen und leistungsfähigen Lebensräumen stellen von Anfang an einen Schwerpunkt in der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft dar (PERMIEN et al. 2005). Die Küstengebiete beherbergen ca. 60% der Weltbevölkerung (vgl. AGENDA 21 1992, MÖLLER 2007). Somit bestehen beträchtliche anthropogene Raumansprüche in Küstengebieten, die wichtige Wirtschafts-, Verkehrs-, und Erholungsräume darstellen (KANNEN 2001).

1.2 Problemstellung und Zielsetzung

Rund ein Viertel der Fläche des Landkreises Wesermarsch befindet sich unter Normalnull (NN) (HABEDANK 1970, WÖBKEN 1982) und ca. 2/3 liegen unter der Höhe des mittleren Hochwassers (MHW) (HABEDANK 1970). Hieraus ergibt sich, dass ohne den Schutz der Deiche ein Großteil der Fläche zweimal täglich (WÖBKEN 1982, CORNELIUS 2003a) und bei erhöhtem Hochwasser sogar fast die gesamte Fläche überflutet werden würde (MENGERS 1969).

Um die landwirtschaftliche Nutzung und damit die Lebensvoraussetzung im Landkreis Wesermarsch zu gewährleisten, werden die Länder durch ein umfangreiches Grabensystem entwässert bzw. wird bei niedrigem Wasserstand zugewässert (WIRTSCHAFTSFÖRDERUNG WESERMARSCH 2007, vgl. Kap. 6). Die Gräben werden zusätzlich zur Viehkehrung auch als Tränkewasser für die Weidetiere verwendet. Hierbei treten gegenwärtig teilweise schon Probleme z.B. mit der

Konzentration des Salzgehaltes auf. Ein weiteres Problem betrifft die Situation bei Starkregenfällen. Wenn Starkregenfälle mit ungünstigen Tideverhältnissen zusammentreffen, ist die Entwässerung der tiefliegenden Bereiche sehr problematisch. Diese Gebiete sind außerdem von einem steigenden Meeresspiegelanstieg, steigenden Temperaturen und einer veränderten Niederschlagsverteilung besonders betroffen.

Die Aufgabe dieser Arbeit ist es, die geschichtliche Entwicklung der Zu- und Entwässerungssysteme zu beschreiben, die heutige Funktionsweise zu analysieren und mögliche Schwachpunkte im System, die durch die Veränderungen des Klimawandels entstehen oder sich verstärken können, aufzuzeigen. Die möglichen Klimaänderungen werden sich voraussichtlich durch einen erhöhten Meeresspiegelanstieg, einen Temperaturanstieg, die Änderung der Jahresniederschlagshöhe bzw. der Niederschlagsverteilung, die Zunahme der Anzahl und Dauer von Hitzewellen sowie der Häufigkeit von Extremereignissen zeigen (UMWELTBUNDES - AMT 2007).

Ziel der Arbeit ist es, Anpassungsstrategien für eine nachhaltige Nutzung im Landkreis Wesermarsch im Jahr 2050 zu erarbeiten.

Die deutschen Pilotflächen im Rahmen des Eu-Interreg IVb-Projektes „Climate Proof Areas“ befinden sich im Landkreis Wesermarsch. Hiervon wurden in dieser Arbeit die Zu- und Entwässerungssysteme der Wasserverbände „Stadlander Sie-lacht“ und „Entwässerungsverband Butjadingen“ untersucht.

2. Untersuchungsgebiet

Das Projektgebiet befindet sich im Landkreis Wesermarsch im Nordwesten Deutschlands.

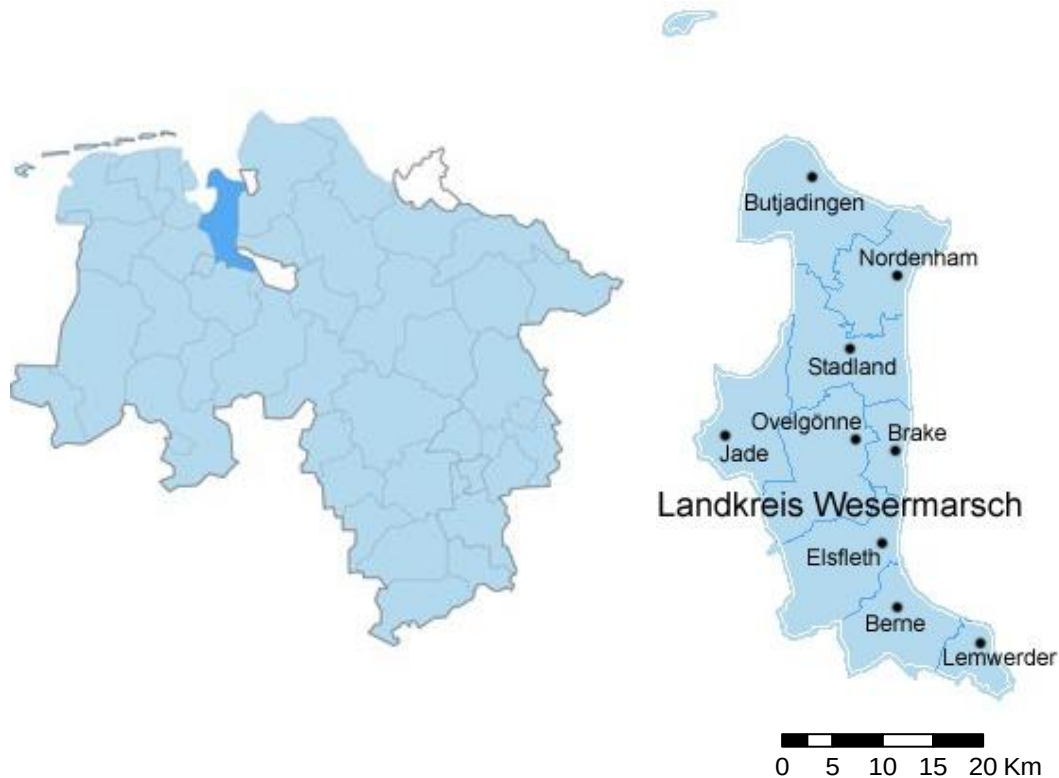


Abbildung 1: Lage des Landkreises Wesermarsch im Land Niedersachsen (Quelle: Verändert nach LAND NIEDERSACHSEN 2009, der Maßstabsbalken ist nur für den vergrößerten Kartenausschnitt gültig)

Der Landkreis Wesermarsch (siehe Abb. 1) gehört innerhalb der Großlandschaft Norddeutsches Tiefland, Küsten und Meere zur Landschaft der Wesermarschen. Hierbei handelt es sich überwiegend um eine grünlandgeprägte und offene Kulturlandschaft (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2009).

Mit einer Fläche von 821,90 km² ist der Landkreis Wesermarsch einer der Kleinsten in Niedersachsen. Im Süden grenzt er an den Landkreis Oldenburg, die Stadt Delmenhorst und den Stadtstaat Bremen. Im Westen bildet der Jadebusen, im Norden die Nordsee sowie im Osten die Weser die natürlichen Grenzen der Wesermarsch. Die Küstenlinie im Landkreis beträgt 160 km und erzeugt v.a. für den nördlichen Teil eine Halbinsel ähnliche Lage.

Die Nord-Süd Ausdehnung beträgt mehr als 60 km. Im Gegensatz hierzu zählt die Breite in West-Ost-Richtung nur 22 km. Die höchste Erhebung stellt ein Geest-

vorsprung bei Jaderberg im südwestlichen Teil mit 8,9 m NN dar, die Marschen liegen stellenweise bis 1,8 m unter NN (NIEDERSÄCHSICHES LANDESAMT FÜR STATISTIK 2007, siehe auch Abb. 3).

Mit einer Bevölkerung von 91665 Einwohnern (30.06.2009) ist die Wesermarsch eher dünn besiedelt. Die Einwohnerdichte beträgt 111,5 Einwohner/km² und liegt damit deutlich unter dem niedersächsischen (166,8 Einwohner/km²) und bundesweiten Schnitt (229 Einwohner/km²). Im Bereich der Gemeinden Stadland mit 67,4 Einwohner/km² und der Gemeinde Butjadingen 49,0 Einwohner/km² sogar erheblich darunter. Die Einwohnerzahl des Landkreises sinkt seit dem Jahr 2002 kontinuierlich (NIEDERSÄCHSICHES LANDESAMT FÜR STATISTIK 2010).

Tabelle 1: Einwohnerzahlen im Landkreis Wesermarsch im Vergleich zum Land Niedersachsen (Quelle: NIEDERSÄCHSICHES LANDESAMT FÜR STATISTIK 2010)

Gebietskörperschaft	Einwohner (30.06.2009)	06.87=100	Fläche [km²]	Einwohner / km² (30.06.2009)
Niedersachsen	7945244	110,9	47626,6	166,8
Weser-Ems	2482557	116,6	14970,7	165,8
Wesermarsch	91665	102,6	821,91	111,5
Berne	7025	109,4	85,21	82,4
Brake	15833	97,5	38,18	414,7
Butjadingen	6326	108,8	129,02	49,0
Elsfleth	9158	111,3	115,15	79,5
Jade	5833	128,3	93,57	62,3
Lemwerder	7113	104,6	36,38	195,5
Nordenham	27160	93,9	87,20	311,5
Ovelgönne	5575	112,2	123,81	45,0
Stadland	7642	103,8	113,39	67,4

Insgesamt leben etwa zwei Drittel der Einwohner entlang der Weser in Nordenham, Brake, Elsfleth und Lemwerder. Siedlungsschwerpunkte bilden die beiden Hafenstädte Brake und Nordenham mit zusammen fast 50% der Einwohner des Landkreises.

Weitere Gemeinden sind Stadland, Ovelgönne, Jade, Butjadingen und Berne. Die ländlich geprägten Gemeinden Butjadingen und Ovelgönne sind mit weniger als 50 Einwohnern je km² sehr dünn besiedelt. Auch die Gemeinden Stadland und Jade mit 60-65 Einwohnern je km² liegen weit unter dem Durchschnitt des Landkreises. Im Gegensatz hierzu stehen die beiden Industriehafenstandorte Nordenham und Brake mit 311,5 bzw. 414,7 Einwohnern je km² (siehe Tab.1).

Insgesamt sechs Wasserverbände sind für die Zu- und Entwässerung im Landkreis verantwortlich. Es sind dies die Mooriem-Ohmsteder Sielacht, die Braker Sielacht, der Entwässerungsverband (EV) Stedingen, der Entwässerungsverband Jade, die Stadlander Sielacht und der Entwässerungsverband Butjadingen. Die Grenzen der Verbände orientieren sich an den Niederschlagsgebieten. Es bestehen insgesamt 594 km Gewässer II. Ordnung und 1470 km Gewässer III. Ordnung (WÖBKEN 1969).

Zusammen mit den Deichbänden bilden die Wasserverbände den Kreisverband Wesermarsch der Wasser- und Bodenverbände (CORNELIUS 2003b). Das Untersuchungsgebiet - die beiden Wasserverbände Stadlander Sielacht und der Entwässerungsverband Butjadingen - liegen im nördlichen Bereich des Landkreises Wesermarsch (siehe Abb. 2). Das Verbandsgebiet der Stadlander Sielacht reicht von der „Weser, linksseitig, vom Schmalenflether Sieltief (einschließlich) bis zum Beckumer Sieltief (einschließlich).“ Der Entwässerungsverband Butjadingen erstreckt sich von der „Weser, linksseitig, vom Beckumer Sieltief bis zur Nordsee und Jadebusen bis zum Schweiburger Tief einschließlich Deichvorland“ (NIEDERSÄCHSISCHES WASSERGESETZ 2007).

Das Verbandsgebiet des Entwässerungsverbandes Butjadingen umfasst 23210 ha und erreicht somit fast exakt die doppelte Größe der Stadlander Sielacht (11600 ha). Die Verbandsgrenzen der Wasserverbände entsprechen nicht exakt den Grenzen der gleichnamigen Gemeinden, da z.B. zum Entwässerungsverband Butjadingen zusätzlich die Stadt Nordenham gehört. Jedoch sind sie zu großen Teilen

deckungsgleich und somit geeignet, die räumlichen Gegebenheiten und Landnutzungsstrukturen aufzuzeigen.

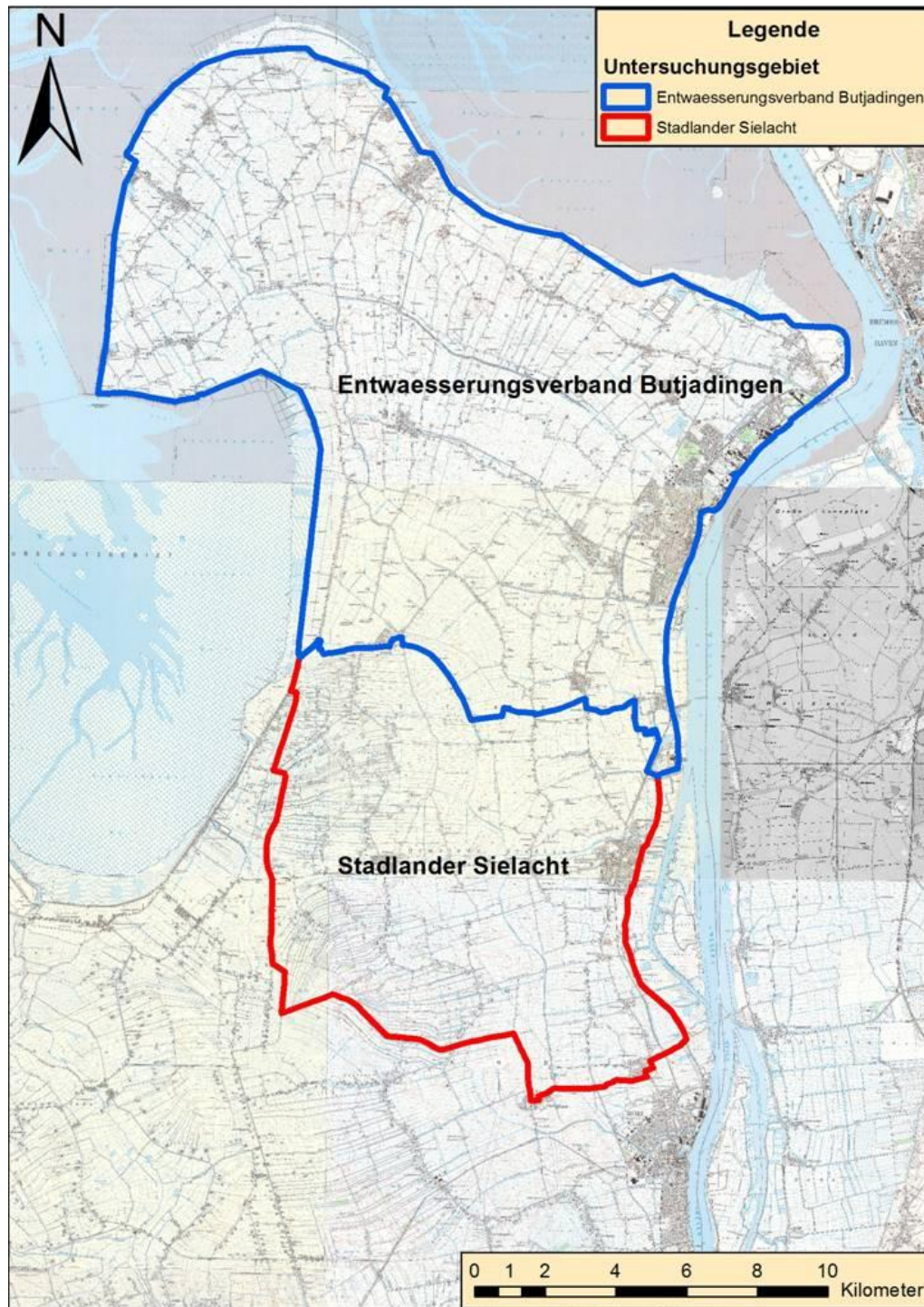


Abbildung 2: Lage des Untersuchungsgebietes innerhalb des Landkreises Wesermarsch (Quelle: Eigene Darstellung basierend auf der Kartengrundlage des )

Aufgrund der außergewöhnlichen Topographie (vgl. Abb. 3) der Wesermarsch ist das Wasser das bestimmende Element. Der Küstenverlauf wurde im Verlauf der

letzten Jahrtausende wiederholt durch Sturmfluten verändert und geprägt. Hierbei ist z.B. der mittelalterliche Einbruch des Jadebusens zu nennen (vgl. Kap. 6.2 und Anhang A I). Die hydrologische Situation wird durch die Gezeiten der Nordsee bzw. das Weserästuar bestimmt.

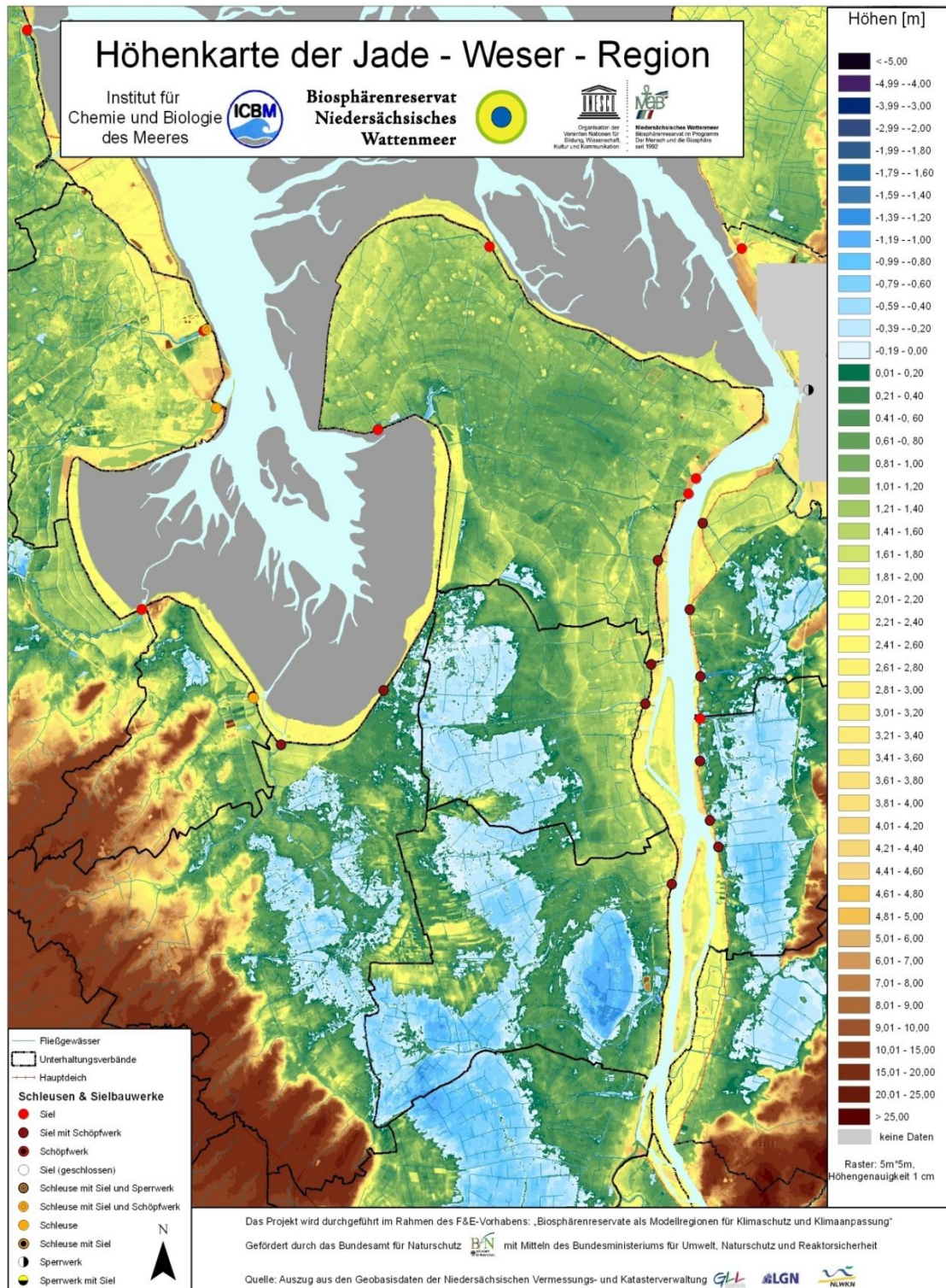


Abbildung 3: Höhenkarte des Landkreises Wesermarsch (Quelle: Projekt „Speichern statt Pumpen“ ICBM 2009)

Da rund 22000 ha des Landkreises unter NN liegen, würde ohne den Schutz der Deiche fast die gesamte Fläche, mit Ausnahme einiger hoher Marschländer in Butjadingen und Stadland, zweimal täglich überschwemmt werden (WÖBKEN 1982, CORNELIUS 2003b). Insgesamt sind die Bereiche entlang der Weser mit 1-3 m NN am höchsten gelegen. In Richtung Süden und Westen fallen die Höhen der Geestrandmoore bis auf -2 m ab.

Hieraus ergeben sich zwei Konsequenzen:

1. Das gesamte Gebiet kann nicht oder nur zeitweilig mit der natürlichen Vorflut in die Weser beziehungsweise in die Nordsee entwässern.
2. Das gesamte Gebiet muss durch Deiche geschützt werden (WÖBKEN 1969).

Erst der Küstenschutz hat die Küstenregion in ihrer Besiedlung und heutigen Nutzung möglich gemacht. Wie auf Abbildung 3 zu erkennen ist, liegen große Bereiche der Wesermarsch bis zu 2 m unter Normalnull. Entlang der Küste verläuft vom Jadebusen über die Außen- und Unterweser und die Hunte entlang ein ca. 160 km langes Deichsystem. Siele und Schöpfwerke regeln die Zu- und Entwässerung (vgl. LANDKREIS WESERMARSCH 2003). Im Binnenland werden die Wasserstände zudem von einem in sich verzweigten System aus Sielzügen und schmalen Sielgräben geregelt. Die Entwässerung des Niederschlagswassers erfolgt in Richtung Nordsee und Weser. Insgesamt wird nahezu die Hälfte des Niederschlags entwässert und die freie Vorflut ist nur für wenige Stunden möglich. Auch die höher gelegenen Geestbereiche entwässern über die niedriger gelegenen Bereiche in das Ästuar.

Die Wasserstände im Grabensystem werden möglichst konstant gehalten (vgl. Kap. 6.3) und liegen bedingt durch die Geländehöhe oft weit unterhalb Normalnull (vgl. Anhang A II). Um die Sieltiefs und Gräben aufzufüllen, wird zwischen April und September Weserwasser eingeleitet. Im Herbst werden die Sieltiefe geleert, damit ausreichend Speicherraum für Niederschläge zur Verfügung steht (WÖBKEN 1982). Innerhalb des Landkreis Wesermarsch besteht ein Gewässernetz mit rund 15000 km an Be- und Entwässerungssystemen (CORNELIUS 2003b).

Eine genaue Erläuterung der Entwicklung und der Funktionsweise des Zu- und Entwässerungssystems im Bereich des Untersuchungsgebietes befindet sich in Kap. 6.

Die heutige Landschaft der Wesermarsch wurde überwiegend im Pleistozän ausgebildet und wird in den anstehenden Schichten aus pleistozän-pliozänen Sanden unterschiedlicher Körnung und Mächtigkeit gebildet (MEINKEN & HOFFMANN 1999). Jedoch sind für die geologische Entwicklung auch Prozesse, die in der Saale-Eiszeit stattfanden, z.B. die Eintiefung des Aller-Weser Urstromtales, von Bedeutung (HARTUNG 1969). Nach Ende der letzten Eiszeit war der südliche Nordseebereich landfest. Mit dem Schmelzen der Eismassen setzte ein rapider Anstieg des Meeresspiegels ein (vgl. z.B. BEHRE 2001).

Die Urstromtäler wurden durch mit Schmelzwässern eingebrachten Sedimenten kontinuierlich aufgefüllt (SCHIRMER & SCHUCHARDT 2007). „Nach dem Abfluss der eiszeitlichen Schmelzwässer verlandeten, vermoorten und verschlickten die breiten Urstromtäler“ (SCHRADER 1965 und BEHRE 1994 zitiert in WITTIG et al. 2007).

Im Bereich der Wesermarsch besteht die unterhalb der Geländeoberkante liegende Deckschicht aus einer sehr heterogenen Sedimentabfolge, dem Küstenholozän (siehe Abb. 4). Diese Ablagerungen sind größtenteils tonig-schluffiger Art (STREIF 1978).

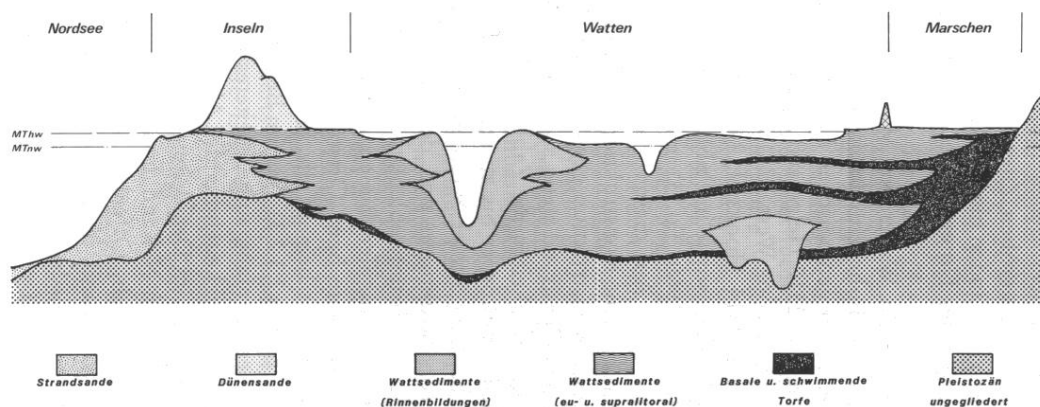


Abbildung 4: Schematischer geologischer Schnitt von der Nordsee bis zum Geestrand (STREIF 1990)

Die höchsten Erhebungen stellen die anthropogenen Deiche und Wurten dar. Die Sedimente der Nordsee und der Weser bilden den Marschboden. Dieser ist in Ufernähe durch die Ablagerung gröberer Partikel höher gelegen als im Hinterland und führt zur Bildung eines Uferwalles mit hohem Sandanteil. Anschließend erstreckt sich die aus der Feinkornfraktion gebildete Hohe Marsch. In weiterer Entfernung des Ufers werden mit abnehmender Strömungsgeschwindigkeit feinere Partikel abgelagert, die die tiefergelegene Marsch, das Sietland bilden. Diese ist von der Geest und hohen Marsch umgeben, deren Grundwasser in die tiefer gelegenen Flächen abfloss und hierdurch im Geestrandbereich zur Bildung von Mooren führte. Die Entwässerung führte im Laufe der Zeit zu weiteren Setzungsprozessen (WITTIG et al. 2007).

Eine umfassende Beschreibung der Entwicklung der quartären Nordseeküste ist z.B. in HARTUNG 1969, STREIF 1990, ARBEITSGEMEINSCHAFT DER LÄNDER ZUR REINHALTUNG DER WESER 1999, BEHRE 2001 enthalten.

Für eine landwirtschaftliche Nutzung und die Besiedelung der Wesermarsch stellt die Wasserregulierung - nach dem Deichschutz - die wichtigste Voraussetzung dar. Das Wasser könnte ohne umfangreiche Bauwerke wie Siele, Sieltiefe und Schöpfwerke nicht in die Vorfluter bzw. die Nordsee abfließen (WÖBKEN 1982).

Die Wesermarsch wird Binnendeichs zu annähernd 95% landwirtschaftlich genutzt (WITTIG et al. 2007). Hierbei stellen Grünlandtypen über 90% der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche dar (WITTIG et al. 2007, VONDERACH 2008a). Sowohl der Obst- und Gemüseanbau als auch die Forstwirtschaft finden nur stellenweise statt. GARDEN 2002 spricht sogar davon, dass 98% der landwirtschaftlichen Flächen als Grünland genutzt werden. Dies stellt eine Folge der Spezialisierung der Betriebe in den 70er und 80er Jahren des 20. Jhs. dar. Die Ackernutzung wurde in dieser Zeit fast vollständig eingestellt. Die Wesermarsch stellt somit eine extrem einseitig gestaltete Landschaft dar, die eines der größten zusammenhängenden Grünlandareale Deutschlands bzw. Mitteleuropas beherbergt (LANDKREIS WESERMARSCH 1992). Das Grünland besteht zu 75% aus ertragsreichen Marschböden und zu 25% aus kultivierten, aber wenig ertragsreichen Moorböden. Insgesamt

samt ist eine Spezialisierung auf Rindvieh- und Milchviehhaltung erfolgt (VONDERACH 2002).

Zwar ist die Grünlandnutzung auch in früheren Zeiten schon dominierend gewesen (siehe Tab. 2), in der zweiten Hälfte des 20. Jhs. stieg sie jedoch rapide an.

KRÜGER 1982 schreibt, dass die Wesermarsch sich zu einem geschlossenen, reinen Grünlandgebiet entwickelt hat und nur 3 % der landwirtschaftlichen Fläche ackerbaulich genutzt wird. Der Anteil der Ackerflächen war in Nordwestbutjadingen im Bereich Fedderwarder/Eckwarder mit 20-22 % am höchsten und im Bereich Schweiburg an der Weser mit 11-12 % am niedrigsten. Insgesamt waren im Jahr 1950 von 81666 ha Wirtschaftsfläche 70222 ha landwirtschaftliche Nutzfläche. Dies entspricht einem Anteil von 86 %.

Tabelle 2: Landnutzung im Landkreis Wesermarsch in der Mitte des 20. Jhs. (Quelle: HANNEMANN 1954)

Jahr	Nutzung der Fläche [%]			
	Wiesen	Weide	Acker	Garten
1937	27,5	54,8	15	2,7
1950	28	51	16,7	4,3

Auch wenn die landwirtschaftlich genutzte Fläche die mit Abstand größte Landnutzung darstellt, nimmt die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe seit Jahren kontinuierlich ab. So waren im Jahr 1949 noch 5927 Betriebe gemeldet, die eine Fläche von 49499 ha als Grünland bewirtschafteten (HANNEMANN 1954). Im Jahr 1999 nutzten 1294 Betriebe insgesamt 60922 ha und im Jahr 2007 bestanden noch 992 landwirtschaftliche Betriebe in der Wesermarsch, die eine landwirtschaftlich genutzte Fläche von 57065 ha bewirtschafteten. Insgesamt arbeiteten 2004 noch 401 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte im landwirtschaftlichen Sektor, hiervon 364 in Vollzeit. Von den 57065 genutzten Hektar wurden im Jahr 2007 51685 ha als Dauergrünland bewirtschaftet (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK 2010). Auch in den Zahlen für die im Untersuchungsgebiet gelegenen Städte und Gemeinde spiegelt sich der sehr hohe Anteil der landwirtschaftlichen Nutzung wieder (siehe Tab. 3).

Tabelle 3: Nutzung der Fläche in den Gebietskörperschaften (Quelle: NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK 2010)

Gebietskörperschaft	Gesamte Fläche [ha]	Fläche mit landwirtschaftlicher Nutzung [ha]	Anteil [%]
Gem. Butjadingen	12902	11237	87
Stadt Nordenham	8720	5920	68
Gem. Stadland	11339	9150	81

Sowohl die Anzahl der Betriebe als auch die der Beschäftigten geht kontinuierlich zurück, im Gegensatz hierzu erhöht sich die Größe der einzelnen Betriebe jedoch stark. Die meisten kleineren Betriebe werden nur als Nebenerwerbsbetriebe geführt, so dass die Mehrheit der Haupterwerbsbetriebe (>80 %) eine Fläche von jeweils mehr als 30 ha bewirtschaften (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK 2010). Entsprechend der dominierenden Grünlandnutzung finden sich mehrmalig gemähtes Intensivgrünland sowie Wiesen und Weiden des mesophilen Grünlandes als häufigste Biotoptypen. Wirtschaftsgräser prägen die im Gesamten relativ artenarme Vegetation mit Weidelgras-Weißklee-Weide Gesellschaften (WITTIG et al. 2007). Die heutige, in erster Linie durch die Landwirtschaft geprägte Vegetation der Unterwesermarsch, unterscheidet sich grundsätzlich von der potentiell natürlichen Vegetation, die sich in diesem Bereich ohne das Wirken des Menschen entwickelt hätte (BEHRE 1994 in WITTIG et al. 2007).

Makroklimatisch liegt Nordwestdeutschland im Bereich der feucht-gemäßigten Westwindgürtel. Diese sind gekennzeichnet durch einen rhythmischen Wechsel der Jahreszeiten, vorherrschende Westwinde und einen häufigen Durchzug von Tiefdruckgebieten. Die Nordsee und das dadurch vorherrschende feuchttemperierte Klima sorgen für relativ milde Winter und „kühle“ Sommer sowie einen gedämpften Tagesgang (Klimatyp Cfb nach KOTTEK et al. 2006).

Der Einfluss des Golfstromes zeigt sich daran, dass die Lufttemperatur ca. 5 °C höher liegt, als dies durch die geographische Lage (Breitengrad) zu erwarten wäre (BEHRENS 1994, KRAFT & STEINECKE 1999). Die durchschnittliche mittlere Jahrestemperatur der Zeitreihe 1971-2000 beträgt an der nahegelegenen Station Bremerhaven 9,4 °C (siehe Abb. 5). Der jährliche mittlere Niederschlag beträgt

718 mm. Hier zeigen sich Veränderungen zu der Zeitreihe des DWD von 1961-1990. In dieser betrug das mittlere Tagesmittel 9,0 °C mit einem mittleren täglichen Maximum von 11,9 °C und einem mittleren täglichen Minimum von 6,2 °C. Der mittlere jährliche Niederschlag wies einen Wert von 741,4 mm auf (MÜLLER-WESTERMEIER 1996). Jedoch sind durch die verschiedenen Großwetterlagen merkbliche Witterungsunterschiede zwischen den einzelnen Jahren festzustellen (KRAFT & STEINECKE 1999).

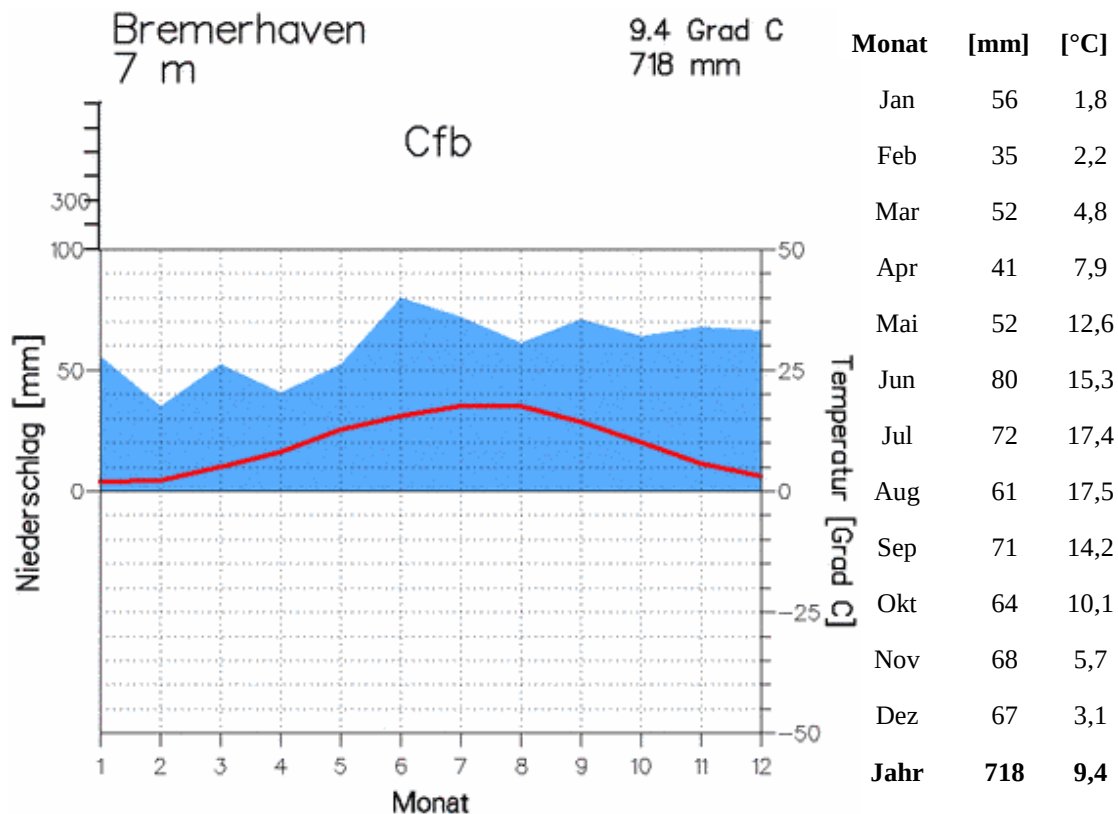


Abbildung 5: Klimadiagramm der Stadt Bremerhaven (Bezugszeitraum 1971-2000)

(Quelle: MÜHR 2007)

Besonders in den küstennahen Bereichen sorgen die maritimen Luftmassen für Niederschläge, die über das ganze Jahr verteilt auftreten (SEEDORF & MEYER 1992). Hierbei fällt der Niederschlag im hydrologischen Winterhalbjahr mit 300 bis 350 mm geringer aus als im hydrologischen Sommerhalbjahr (400-450 mm). Die mittlere jährliche potenzielle Verdunstung beträgt 525-550 mm. Die klimatische Wasserbilanz ist somit deutlich positiv. Für die Weser-Ems-Marschen betrug in der Zeitreihe 1961-1990 der mittlere Jahreswert 333 mm mit einem deutlichen Übergewicht im Winterhalbjahr von 272 mm und einem wesentlich geringerem im Sommerhalbjahr (ADLER 2000).

3. Einzugsgebiet der Weser

Die folgenden Ausführungen beruhen hauptsächlich auf Angaben in ADLER 2000, DEUTSCHES GEWÄSSERKUNDLICHES JAHRBUCH 2005, ENGEL 1995 und KIRCHHOFF 2000.

Die Weser entsteht durch den Zusammenfluss der 292 km langen Werra mit der 212 km langen Fulda bei Hann. Münden. Das vollständige oberirdische Einzugsgebiet (A_{E0}) der Weser besitzt eine Größe von 46306 km². Hiervon entfallen auf die Werra 5491 km² und auf die Fulda 6945 km². Die eigentliche Weser besitzt eine Länge von 432 km und wird in Ober- Mittel- und Unterweser unterteilt. Die Oberweser erstreckt sich zwischen Hann. Münden und dem Durchbruch durch das

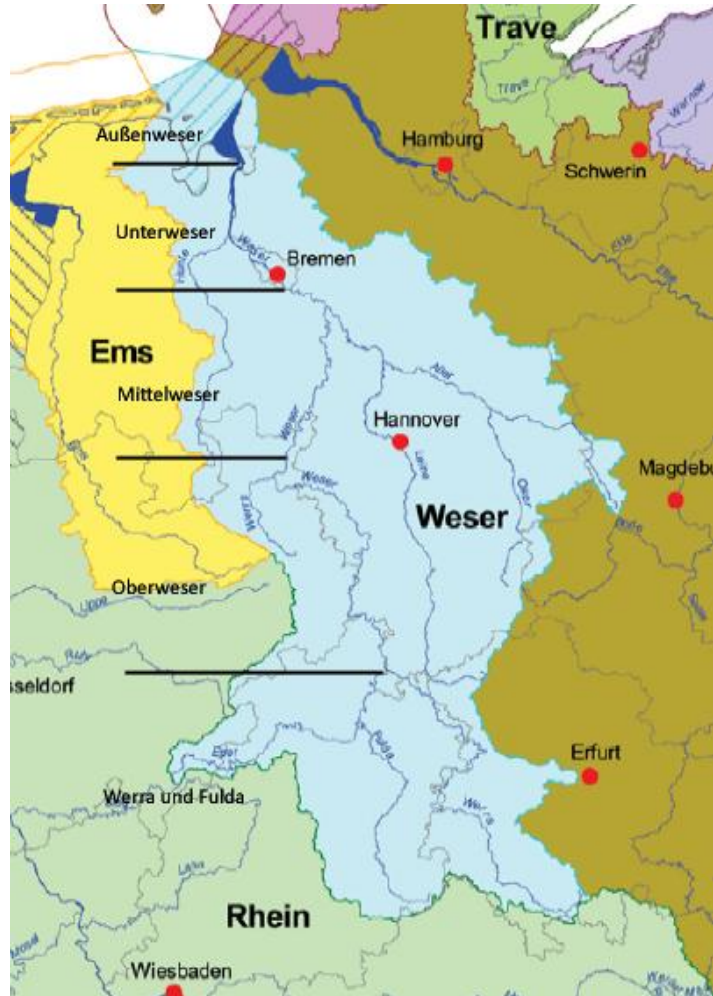


Abbildung 6: Einzugsgebiet der Weser inkl. ihrer Unterteilung (Quelle: Eigene Darstellung, verändert nach UMWELTBUNDESAMT 2004)

Weser/Wiehengebirge bei Porta Westfalica mit einer Länge von 205 km und einem oberirdischen Einzugsgebiet von 19162 km². Der mittlere Abfluss MQ beträgt hier 189 m³/s. Ab Porta Westfalica ist die Weser als Flachlandfluss einzustufen. Zwischen Porta Westfalica und der Tidegrenze bei Bremen erstreckt sich die 157 km lange Mittelweser mit einem A_{E0} von 37495 km² und einem mittleren Abfluss (MQ) von 326 m³/s. Die Abflussmengen steigen rapide durch den Zufluss der Aller mit dem Erreichen des Verden-Aller Urstromtales an. Die kanalartig

ausgebaute Unterweser schließlich ist der tidebeeinflusste Abschnitt zwischen Bremen und der Mündung in die Nordsee bei Bremerhaven. In Bremerhaven beginnt das trichterförmige Ästuar, die ca. 55 km lange Außenweser. Neben dem Rhein und der Elbe ist die Weser somit der drittlängste Fluss Deutschlands.

Im Bereich der Wesermarsch bzw. angrenzender Gebiete befinden sich folgende Pegel (siehe Tab. 4):

Tabelle 4: Pegel an der Unterweser (Quelle: ADLER 2000)

Name des Pegels	Lage des Pegelnullpunktes [m NN]	Einzugsgebiet A_{E0} [km²]
Brake	-5	44565
Bremerhaven	-5	45809
Fedderwardersiel	-5	46138

Die mittlere Wassertiefe im Bereich der Unterweser beträgt etwa 10 m, die der Außenweser ca. 15 m. Die Tidegrenze ist durch das Weserwehr in Bremen-Hemelingen erzwungen. Im Verlauf der letzten 100 Jahre hat sich der Tidenhub in Bremen extrem vergrößert und beträgt mittlerweile in Bremen 4,12 m im Gegensatz zu 0,4 m im Jahr 1888. Hierbei kam es v.a. zu einer Senkung des mittleren Tideniedrigwassers (MTNW) das in Bremen zwischen 1888 und 1960 um fast 3,50 m gesunken ist (vgl. Anhang A III und FRIEDRICHS 1913).

Die Änderungen des Tidenhubs lassen sich auch anhand der mittleren Gezeitenwasserstände für den Pegel Brake aufzeigen (vgl. Tab. 5). Die Veränderungen fallen hier zwar geringer aus, als in Bremen, der Trend ist jedoch entlang der Unterweser einheitlich; hin zu einem größeren Tidenhub.

Tabelle 5: Veränderungen des Tidenhubs in Brake

Autor	MTHW [m NN]	MTNW [m NN]	Tidenhub [m]
HANNEMANN 1954	+1,71	-1,55	3,26
NLWKN 2007	+2,09	-1,81	3,90

Die Wasserstände erhöhen sich bei auflandigem Wind aus Richtung West bis Nord, da hierbei das Meerwasser in die Weser gedrückt wird. Im Gegenzug hierzu verringert Wind aus Richtung Nordost bis Südost die Wasserstände (GRABEMANN 1992). Die Gezeitenwelle und auch Sturmfluten können die Stadt Bremen durch den Ausbau der Weser als Schifffahrtsstraße inzwischen nahezu problemlos erreichen (SCHUCHARDT & SCHIRMER 2007).

Im Mündungsgebiet überlagern sich die Einflüsse der aus dem Binnenland abfließenden Oberwassermengen mit denen der Gezeiten. Der Oberwasserabfluss beträgt bei Intschede (etwa 30 km flussaufwärts des Bremer Wehres) im langjährigen Mittel (MQ) $325 \text{ m}^3/\text{s}$, das langfristige Mittel der jährlichen Maxima (MHQ) liegt bei $1270 \text{ m}^3/\text{s}$, der höchste gemessene Abfluss (HQ) betrug $3500 \text{ m}^3/\text{s}$. Das langfristige Mittel der jährlichen Minima (MNQ) liegt bei $124 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. der kleinste gemessene Abfluss (NQ) bei $59,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Werte gelten jeweils für das gesamte Kalenderjahr im Bezugszeitraum 1951-2005 (DEUTSCHES GEWÄSSERKUNDLICHES JAHRBUCH 2005). Eine Oberwasseränderung am Pegel Intschede kann circa zwei Tage später in Nordenham aufgezeichnet werden (KRAUSE 1979 in GRABEMANN 1992). Etwa 80 % des Süßwasserzuflusses in die Unterweser werden durch den Oberwasserabfluss am Pegel Intschede hervorgerufen, die restlichen 20 % durch die Nebenflüsse Lesum, Geeste, Ochtum und Hunte (GKSS 1980 in GRABEMANN 1992).

In der tideabhängigen Unterweser mischen sich in der Brackwasserzone salzreiches Wasser der Nordsee und salzärmeres Weserwasser. Die Brackwasserzone bewegt sich ungefähr zwischen Brake und dem Leuchtturm Hoher Weg, der östlich der Insel Mellum gelegen ist. Dies entspricht ungefähr dem Unterweser-km 40-95. Allerdings verändert sich die Brackwasserzone sowohl in ihrer Ausdehnung als auch in ihrer Lage. Hierbei existiert eine starke Abhängigkeit vom Oberwasserabfluss (vgl. BARG 1979). Auch das Oberwasser kann durch die Einleitungen der Kaliindustrie salzhaltig sein. Insgesamt ist das Weser-Ästuar als teilweise geschichtet anzusehen und gehört somit zu den mesotidal Ästuaren (GRABEMANN 1992).

Die Brackwasserzone rückt stromaufwärts, wenn, bei sonst unveränderten Verhältnissen, die Oberwassermenge kleiner, die Flutwassermenge größer oder der Durchflussquerschnitt kleiner wird. Auf diese Weise hat auch der Ausbau der Unterweser die Lage der Brackwasserzone beeinflusst (HENSEN 1955).

Die Weser wird seit dem 12. Jh. durch die Schifffahrt genutzt, die sich im Laufe der Zeit von der Flößerei zu einer Großschifffahrt weiterentwickelt hat. Dies führte zum Ausbau der Fahrrinne, der Vertiefung und Umgestaltung des Flusses und einer in weiten Teilen naturfernen Uferbefestigung. Auch verlor die Weser mit dem Bau des Mittellandkanals eine Wassermenge von bis zu 17 m³/s, da Weserwasser in den Mittellandkanal eingespeist wird. Zusätzlich zu acht Staustufen und Schleusenkanälen sollte durch den Bau der Edertal- und Diemeltalsperre die Schiffbarkeit auch in Niedrigwasserzeiten gewährleistet bleiben (KIRCHHOFF 2000).

In viele Nebenarme aufgespalten betrug der Tidenhub in Bremen 1888 nur wenige Dezimeter. Selbst bei Ausnutzung der Flut konnten nur Schiffe bis 2 - 2,50 m Tiefgang die Unterweser bis Bremen befahren (WEGNER 1955). Folglich wurde Ende des 19. Jhs. nach den Plänen von Ludwig Franzius im Jahre 1888 mit der ersten Weserkorrektur begonnen. Ziel war es, dass Bremen seinen Platz als Seehafen verteidigen wollte und somit die Weser für Seeschiffe befahrbar ausgebaut werden sollte. Hierzu wurde der Flusslauf begradigt, Stromspaltungen beseitigt und Krümmungen abgeflacht. Der Tidewelle sollte ein möglichst ungehinderter Ein- und auch Auslaufen ermöglicht werden, dadurch verschob sich jedoch auch die Tidegrenze flussaufwärts. Infolgedessen wurde in Bremen-Hemelingen das Weserwehr errichtet. Im Laufe des 20. Jhs. folgten noch einige weitere Ausbauten der Unter- und Außenweser (siehe Tab. 6), um den immer größer werdenden Schiffen das problemlose Anlaufen der bremischen Häfen zu ermöglichen (ARBEITSGEMEINSCHAFT DER LÄNDER ZUR REINHALTUNG DER WESER 1999).

Tabelle 6: Ausbaumaßnahmen in der Unterweser und außenweser (Quelle: Eigene Darstellung, verändert nach WSA BREMERHAVEN und GRABEMANN 1992)

Geschichte der Weserausbauten		
Jahr	Tiefe	Maßnahme / gewünschte Auswirkung
1887 - 1895	5 m-Ausbau	1. Unterweser-Korrektion für 5 m tiefgehende Schiffe nach einem Entwurf von Ludwig Franzius
1891 - 1895	Außenweserausbau auf 7,30 m	Bau der Leitdämme an der Franzius Plate (Länge 6 km) und vor Imsum (Länge 1,6 km), Vertiefung der Außenweser auf 7,30 m unter MTNW
1906 - 1911	Bau der Hemelinger Wehranlage	Einfluss der weiteren Vertiefung der Unterweser auf die Senkung der Grundwasserstände in den preußischen Marschen oberhalb Bremens sollte ausgeschaltet werden.
1913 - 1916	7 m-Ausbau	Ausbau der Unterweser für Schiffe mit 7,0 m Tiefgang.
1921 - 1924	Erweiterter 7 m-Ausbau	Ausbau der Unterweser für Schiffe mit 7,0 m Tiefgang bei Abfahrt in Bremen
1925 - 1929	8 m-Ausbau	Ausbau der Unterweser für Schiffe mit 8,0 m Tiefgang
1953 - 1958	8,7 m-Ausbau	Ausbau der Unterweser für Schiffe mit 8,7 m Tiefgang, Abflachung des "Braker Buckels"
1954 - 1967	Außenweserausbau auf -10 m SKN	Wiederherstellung der Vorkriegstiefen der Außenweser auf SKN - 10 m, Sicherung des Fahrwassers durch Wiederherstellung und Neubau von Buhnen,
1969 - 1971	Außenweserausbau auf -12 m SKN	Ausbau der Außenweser auf SKN - 12 m (Vertiefungsbaggerungen)
1973 - 1974	9 m-Ausbau	Vertiefung der Unterweser zwischen Bremerhaven und Nordenham sowie Baggerung der Wendestellen
1973 - 1978	9 m-Ausbau	Ausbau der Unterweser zwischen Brake und Bremen auf SKN - 9 m.
1974 - 1976	9 m-Ausbau	Vertiefung der Unterweser zwischen Nordenham und Brake auf SKN - 9 m
1979		Inbetriebnahme der Sturmflutsperrwerke Hunte, Lesum und Ochtum
1998 - 1999	Außenweserausbau auf -14 m SKN	Ausbau der Außenweser auf SKN - 14 m
geplant	Anpassung der Unter- und Außenweser	Einleitung des Planfestellungsverfahrens im Jahr 2006

Das Mündungsgebiet der Weser ist seit jeher ein von großer landwirtschaftlicher Nutzung geprägtes Gebiet, in dem in der Wachstumsperiode aus der Weser zugewässert wird. Hier spielt die Frage der Verschiebung der Brackwasserzone bzw. der Vergrößerung eine große Rolle. Aus diesem Grund wurden beginnend mit dem ersten Unterweserausbau 1887 Messungen des Salzgehaltes durchgeführt.

Das Land Bremen als ausführendes Organ entband sich durch Ausgleichszahlungen von den Pflichten, die zur „Herstellung und Unterhaltung derjenigen Einrichtungen, die zu Erhaltung einer gehörigen Zuwässerung, beziehungsweise Abwässerung“ notwendig sind (vgl. Anhang IV). Betroffen hiervon waren die Goltzwarde, Abser, Strohauser, Beckumer, Esenshammer, Abbehauser und Flagbalger Sielacht. Außerdem wurde für den Zweck der Zuwässerung der Bau eines Kanals bis Boitwarderhörne beschlossen. Bei unzureichender Wasserqualität für die oben genannten Sielachten sollte dieser auf Kosten des Landes Bremen bis Käseburg verlängert werden (vgl. BUTJADINGER SIELACHT 1914 und Anhang A IV).

Die durch den 5 m-Ausbau erwartete Verschiebung der Brackwasserzone stromaufwärts trat nicht ein. „Es war eher ein Rückgang zu verzeichnen, der durch die Einschränkung bzw. Erbauung zahlreicher Nebenarme und damit Verkleinerung des Flutraumes d.h. Verringerung der Flutwassermenge eingetreten war.“ Durch die weiteren Ausbaumaßnahmen stiegen die Salzgehalte jedoch wieder an (WALTHER 1955, WIEZOREK 1972). Die Ursache hierfür lag in dem erheblichen Ausbau des Flussbettes sowie der Vergrößerung des Tidenhubs, da nun eine größere Flutwassermenge stromaufwärts dringt (WALTHER 1955).

Ob sich aus dem Vertrag über die 1. Weserkorrektur heute noch Ansprüche an das Land Bremen ergeben bzw. geltend gemacht werden können, kann im Rahmen dieser Arbeit nicht abschließend beantwortet werden. Für den genauen Wortlaut des Gesetzestextes und der zwischen Preußen, Oldenburg und Bremen getroffenen Vereinbarungen siehe NIEDERSÄCHSICHES STAATSARCHIV und Anhang A IV.

Um für die weiter steigenden Schiffsgrößen und den damit erforderlichen größeren Tiefgang die Möglichkeit der Befahrung der Unterweser zu gewährleisten, ist momentan eine erneute Weservertiefung im Gespräch. Hierbei soll eine erneute Verbreiterung und Vertiefung vorgenommen werden. Dies würde der Tidewelle das weitere Eindringen in die Unterweser vereinfachen (siehe Tab. 7).

Tabelle 7: „Planfestgestellte Fahrrinnenbreiten und Tiefenlagen der Fahrrinnensohle im Weserästuar nach Abschluss des 14 m-Ausbaus der Außenweser“ (Quelle: PROJEKTGRUPPE WESERANPASSUNG 2009)

	Fahrrinnenbreite [m]	Tiefenlage der Fahrrinnensohle [m unter SKN]	Tiefenlage der Fahrrinnensohle [m unter NN]
Nordsee (Weser- km 126) bis Weser-km 90	300	14,66 - 14,62	16,42 - 16,65
Weser-km 90 bis Bremerhaven bei Weser-km 68	220	14,62 - 13,95	16,65 - 16,12
Bremerhaven bis Nordenham (Weser-km 58)	200	13,95 - 11,00	16,12 - 13,00
Nordenham bis Brake (Weser-km 40)	200	11,00 - 9,10	13,00 - 11,02
Brake bis Bre- men bei Weser- km 6	150	9,10 - 9,60	11,02 - 11,10

Die Salzbelastung der Weser ist durch Einleitungen der Kaliindustrie seit Beginn des 20. Jhs. rapide angestiegen. Nach dem Zweiten Weltkrieg gelangten teilweise Chloridfrachten von bis zu 180 kg/s in die Werra. Als Folge wurde die Weser z.B. für die Trinkwassernutzung untauglich, und der Fischertrag blieb fast vollständig aus. Mit Hilfe von Sanierungsmaßnahmen sollte daher die Salzbelastung auf 400 mg/l Chlorid beschränkt werden. Allerdings wurden im Jahr 1997 teilweise wieder Chloridgehalte von über 1000 mg/l bis hin zu extremen Konzentrationen von 9000 mg/l gemessen (KIRCHHOFF 2000).

Momentan wird erneut intensiv über eine Verringerung der Salzbelastung diskutiert und gefordert, diese Einleitungen bis 2020 zu beenden. Zu diesem Zweck hat der thüringische Landtag den Bau einer Pipeline zur Ableitung der Salzabwässer bis zur Nordsee gefordert (THÜRINGEN 2010).

4. Gesetzliche Grundlagen

Seit dem Mittelalter existierten unterschiedliche Deich- und Sielrechte (z.B. Hoch-Gräffliche oldenburgische Deich-Ordnung 1658, Deich-Ordnung für das Herzogthum Bremen 1743, Oldenburgische Wasserverordnung 1868). Dies veränderte sich erst nach dem 2. Weltkrieg durch das 1957 erlassene Wasserhaltungsgesetz (WHG). Das Rahmengesetz ist von bestimmender Bedeutung und wurde zusätzlich im Jahr 1960 durch das Niedersächsische Wassergesetz (NWG) ergänzt. Geregelt werden hier vor allem die Gewässerbewirtschaftung, der Gewässerschutz, der Abfluss des Abwassers, den Bau bzw. Ausbau der Gewässer, die Unterhaltung der Gewässer und der Unterhalt der zum Abführen des Wassers benötigten Anlagen sowie der Deiche und Dämme (HESSE 2001). Eine Bedingung des Niedersächsischen Wassergesetzes stellte dar, dass flächendeckende Unterhaltungsverbände zu gründen sind. Für den Landkreis Wesermarsch waren dies die Folgenden: die Moorriem-Ohmsteder Sielacht, die Stadlander Sielacht, der Entwässerungsverband Stedingen, die Braker Sielacht, der Entwässerungsverband Butjadingen und der Entwässerungsverband Jade.

Mit der Deichordnung vom 08.06.1855 wurden die „gesetzlichen Bestimmungen für alle im Schutze von Deichen gelegenen Wasserbau-Genossenschaften“ beschlossen (ROSS 1928). Für den Landesteil Oldenburg, der auch die südlichen Wasserverbände des heutigen Landkreis Wesermarsch beinhaltet, erfolgte mit dem Gesetz vom 15.08.1922 die Erstellung der rechtlichen Grundlage. Es wurde die Bildung von Wassergenossenschaften (19 für den Landesteil Oldenburg) beschlossen, und das Eigentum an den Gewässern ging hiermit von den Gemeinden auf die Wasserachten über (BEHRENS 2008).

Die Errichtung, die Umgestaltung, der Status und die Auflösung der Wasser- und Bodenverbände wird im Gesetz über die Wasser- und Bodenverbände - Wasserverbandsgesetz (WVG) geregelt. Dieses Gesetz löste 1991 die bis dahin geltende Erste Verordnung über Wasser- und Bodenverbände (03.09.1937) und das Gesetz über Wasser- und Bodenverbände (10.02.1937) ab. Die für einen Wasser- und Bodenverband zulässigen Aufgaben beinhalten hiernach (Tab. 8):

Tabelle 8: Aufgaben der Wasser- und Bodenverbände (§2 WVG)

Ausbau einschließlich naturnahem Rückbau und Unterhaltung von Gewässern
Bau und Unterhaltung von Anlagen in und an Gewässern
Herstellung und Unterhaltung von ländlichen Wegen und Straßen
Herstellung, Beschaffung, Betrieb und Unterhaltung sowie Beseitigung von gemeinschaftlichen Anlagen zur Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Flächen
Schutz von Grundstücken vor Sturmflut und Hochwasser einschließlich notwendiger Maßnahmen im Deichvorland
Verbesserung landwirtschaftlicher sowie sonstiger Flächen einschließlich der Regelung des Bodenwasser- und Bodenlufthaushalts
Herstellung, Beschaffung, Betrieb, Unterhaltung und Beseitigung von Beregnungsanlagen sowie von Anlagen zur Be- und Entwässerung
Technische Maßnahmen zur Bewirtschaftung des Grundwassers und der oberirdischen Gewässer
Abwasserbeseitigung
Abfallentsorgung im Zusammenhang mit der Durchführung von Verbandsaufgaben
Beschaffung und Bereitstellung von Wasser
Herrichtung, Erhaltung und Pflege von Flächen, Anlagen und Gewässern zum Schutz des Naturhaushalts, des Bodens und für die Landschaftspflege
Förderung der Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft und Fortentwicklung von Gewässer-, Boden- und Naturschutz
Förderung und Überwachung der vorstehenden Aufgaben

Somit stellen die heutigen Wasser- und Bodenverbände Selbstverwaltungskörperschaften des öffentlichen Rechts dar (BEHRENS 2008).

Eine weitere wichtige Rechtsgrundlage stellt die Satzung der jeweiligen Wasser- und Bodenverbände dar. In der Satzung werden z.B. die Verbandsbeiträge geregelt, die i.d.R. entsprechend des Vorteils an den Maßnahmen erhoben werden und vom profitierenden Grundbesitzer zu begleichen sind.

Die Beitragssätze der Genossenschaften richten sich nach der Größe des Grundbesitzes. Für den Entwässerungsverband Butjadingen beträgt dieser momentan 22 € je ha und für die Stadlander Sielacht 20 € je ha. Hinzu kommen je nach Versiegelungsgrad und damit verbundener schwieriger Unterhaltung bis zu vierfache sog. Erschwernisbeiträge. Somit ergibt sich für die Stadlander Sielacht ein Höchstbetrag von 100 €/ha und für den Entwässerungsverband Butjadingen von 110 €/ha. Die Erhebung dieser Erschwernisbeiträge erfolgt nach NWG Anhang 6. Für eine tabellarische Übersicht über die Gliederung wasserwirtschaftlicher Zuständigkeiten mit ihren Aufgaben sowie die Institutionen und Funktionen der Wasserwirtschaft siehe Anhang A V und A VI.

5. Methodik

Der erste Teil der Arbeit beruht hauptsächlich auf literarischer Recherche. Die Beschreibung der geschichtlichen Entwicklung des Entwässerungssystems und seiner Funktionsweise erfolgte vorwiegend durch Recherchen in Büchern, Artikeln, Zeitschriften sowie der Analyse der Bestände im Staatsarchiv Oldenburg. Für die Untersuchung der heutigen Funktion des Zu- und Entwässerungssystems in der Wesermarsch wurden leitfadengestützte Experteninterviews mit den Vorstandsvorstehern und Vertretern der Stadlander Sielacht und des Entwässerungsverbandes Bujadingen sowie dem Verbandstechniker des Entwässerungsverbandes Butjadingen durchgeführt (vgl. FLICK 2009).

Ziel der Expertengespräche war es in erster Linie, einen Überblick über das Wasserregulierungssystem zu erhalten, um eine Ist-Analyse durchführen zu können. Ein wichtiger Punkt stellte auch die Frage nach Veränderungen innerhalb des Wassermanagementsystems in den letzten Jahrzehnten dar sowie die Fragen nach Problem- und Handlungsfeldern, um mögliche Probleme im Hinblick auf den Klimawandel zu erörtern. Die Verbände spielen für die Binnenbe- und Entwässerung eine immense Rolle. Sie sind für die Erhaltung der Bauwerke, Anlagen und Gewässer zuständig und tragen einen Anteil der finanziellen Kosten. Zusätzlich verfügen sie über eine sehr gute Kenntnis der Verhältnisse vor Ort und stellen somit eine unersetzliche Informationsquelle dar. Die Interviews und Begehungen vor Ort fanden im Zeitraum von Juli 2009 bis Februar 2010 statt.

Um die Dokumentation der Funktionsweise der Zu- und Entwässerungssysteme in der Wesermarsch zu erstellen, wurden für die Analyse und Darstellung des Status quo der Wasserregulierungssysteme die entsprechenden topographischen Karten 1:25000 digitalisiert und georeferenziert. Zusätzlich wurden die Verbandsgrenzen, Siele, Schöpfwerke, Gewässer II. Ordnung, Meliorationsbezirke, Zuwässerungsgebiete, Verlate und für den Entwässerungsverband Butjadingen außerdem die Düker digitalisiert. Hierzu wurden auch die aus den Lagerbüchern entnommenen bzw. von den Verbandsmitarbeitern erhaltenen Informationen eingearbeitet. Außerdem wurden großmaßstäbige Karten der Verbandsgebiete zur Inventarisierung, Dokumentation und Untersuchung verwendet. Die Digitalisierung der Verbands-

grenzen, sowie Inventarisierung der wichtigsten Bauwerke wie Siele, Schöpfwerke, Verlate erfolgte mit ArcGIS. Dies dient der Darstellung und Analyse der Verhältnisse in den Verbandsgebieten, die größtenteils nur in analoger Ausführung vorlagen. Auch wurde ArcGIS zur Erstellung eigener thematischer Karten verwendet.

Die statistische Auswertung wurde durchgeführt nach LANGGUTH & VOIGT 1980 bzw. SACHS 1993 und 1997.

Die Verarbeitung der Salzgehaltsdaten der Unterweser sowie der Oberflächenwassermessstellen im Verbandsgebiet erfolgte mit Hilfe des Programmes SPSS. Es wurden sowohl Methoden und Auswertungen der beschreibenden als auch der schließenden Statistik verwendet. Hierbei wurden im Rahmen einer Zeitreihenanalyse die Extremwerte, die Mittelwerte (Monatsmittel, Jahresmittel), der Jahresgang und Abweichungen vom langjährigen Mittel untersucht. Neben der Entwicklung der deskriptiven Statistiken wurde auch untersucht, ob sich durch eine einfache lineare Regression signifikante Trends nachweisen lassen. Ein Fokus der Salinitätskonzentrationen lag hierbei auf der Untersuchung der Sommermonate, da in diesen Monaten die Zuwässerung durchgeführt wird. Zusätzlich wurde stichprobenartig für Zeiten gleichbleibender Oberwasserabflüsse analysiert in welcher Weise sich der Salzgehalt im Tideverlauf ändert und zu welchem Zeitpunkt die höchste Konzentration eintritt.

Zur Verfügung standen Datensätze mit 30 minütigen Leitfähigkeitswerten der Pegel Nordenham, Strohauser Plate Ost, Rechtenfleth und Brake. Die Daten wurden freundlicherweise vom NLWKN (Pegel Brake) und WSA Bremerhaven (Pegel Nordenham, Strohauser Plate Ost und Rechtenfleth) zur Verfügung gestellt. Ein Problem stellt hierbei die Länge der Zeitreihen dar, die für die Pegel Nordenham, Strohauser Plate Ost und Rechtenfleth 11 Jahre und für den Pegel Brake 25 Jahre betragen. Hierdurch können nur kurzfristige Angaben über die Veränderungen der Salzgehalte in der Weser erfolgen, die nur eine begrenzte Aussagekraft für längere Zeiträume (langfristige Trends) liefern.

Vor der Verwendung der Zeitreihen wurden die Daten auf Konsistenz überprüft und um Messfehler bereinigt. Hierdurch verringert sich teilweise die Grundgesamtheit für einzelne Monate beträchtlich. Bei unterschreiten einer Grenze von

20 % der Werte wurden diese Monate extra gekennzeichnet, um evtl. durch die geringe Grundgesamtheit auftretende Anomalien besser erkennen zu können.

Auch wurden Werte vor und nach einer Wartung des Messgerätes herausgenommen, da sich gezeigt hat, dass diese Werte evtl. noch beeinflusst waren.

So sind nach JENSEN & MUDERSBACH 2007 z.B. für die Auswertung von mittleren Tidewasserständen Pegel am Besten geeignet, die qualitativ hochwertige Daten beinhalten, nicht wesentlich durch Baumaßnahmen oder das Oberwasser beeinflusst werden und eine genügend lange Zeitreihe aufweisen.

In einem weiteren Schritt wurde versucht, eine Aussage über Abhängigkeiten der Verteilung der Salzgehalte im Verbandsgebiet zu treffen. Hierfür lagen größtenteils nur Stichproben für die Oberflächenwassermessstellen vor, so dass keine statistische Auswertung im Sinne einer Kreuzkorrelation o.ä. erfolgen konnte.

Nach einer Darstellung der mit dem Klimawandel zu erwartenden Änderungen in der Wasserbilanz werden dann in einem letzten Schritt mögliche Anpassungsstrategien des Wassermanagements an den Klimawandel entwickelt und auf ihre Vor- und Nachteile hin untersucht und besprochen. Das Ziel der Arbeit stellt die Herausarbeitung möglicher Strategien für ein nachhaltiges Zu- und Entwässerungssystem im Landkreis Wesermarsch für das Jahr 2050 dar.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde mit dem Entwässerungsverband Butjadingen und der Stadlander Sielacht sich auf zwei Pilotflächen des Eu-Interreg IVb Projektes „Climate Proof Areas“, die Haupteinrichtungen, die zum Wassermanagement benötigt werden, und die Gewässer II. Ordnung beschränkt. Alleine im Verbandsgebiet des EV Butjadingen existieren hunderte Verlate, und die Gräben und Gruppen überziehen das Gebiet wie ein flächendeckendes Netz.

Im EV Butjadingen bestehen hauptsächlich Probleme durch erhöhte Salzgehalte, die mit der Zuwässerung in den Sommermonaten auftreten. Im Bereich der Stadlander Sielacht treten auch erhöhte Salzgehalte auf, jedoch durch die weiter südliche Lage in einem geringeren Maße. Hier besteht zusätzlich noch die Problematik der aufwändigen Entwässerung der tiefliegenden Bereiche im Westen des Verbandsgebietes.

6. Entwicklung der Zu- und Entwässerungssysteme im Nordseeraum

Zunächst wird ein kurzer Abriss über die allg. Entwicklung der Zu- und Entwässerung im Nordwestdeutschen Raum gegeben, um im Anschluss genauer auf die Entwicklung und heutige Funktionsweise im Untersuchungsgebiet einzugehen.

6.1 Allgemeine Entwicklung und Rahmenbedingungen der Zu- und Entwässerung

Für Deutschland und die Niederlande lässt sich ein beständiger Deichbau bis in das 11. Jh. zurückverfolgen (BLOK 1984). Im Bereich der Marschengebiete werden Deiche erstmalig im westfriesischen Schulzenrecht des 11. Jahrhunderts erwähnt (MEIER 2006). Mit dem einsetzenden Deichbau entstand auch die Notwendigkeit der Entwässerung, die mit Hilfe von Sielen und Sielzügen erreicht wurde. Gleichzeitig sollten diese auch Überschwemmungen durch Starkregenereignisse und Stauwasser abwenden. Hierdurch sind, in Verbindung mit der Urbarmachung der Marschgebiete, die Voraussetzungen für eine flächenhafte Besiedlung entstanden (KRAMER 1989, MEIER 2006). Geschlossene Seedeiche ersetzen ab dem 13. Jh. die vormals nur sehr kleine Bereiche umgebenden Sommerdeiche. Schon für diese Zeit werden auch künstliche Entwässerungsgräben und Siele erwähnt (REINHARDT 1984). Laut SCHWARZ 1996 wird für das Jahr 1314 das erste Siel erwähnt. In der Wesermarsch wurde bei Stollhamm eines der ältesten Siele entdeckt. Es handelt sich hierbei um ein Klappsiel, das wahrscheinlich während der Marcellusflut 1362 zerstört wurde (MEIER 2006).

Im Allgemeinen existieren über die Entwicklung der Sielbaukunst im Gegensatz zum Deichbau verhältnismäßig wenige Schriften. Genauere Beschreibungen tauchen erst im 16. und 17. Jh. auf (BRANDT 1984, SCHWARZ 1996).

Mit dem Bau der Deiche hatten sich die Verhältnisse an der Nordseeküste grundlegend geändert. Während vorher nur reagiert werden konnte, hatte sich dies nun

geändert (BEHRE 2001). Der Mensch hatte begonnen „die geologischen Prozesse seiner Umwelt zu beherrschen“ (HALLEWAS 1984). Das Binnenwasser kann nur während der Zeiten des Tideniedrigwassers durch ein Siel abfließen. Aus diesem Grund musste sich die Entwässerung dem Tiderhythmus angleichen (KRAMER 1989).

Dies wird nachfolgend durch die Funktionsweise des oben erwähnten Klappsiels deutlich:

Ein Klappsiel bestand aus einem ausgehöhlten Baumstamm bzw. aus einem rechteckigen hölzernen Bauwerk, das durch den Deich gelegt wurde. Am äußeren Verschluss wurde es mit einer Holzklappe versehen, die bei Ebbe (das Binnenwasser steht höher als das Außenwasser) durch den Wasserdruck aufgedrückt wurde. Hierdurch konnte das Wasser ausströmen. Die Klappe wurde durch die einsetzende Flut und den erhöhten Wasserstand wieder zugeedrückt und das Einströmen von Salzwasser wurde hiermit verhindert. Diese Klappsielen wurden bis weit in die Neuzeit gebaut (vgl. HINRICHS 1931, AGSTA 1982, BRANDT 1984, MEIER 2006).

Sturmfluten forderten wiederholt enorme Verluste, zerstörten die Sielen und führten zu Landverlusten (vgl. z.B. KRAMER 1989, QUADFASEL 1995). Da das Siel eine Schwachstelle in der Deichlinie darstellt, waren alle großen Sturmflutkatastrophen auch mit Sielbrüchen und/oder Sielerstörungen verbunden.

Bei einem Deichdurchbruch verteilte sich das Wasser v.a. in den tiefliegenden landeinwärts gelegenen Gebieten (Sietland). Die Entwässerung reichte oft nicht aus und somit blieben die Flächen für längere Zeit überflutet. Erschwerend kam hinzu, dass die in Küstennähe liegenden Marschen oft eine größere Höhe aufweisen und somit wie eine Barriere wirkten. Das Stauwasser bereitete ebenfalls Probleme, da die Sielen während hochauflaufendem Hochwasser geschlossen bleiben mussten und das nachlaufende Wasser nicht mehr abgeführt werden konnte. Dies wurde erst mit dem Bau maschineller Schöpfwerke behoben (MEIER 2006).

Auch durch das Absetzen von Sinkstoffen wurden ständige Neubauten notwendig. Im Zuge von Neueindeichungen wurden kleinere Gewässer oft zusammengefasst, hierdurch wurden auch größere Sielen notwendig. Folglich wurde im 16. Jh. mit

dem Bau größerer Torsiele begonnen. Diese verfügten über ein offenes Binnenvorsiel mit niedrigem Ebbetor, einen rechteckigen Sieltunnel mit Sturmtor und ein offenes Außenvorsiel mit Fluttor. Der Sielverschluss wurde durch zwei seitlich aufgehängte Stemmtore gewährleistet (AGSTA 1982, Anhang A VII). Hierbei dienten die Ebbetore zur Regulierung des Binnenwasserstandes, das Sturmtor als Entlastung zur Verteilung des Druckes, und die Stemmtore öffneten bzw. schlossen sich selbständig durch den Wasserdruck (SCHWARZ 1996). Die Funktionsweise entsprach der eines Klappsieles. In der Länge betrugen die Siele entsprechend dem Deichfuß etwa 30 m, die Breite betrug etwa vier bis sieben Meter und die Höhe drei bis sechs Meter (AGSTA 1982, MEIER 2006).

Diese Bauart war zwar teurer, jedoch besaßen sie eine längere Lebensdauer. Zusätzlich konnte durch die Erweiterung des Querschnittes die Abflussmenge vergrößert werden, wodurch eine Verbesserung des Sielzuges und eine Verbesserung der Ausspülung der Außentiefs erreicht wurde. Dies führte oft zur Anlage eines Hafens im nun vergrößerten Außentief (SCHWARZ 1996). Dieser Aspekt ist wichtig für die Entstehung von Sielhafenorten wie z.B. Fedderwardersiel. Bei den Sielhäfen handelte es sich um tideabgängige Häfen. Diese hatten und haben oft mit Verschlammung zu kämpfen und besaßen nur einen mangelnden Schutz bei Sturmfluten. Für das Hinterland hatten die Sielhäfen trotzdem eine wichtige logistische Funktion, da die Verkehrswege an Land oft monatelang nicht zu passieren waren (AGSTA 1982).

Seit Mitte des 18. Jhs. verdrängten massive Gewölbesiele aus Stein die alten hölzernen Torsiele. Die Steinsiele wurden ebenso wie die Holzsiele auf Holzpfehlern gegründet und waren in der Herstellung wesentlich teurer, dafür besaßen sie allerdings auch eine erheblich höhere Lebensdauer (siehe Anhang A VII). Durch die verbesserte Tragkraft konnten die Siele verbreitert und die Entwässerungsleistung gesteigert werden. Das Gewässernetz konnte dadurch auf weniger größere Siele hin ausgerichtet werden. Die Funktionsweise blieb allerdings gleich. Ab Ende des 18. Jhs. entstanden auch Sielbauwerke ohne Deichüberbauten (AGSTA 1982).

Bis ins 19. Jh. erfolgte eine Binnenschifffahrt über die Entwässerungskanäle. Offene Siele dienten der Entwässerung und als Schleuse. Durch die unterschiedlichen Ansprüche an den Wasserstand kam es allerdings zu Konflikten zwischen Landwirten und Schiffern. Die Bedeutung der Binnenschifffahrt ist seit Mitte des 19. Jhs. immer weiter geschwunden, so dass die meisten Siele heute als Siel und Schöpfwerk, einige auch zusätzlich als Schleuse für Fischerei- und Freizeitschiffe ausgelegt sind (SCHWARZ 1996).

Im 20. Jh. setzte die Entwicklung von Schöpfwerken ein. Diese sind unabhängig von Ebbe und Flut, da sie mit Hilfe von Pumpen das überschüssige Wasser abführen können (MEIER 2006). Hierbei wird zwischen Binnen- und Mündungsschöpfwerken unterschieden. Binnenschöpfwerke entwässern die tiefgelegenen Gebiete in die höhergelegenen Hauptsieltiefs, wohingegen Mündungsschöpfwerke sich im Hauptdeich am Siel befinden. Binnenschöpfwerke wurden früher auch mit Windkraft betrieben (AGSTA 1982). Die Mündungsschöpfwerke weisen oftmals neben den Pumpen auch natürlich entwässernde Sieltunnel auf. Die früher üblichen Stemmtore wurden durch senkrecht schließende Hubtore ersetzt.

Mit der Konzentration der Siele fand auch eine Verbesserung der Deichsicherheit statt (AGSTA 1982). Nach dem 2. Weltkrieg wurden viele alte Siele erneuert, da diese teilweise bis zu 200 Jahre alt waren, und außerdem eine Reihe von Mündungs- und Stufenschöpfwerken neu errichtet (KRAMER 1999). Für die Zeit von 1948-1968 gibt WÖBKEN 1969 Kosten von 134,2 Mio. DM für den Landkreis Wesermarsch an (siehe Tab. 9).

Die Sieltiefs und das dazugehörige Gewässernetz dienen nicht nur der Entwässerung, sondern auch der Zuwässerung in Trockenperioden. Dies ist notwendig, da die Marschböden eine geringe Grundwasserführung besitzen und Geestgebiete als Grundwasserspender fehlen (WÖBKEN 1982). Für die Zuwässerung treten im Vergleich zur Entwässerung größere wasserbauliche Maßnahmen erst mit dem Beginn der Meliorationen seit Ende des 19. Jhs. auf (SCHWARZ 1996).

Tabelle 9: Kosten für die Erneuerung der Wasserverbandseinrichtungen im Landkreis Wesermarsch nach Ende des Zweiten Weltkrieges (Quelle: WÖBKEN 1969)

Maßnahme	Art	Kosten [Mio. DM]
Ausgebaute Vorfluter	863 km	55,5
Neu errichtete Siele inkl. Mündungsschöpfwerken	13 St.	26,5
Neue Meliorationsschöpfwerke	52 St.	15,5
Dränungen	5775 ha	8,1
Wirtschaftswege	495 km	28,6
Gesamt		134,2

Eine genaue Beschreibung der einzelnen Siele, Sieltypen ihrer Baudaten, Lebensdauer sowie ihrer Maße befindet sich in TENGE 1912 sowie in AGSTA 1982.

6.2 Entwicklung der Zu- und Entwässerung im Verbandsgebiet der Stadlander Sielacht und des Entwässerungsverbandes Butjadingen

Die Küstenlinie Butjadingens ist eine Folge der mittelalterlichen Sturmfluten und der daraus resultierenden Meereseinbrüche der Heete, der Ahne/Lockfleth und des Jadebusens (vgl. Abb. 7). Bis ins 1. Jh. n. Chr. zurückgehende Dorfwurten wie Eckwarden und Sillens bilden den Kern der Besiedlung (vgl. hierzu KRÄMER 1984). Den südlichen Teil der Halbinsel, das 1367 erstmals erwähnte Stadland, prägen ehemals vermoorte Sietländer, die seit dem 12. Jh. urbar gemacht wurden. Charakteristisch sind Moorrandreihensiedlungen und reihenförmige Wurtenketten (MEIER 2006).

Wie in Abb. 7 zu erkennen ist zog sich im Frühmittelalter die Küstenlinie vom heutigen Wilhelmshaven in nordöstlicher Richtung über Butjadingen zur Außenweser hin (SELLO 1966). Im Jahr 1164 durchbrach die Julianenflut den Deich und bildete die Jade, die von Wilhelmshaven aus bis tief in das Landesinnere vorrang.

Analyse der Zu- und Entwässerungssysteme in der Wesermarsch: Geschichte, Funktion und Anpassungsstrategien an den Klimawandel

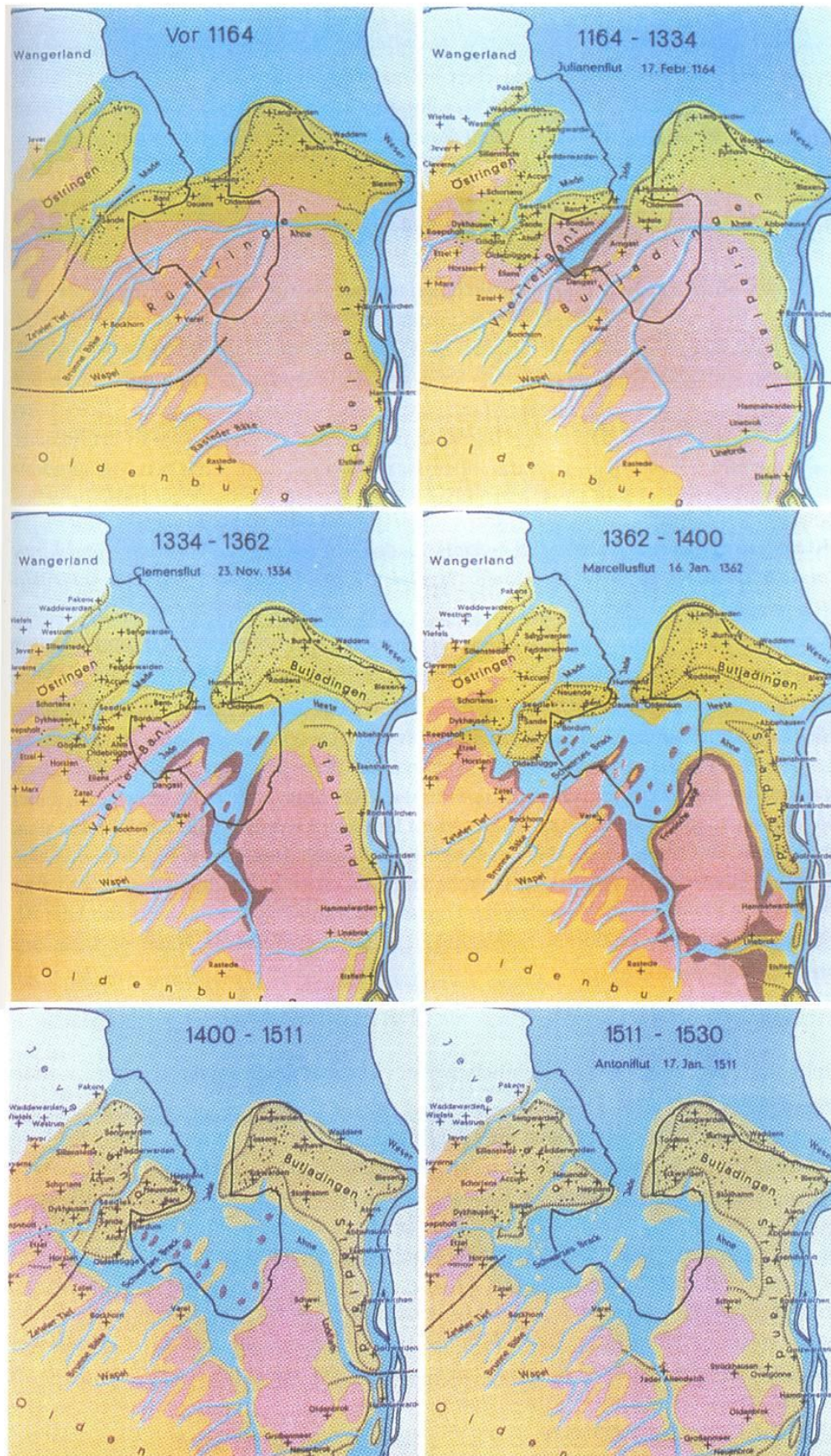


Abbildung 7: Entwicklung des Küstenverlaufs in der Wesermarsch im Verlauf des Mittelalters (Quelle: SELLO 1966)

Der Einbruch des Jadebusens erfolgte nach QUADFASSEL 1995 durch die Julianenflut am 17.02.1164 und erreichte seine größte Ausbreitung mit der Antoniflut am 16.01.1511. Die schweren Sturmfluten des 14. Jhs. führten zum Zerfall des Landes Rüstringen in einen westlichen und einen östlichen Teil. Es entstanden außerdem mehrere Inseln im Bereich des heutigen Jadebusens. Die hierbei durchgebrochene Heete ließ Butjadingen zu einer Insel werden. Nach einer weiteren Flut im Jahre 1362 und dem Durchbruch der Ahne wurde auch das Stadland zu einer Insel.

Im Verlauf des 15. Jhs. konnte die Heete eingedeicht werden, so dass Butjadingen und das Stadland eine gemeinsame Insel bildeten. Im weiteren Verlauf des 15. und 16. Jhs. konnte auch der südliche Ahnendurchbruch eingedämmt werden. Nachdem weitere Fluten zu Rückdeichungen an der Nord- und Westküste Butjadingens führten, wurde erst mit der Errichtung der Deichlinie von 1721 der heutige Küstenverlauf erreicht (AGSTA 1982). 1625 bestanden allein zwischen Nordenham und Hobenbrake folgende Siele: Das Flagbalger Siel südlich von Blexen, das Blexer Siel, das Volkerser Siel, das Tettenser Siel, das Waddenser Siel, das Burhaver Siel, das Fedderwarder Siel, das Langwarder Siel, das Eckwarder Siel und das Stollhammer Siel.

Mit jeder Änderung am Deichverlauf mussten auch die Siele immer wieder erneuert bzw. neu gebaut werden. Die Hauptlinien des Gewässernetzes orientierten sich an ehemaligen Prielen. Im 18. Jh. waren das in Butjadingen folgende Sieltiefs, das Burhaver, das Fedderwarder, das alte Langwarder und das Eckwarder Sieltief mit ihren Haupt- und Nebenarmen sowie Haupt- und Nebenzuggräben (KRÄMER 1984). Im Lauf der Jahrhunderte wurden die einzelnen Siele immer weiter vergrößert. Hierbei wurden auch die Sielachten zusammengelegt und erweitert. Zu Beginn des 20. Jhs. bestanden im Bereich des heutigen Entwässerungsverbandes Butjadingen und der Stadlander Sielacht nach O. TENGE 1912 noch sieben Sielachten (vgl. Tab. 10). Die Butjadinger Sielacht wurde bereits 1888 aus der Burhaver, Waddenser, Tettenser und der Fedderwarder Sielacht gebildet. Wenige Jahre später wurde zusätzlich die Flagbalger Sielacht eingegliedert.

Tabelle 10: Sielachten im Untersuchungsgebiet zu Beginn des 20. Jhs. (Quelle: TENGE 1912 und BUTJADINGER SIELACHT 1914). Für die Umrechnung der alten Maßeinheit Jück siehe TELLER 2007

Name	Unterteilung (Vogtei)	Größe [Jück]	Größe [ha]
Abbehauser Sielacht	Heeringer Siel	4155	~2335
	Abbehauser Pumpsiel	205	~365
	Ellwürder Pumpsiel	566	~318
	Atenser Siel	1247	~701
	Atenserland	~352	197
Abser Sielacht		4163	~2333
Strohauser Sielacht		~5586	3140
Golzwarder Sielacht	Golzwarden	2015	~1128
	Schwei	878	~492
Beckumer Sielacht		~4566	2566
Esenshammer Sielacht		~1546	865,8
Butjadinger Sielacht	Flagbalger Bezirk	~2137	1201,4
	Tettenser Bezirk	~4379	2461,3
	Waddenser Bezirk	~1332	748,6
	Burhaver Bezirk	~4010	2254,3
	Fedderwarder Bezirk	~15738	8846,7

Diese Einteilung der Sielachten wurde bis in die 60er Jahre des 20. Jhs. beibehalten. Für nahezu jedes Siel und das dazugehörige Gewässernetz war eine Sielacht zuständig (vgl. HANNEMANN 1954, BERNHARDT 1969 und Anhang A VIII). Mit der Einführung des Niedersächsischen Wassergesetzes wurden die Selbstverwaltungskörperschaften zu größeren Einheiten zusammengefasst.

Die ältesten im Untersuchungsgebiet noch erhaltenen Siele sind die als massive Gewölbesiele erbauten Fedderwarder Siel (1821), Beckumer Siel (1896), Blexer Siel (1904) sowie das Strohauser Siel 1912. Teilweise ist nur noch die Binnenhauptbrüstung der alten Sielanlagen erhalten, wie z.B. am Strohauser Siel (AGSTA 1982).

Da das Grundwasser im Bereich der Moore durch Eisen- und Huminsäuregehalte, und im Bereich der Küste durch hohe Salzgehalte stark beeinträchtigt ist, legten

die Bewohner früher zur Trinkwasserversorgung an der höchsten Stelle einer Wurt ein Trinkwasserteich, den sog. Fäding an. Mit dem Bau eines Dorfbrunnens samt Pumpe erhielten die Wurtendörfer im Verlauf des 19. Jhs. gutes Trinkwasser. Nach wie vor schwierig gestaltete sich jedoch die Tränkewasserversorgung des Weideviehs mit Süßwasser (SÜTERING & SÜTERING 2005).

Während des gesamten 19. Jhs. existierten somit Bestrebungen, die Zuwässerung in Butjadingen zu verbessern und sicherzustellen. Zu aussichtsvollen Projekten kam es erst, als im Zuge der Weserkorrektur - und dem damit weiter flussaufwärts gelangenden Salzwassers – ein Zuwässerungskanal geplant wurde. Dieser sollte die Versorgung mit Süßwasser der sieben nördlich von Brake gelegenen Sielachten gewährleisten.

Trotz allem quälten sich die Bewohner der Oldenburgischen Marsch- und Moorgebiete bis zur Mitte des 20. Jhs. mit Trinkwasserproblemen. Es fehlte an ausreichenden Mengen guten Trinkwassers für Mensch und Vieh. Zusätzlich kam es durch Niederschläge und Sturmfluten immer wieder zu Überschwemmungen (SÜTERING & SÜTERING 2005). Dies war auch bis nach dem Ende des 2. Weltkrieges noch der Fall. SCHLIRF 1946 z.B. spricht davon, dass die Wesermarsch unter einer schlechten Wasserqualität leidet.

6.3 Heutige Funktionsweise der Zu- und Entwässerung in den Verbandsgebieten

Die folgenden Ausführungen beruhen auf den Zuwässerungsplänen der Stadlander Sielacht und des Entwässerungsverbandes Butjadingen sowie auf persönlichen Gesprächen mit den Verbandsvorstehern des Entwässerungsverbandes Butjadingen Herrn Dunkhase, des Verbandsvorstehers der Stadlander Sielacht Herrn Wulff, dessen Stellvertreters Herrn Pape und des Verbandstechnikern des Entwässerungsverbandes Butjadingen Herrn Uffmann.

Detaillierte Angaben zu den Schöpfwerken und Sielen sowie weiterer Bauwerke der Wasserverbände befinden sich auf der beiliegenden CD.

Der Entwässerungsverband Butjadingen besitzt mit einer Verbandsgröße von 23210 ha fast exakt die doppelte Fläche der Stadlander Sielacht (11600 ha). Insgesamt 489 km Lauflänge zu unterhaltender Gewässer zeugen vom engmaschigen Netz der Gräben. Die Stadlander Sielacht muss im Gegensatz hierzu „nur“ 130 km Gewässer unterhalten. Die Lauflänge im Verhältnis zur Verbandsgröße erreicht hiernach für den EV Butjadingen mit 2,11 km/km² fast die doppelte Größe des Wertes der Stadlander Sielacht mit 1,12 km/km², wobei die Unterhaltung der Gewässer eine öffentlich-rechtliche Verbindlichkeit darstellt. Sofern das Land Niedersachsen nicht - nach §105 des Niedersächsischen Wassergesetzes - die Unterhaltung der Gewässer II. Ordnung übernommen hat, sind die Wasserverbände für die Unterhaltung zuständig. Im Bereich der nördlichen Wesermarsch trifft die Übernahme nach §105 nur für das Fedderwarder Sieltief vom Fedderwarder Siel bis zur Außenweser zu. Bei Gewässern II. Ordnung handelt es sich um Gewässer, die von überörtlicher Bedeutung sind. Als Gewässer III. Ordnung werden alle übrigen Gewässer z.B. Entwässerungsgräben oder Straßengräben bezeichnet, die von den Eigentümern oder Anliegern, unterhalten werden (DER NIEDERSÄCHSISCHE UMWELTMINISTER 1987).

Im Bereich der Stadlander Sielacht erfolgt die Entwässerung des gesamten Verbandsgebietes über das Strohauser Sieltief. Ältere ehemalige Siele wie das Abser

Siel, das Golzwarder Siel und das Schmalenflether Siel sind nicht mehr in Betrieb. Das Verbandsgebiet ist hierzu in 12 Meliorationsgebiete unterteilt (siehe Abb. 8). Die Bereiche Hoben West und Hoben Ost sind hierbei als Unterbezirke eines Meliorationsgebietes anzusehen.

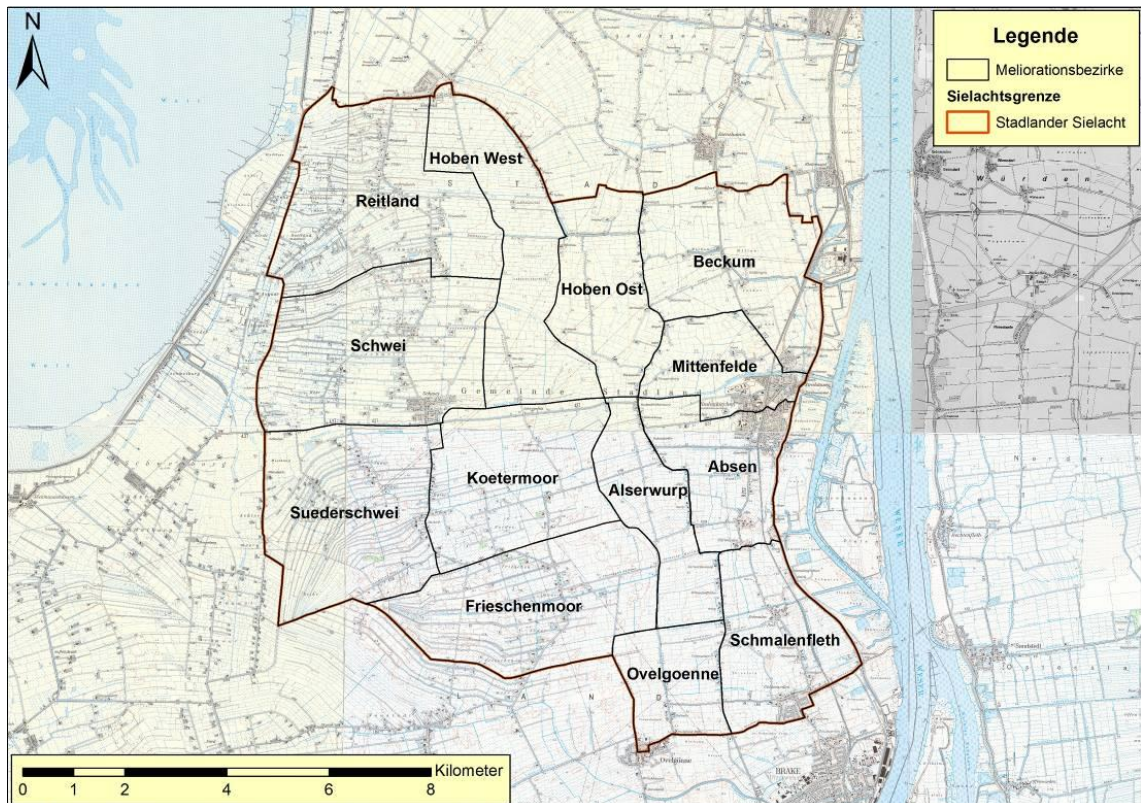


Abbildung 8: Meliorationsgebiete im Bereich der Stadlander Sielacht (Quelle: Eigene Darstellung basierend auf der Kartengrundlage des )

Auch die tiefliegenden Moorbereiche im Westen des Verbandsgebietes werden über das Strohauser Sieltief in die Weser geleitet. Um die Entwässerung der tiefliegenden Gebiete zu gewährleisten, werden folgende fünf Schöpfwerke eingesetzt (Abb. 9): Frieschenmoor, Kötermoor, Norderschwei, Süderschwei und Morgenland. Diese Schöpfwerke können nur zur Entwässerung eingesetzt werden.

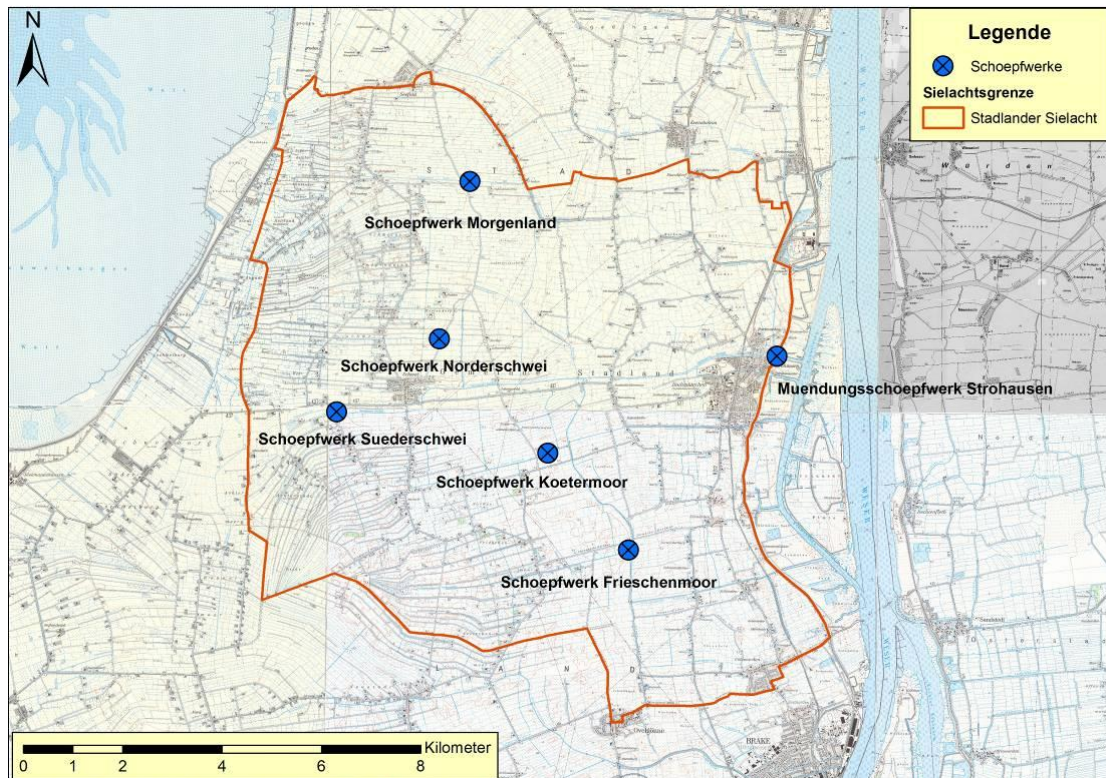


Abbildung 9: Schöpfwerke der Stadlander Sielacht (Quelle: Eigene Darstellung basierend auf der Kartengrundlage des )

Die Beschreibung der Entwässerung wird im Folgenden anhand eines Beispiels exemplarisch erläutert, da das grundlegende Prinzip übertragbar ist, jedoch die Darstellung des gesamten Gebietes zu weit führen würde.

Für das Meliorationsgebiet Schwei im Westen des Verbandsgebietes bedeutet dies z.B., dass das Wasser über den Schweier Pumpgraben und dann mit Hilfe des Schöpfwerks Norderschwei weiter in Richtung des Strohauser Sieltief gepumpt wird (Abb. 10). Mit dem Erreichen des Strohauser Sieltiefs ist das Wasser im Hauptsieltief angelangt. Das Strohauser Sieltief schlussendlich entwässert über das Strohauser Siel entweder mittels natürlicher Vorflut oder unter Zuhilfenahme des Mündungsschöpfwerkes Strohausen in die Weser.

Die prinzipielle Funktionsweise des Entwässerungssystems gestaltet sich also folgendermaßen: Die kleineren Gräben und Gruppen entwässern in die größeren Gräben. Von dort aus fließt das Wasser dann in weitere Gräben bis es in die Hauptsieltiefs gelangt ist z.B. in das Strohauser Sieltief oder das Fedderwarder

Sieltief. Falls dies aufgrund der unglücklichen Topographie nicht möglich ist, wird das Wasser mit Hilfe eines Schöpfwerkes weitergepumpt.

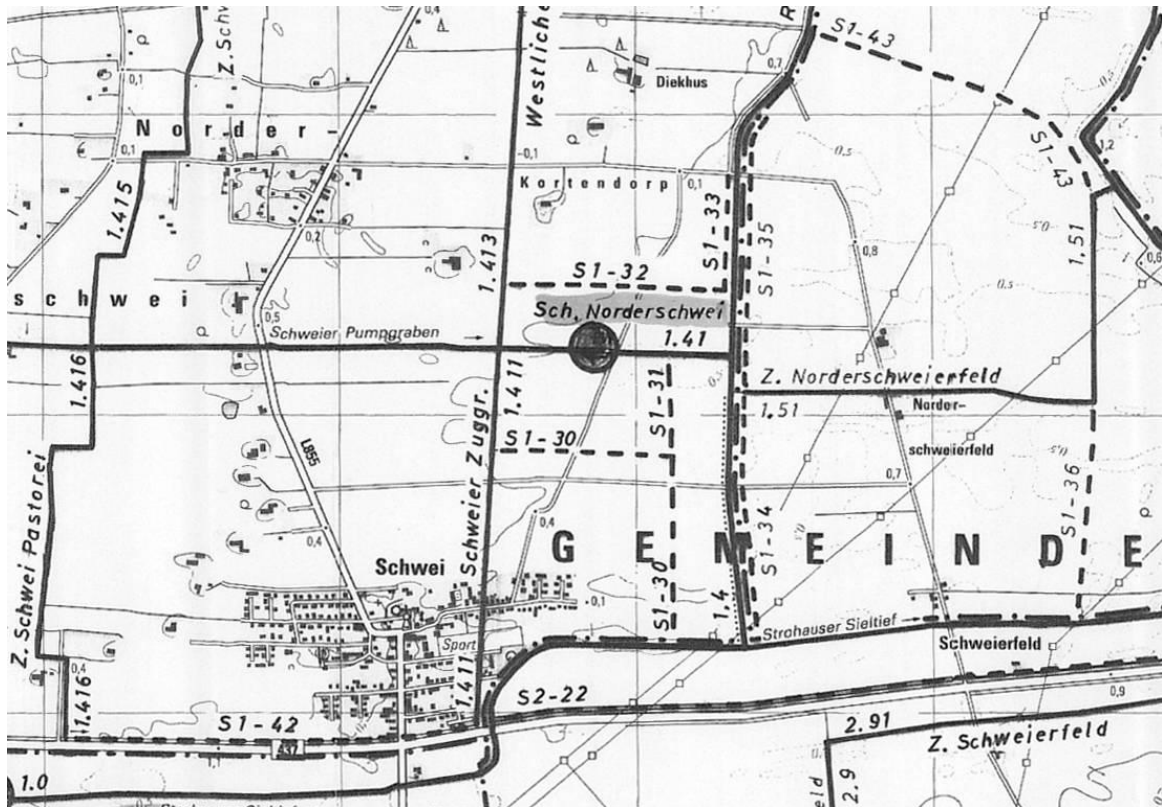


Abbildung 10: Ausschnitt aus der Gewässerkarte des Meliorationsbezirkes Schwei (Quelle: STADLANDER SELACHT 2002)

Der Winterwasserstand in den Gräben sollte in der Regel zwischen 3,40 m und 3,50 m betragen. Das entspricht einem Wasserstand von -1,50 m bis -1,60 m NN. Die Regulation des Winterwasserstandes erfolgt am Mündungsschöpfwerk Strohausen. Die Verlate müssen hierfür auch unten geöffnet sein, damit das Wasser aus der Fläche abfließen kann. Im Falle eines Wasserstandes von über 4,60 m muss mit dem Pumpbetrieb begonnen werden, da sonst die Gefahr besteht, dass es bei anhaltenden Niederschlägen zu Überschwemmungen kommt. Für eine flächenhafte Darstellung der Zielwasserstände der Verbandsgebiete Stadland und Butjadingen siehe Anhang A I.

Die Zeit des Sielzuges richtet sich nach dem Binnen- und Außenwasserstand. Solange der Binnenwasserstand höher als der Außenwasserstand ist, kann mit Hilfe der natürlichen Vorflut entwässert werden. Übersteigt der Außenwasserstand den Binnenwasserstand, ist dieses nicht mehr möglich, und die Tore am Siel müssen geschlossen werden. Ist der Wasserstand im Grabensystem zu hoch, muss

mittels Pumpen das Wasser aus dem Verbandsgebiet entfernt werden. Für eine Darstellung der Funktionsweise des Sielzuges siehe Abb. 11.

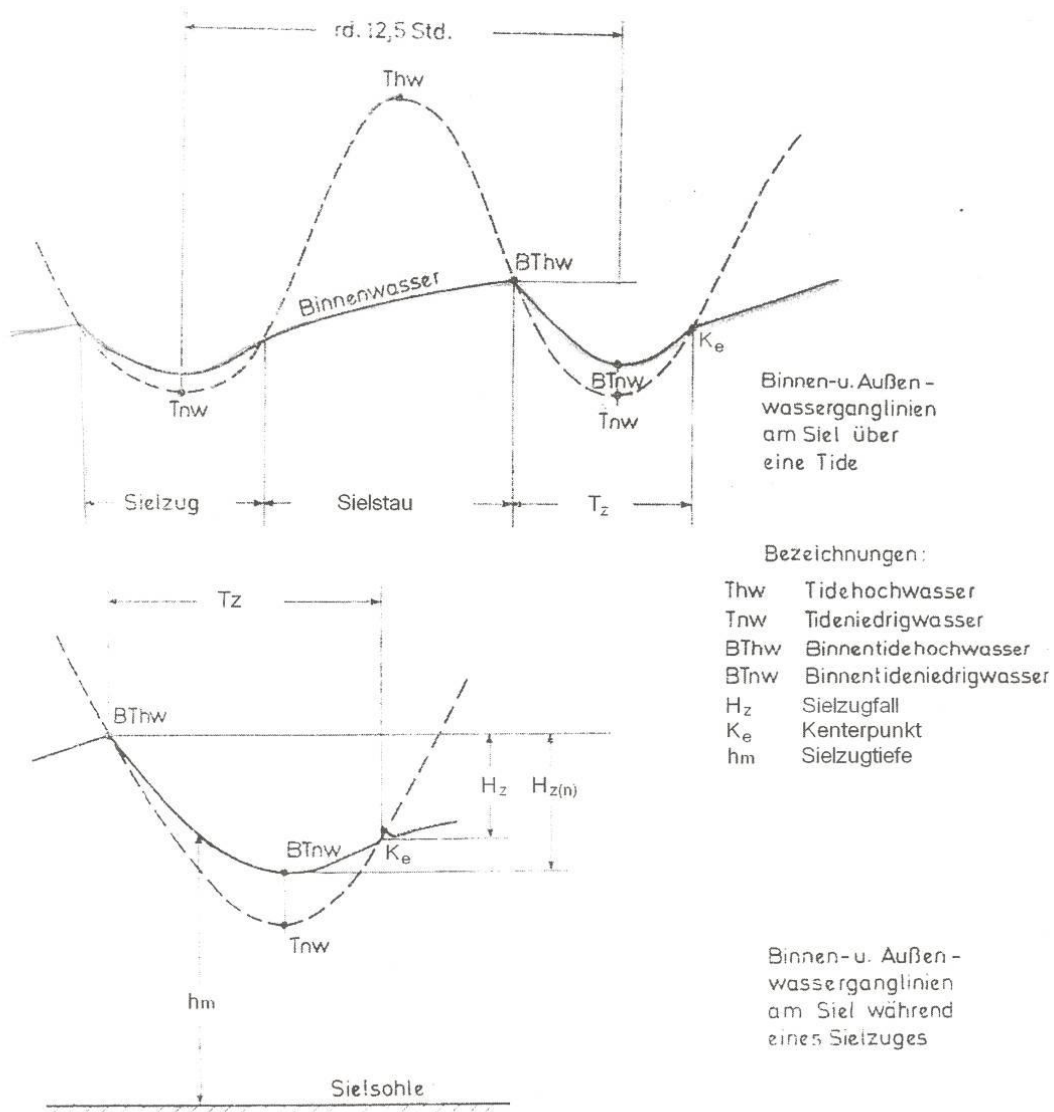


Abbildung 11: Berechnung eines Sielzuges nach KUNZ 1975

Im Sommer bei trockener Witterung muss zur Gewährleistung der landwirtschaftlichen Leistungsfähigkeit Weserwasser zugewässert werden. Der normale Sommerwasserstand beträgt 3,40 m - 3,70 m. Das entspricht -1,30 m bis -1,60 m NN. Zu Beginn der Zuwässerung müssen die Bürger durch die Veröffentlichung in den regionalen Medien informiert werden (z.B. für den EV Butjadingen siehe Anhang A X).

Analog zur Entwässerung findet auch die Zuwässerung über das Strohauser Sieltief statt. Der Turnus der Zuwässerung beträgt bei trockener Witterung drei Wo-

chen. Vor Beginn der Zuwässerung muss das alte Wasser abgelassen ggf. auch abgepumpt werden. Hierfür werden folgende Verlate vollständig geöffnet: Verlat am alten Strohauser Sieltief, Verlate Schweierfeld, Verlat Kurzendorfer Tief, Schmalenflether Tief, Zuggraben Golzwarderwarp, Schmalenfletherwarp, Schöpfwerk Kötermoor, Absen West, Hoben Zuggraben, Absen Ost und Brücke am alten Landweg.

Die Zuwässerung erfolgt durch eine schrittweise Erhöhung des Wasserstandes innerhalb von vier Tagen. Vor Beginn der Zuwässerung werden das Verlat am Schmalenflether Zuggraben sowie das Verlat zwischen Schwei und Seefeld geschlossen. Am ersten Tag wird durch das Schließen der Verlate am Schweier Pumpgraben, Verlat am Schöpfwerk Kötermoor, Verlat am Frieschenmoorer Pumpgraben, Verlat Zuggraben am Lockfleth, Verlat am Schöpfwerk Morgenland und die Verlate im Schweierfeld der Wasserstand von 3,60 m auf 5,00 m angehoben. In Richtung Schwei muss jedoch der Wasserstand von 4,90 m gehalten werden. Zusätzlich werden die Verlate Golzwarderwarp und Binnenau geschlossen.

Am zweiten Tag erfolgt das Aufstauen des Wasserstandes von 5,00 m auf 5,70 m. Hierzu werden die Verlate am Alten Strohauser Sieltief, am Grünhof und am Kurzendorfer Tief geschlossen. Am Kurzendorfer Tief muss hierbei ein Wasserstand von 5,50 m gehalten werden. Zusätzlich werden die Verlate Absen-West, Schöpfwerk Frieschenmoor und Zuggraben Hoben geschlossen.

Am dritten Tag wird schließlich der Wasserstand auf 6,00 m angehoben. Hierzu werden alle Verlate bis auf die Verlate Schmalenflether Tief, Zuggraben Mittenfeld, Schaugraben Knappenburg, Schaugraben Roderkircherwarp, Grüner Damm, Zuggraben Golzwarderwarp, Absen Ost und Brücke am alten Landweg geschlossen.

Nach Beendigung der Zuwässerung werden die Tore am Mündungsschöpfwerk Strohausen abgehakt, und die Verlate am Schweierfeld, am Schmalenflether Zuggraben, am Zuggraben Golzwarderwarp, am Schmalenflether Tief, Zuggraben am Lockfleth, am alten Strohauser Sieltief, am Kurzendorfer Tief, am Grünhof, Absen Ost, Binnenau und Golzwarderwarp in der Nähe des ehemaligen Golzwar-

der Tief geöffnet. Das Wasser wird wieder auf den Sommerwasserstand gesenkt und gehalten.

Insgesamt wird je Tide eine Menge von ca. 400000 m³ Wasser eingelassen, dies entspricht in einer Zuwässerungsperiode von vier Tagen einer Gesamtmenge von ca. 3,2 Mio. m³. Dieser Vorgang wird in einem drei Wochen Rhythmus wiederholt.

Bei diesem Verfahren kann es vor allem in den Sommermonaten zu Komplikationen kommen, wenn in einer Zuwässerungsperiode ein Starkniederschlagsereignis stattfindet. Nun muss das Wasser im Besonderen aus den tiefliegenden Gebieten im Westen des Verbandsgebietes schnellstmöglich über das Strohauser Siel in die Weser abgeleitet werden. Dies stellt sich teilweise problematisch dar, da die Zu- und Entwässerung über dasselbe Siel erfolgt.

Im Verbandsgebiet Butjadingen erfolgt die Entwässerung über sechs Siele. Dies sind das Fedderwarder Siel, das Eckwarder Siel, das Blexer Siel, das Abbehauser Siel, das Flagbalger Siel und der Butjadinger Zu- und Entwässerungskanal (siehe Abb. 12). Das Wasser wird sowohl in die Weser als auch in die Nordsee und den Jadebusen abgeleitet. Die Funktionsweise ist ähnlich der im Bereich der Stadlander Sielacht.

Eine genaue Beschreibung der Ent- und Zuwässerung würde durch das weitverzweigte Wassernetz den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Aus diesem Grund wird hier nur auf die generelle Funktionsweise der Zu- und Entwässerung im Bereich der Gewässer II. Ordnung eingegangen.

Auch in Butjadingen liegen die niedrigen Flächen ungünstig im Inneren des Verbandsgebietes (vgl. Abb. 3). Die Entwässerung dieser niedrig gelegenen Bereiche wird mittels zehn Schöpfwerken und dem Mündungsschöpfwerk Großensiel gewährleistet (siehe Abb. 13). Das Schöpfwerk Waddens ist in der Karte mit verzeichnet, jedoch außer Betrieb gestellt. Zur Übersicht über eine schematische Darstellung der Funktion des Wassermanagementsystems im EV Butjadingen siehe Anhang A IX.



Abbildung 12: Siele im Bereich des Entwässerungsverbandes Butjadingen (Quelle: Eigene Darstellung basierend auf der Kartengrundlage des )

Die Zuwässerung im Verbandsgebiet Butjadingen erfolgt über den Zu- und Entwässerungskanal. Dieser beginnt am Beckumer Siel am südöstlichen Ende des Verbandsgebietes und reicht quer durch das Gebiet bis in die nordwestliche Spitze in den Bezirk Hohen Tossens. Vor dem Bau des Zuwässerungskanals erfolgte die Zuwässerung über das Siel Tettens / Großensiel.

Die Zuwässerung beginnt analog zur Stadlander Sielacht im Sommer bei trockener Witterung. Hierzu wird der Wasserstand im Zu- und Entwässerungskanal auf 5,90 m erhöht und gehalten. Das entspricht +0,90 m NN bei einer Bedeichung von +1,00 m – 1,10 m NN. Der Mindestwasserstand beträgt +0,30 m NN, der über die Stellung der Hubtore am Einlassbauwerk geregelt wird. Die Sielbauwerke sind mit Fernwirktechnik ausgestattet und werden hierüber gesteuert.

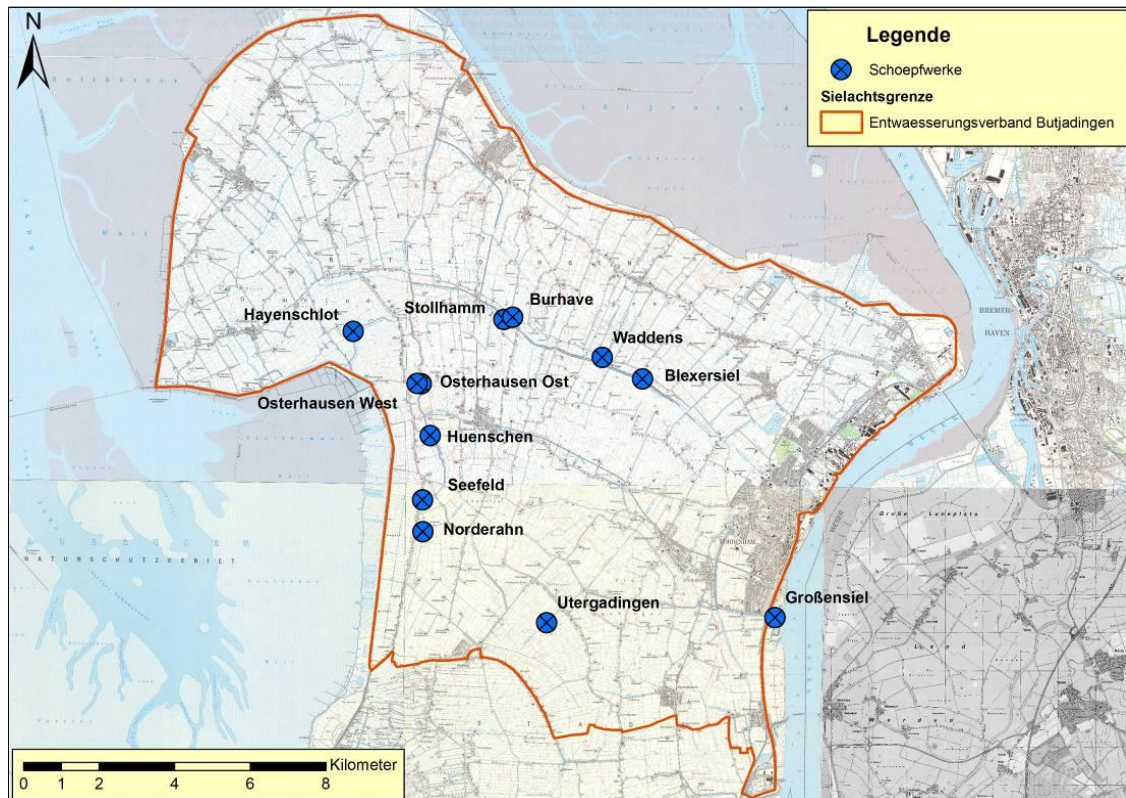


Abbildung 13: Lage der Schöpfwerke im Entwässerungsverband Butjadingen (Quelle: Eigene Darstellung basierend auf der Kartengrundlage des )

Insgesamt wird innerhalb einer Zuwässerungsperiode 5-7,5 Mio. m³ Wasser zugewässert. Die Dauer der Zuwässerung beträgt bei jeder Tide etwa 3-4 h. Es wird versucht, in allen Bereichen die Höchstwasserstände zu erreichen und zu halten.

Eine Zuwässerungsperiode dauert insgesamt 25 Tage. Diese Zeit wird benötigt, um das gesamte Verbandsgebiet mit Wasser zu versorgen. Pro Jahr werden 3-6 Zuwässerungszyklen zwischen April und September durchgeführt. Die Zuwässerung je Zuwässerungsgebiet dauert i.d.R. zwischen drei und vier Tagen, d.h. fünf bis acht Tiden. Für die Einteilung der Zuwässerungsgebiete siehe Abb. 14. Der Wasserstand im Zu- und Entwässerungskanal wird während der gesamten Zuwässerungsperiode auf 5,90 m gehalten.

Begonnen wird die Zuwässerung im Fedderwarder Bezirk im Nordwesten Butjadingens. Daran anschließend folgt der nördlich angrenzende Bezirk Hohen Tossens und der im Süden bis Südosten liegende Abbehauser / Esenshammer Bezirk. Dieser stellt den größten Zuwässerungsbezirk dar.



Abbildung 14: Einteilung der Zuwässerungsgebiete im Entwässerungsverband Butjadingen (Quelle: Eigene Darstellung basierend auf der Kartengrundlage des )

Dann folgen die kleineren Bezirke Fedderwardersiel im Nordwesten und hohen Blexen im Nordosten. Daraufhin wird im Bereich Waddens-Tettens-Burhave im Norden und im zentral an der Weser gelegenen Flagbalger Bezirk zugewässert. Zum Abschluss erfolgt die Zuwässerung der am Jadebusen gelegenen Bezirke Augustgroden mit Stollhamm und Seefeld. Der Bereich Augustgroden wird über das Schöpfwerk Norderahn gepumpt, das das einzige Schöpfwerk darstellt, das sowohl zur Zu- als auch zur Entwässerung benutzt werden kann. Der Bezirk Seefeld wird erst dann zugepumpt, wenn im Bezirk Augustgroden ein ausreichender Wasserstand vorhanden ist. Die Zielwasserstände betragen hier +1,60 m NN in Augustfehn und + 1,30 m NN im Bereich hohes Seefeld, dies entspricht einer Erhöhung des Wasserstandes um 1 m.

Im Bereich des Butjadinger Zu- und Entwässerungskanals wurden nach PLATE 1951 ca. 130000 m³ Weserwasser je Tide eingelassen. Momentan wird in Butjadingen je Tide eine Wassermenge von im Schnitt ca. 150000 m³ eingelassen, diese kann jedoch im Extremfall bis zu 300000 m³ betragen.

Nach Abschluss der Zuwässerungsperiode wird i.d.R. innerhalb kürzester Zeit mit einer erneuten Zuwässerung begonnen.

Durch die Verlate kann das Wasser gezielt gehalten und gestaut und somit in die einzelnen Zuwässerungsgebiete eingelassen werden. Innerhalb der einzelnen Bezirke wird es dann weitergeleitet, um alle Bereiche im Verbandsgebiet erreichen zu können.

Da sich im Entwässerungsverband Butjadingen mehrere hunderte Verlate befinden, wurde sich für die Darstellung in ArcGIS und die Beschreibung der Funktion auf die wichtigsten Einrichtungen beschränkt (Abb. 15).

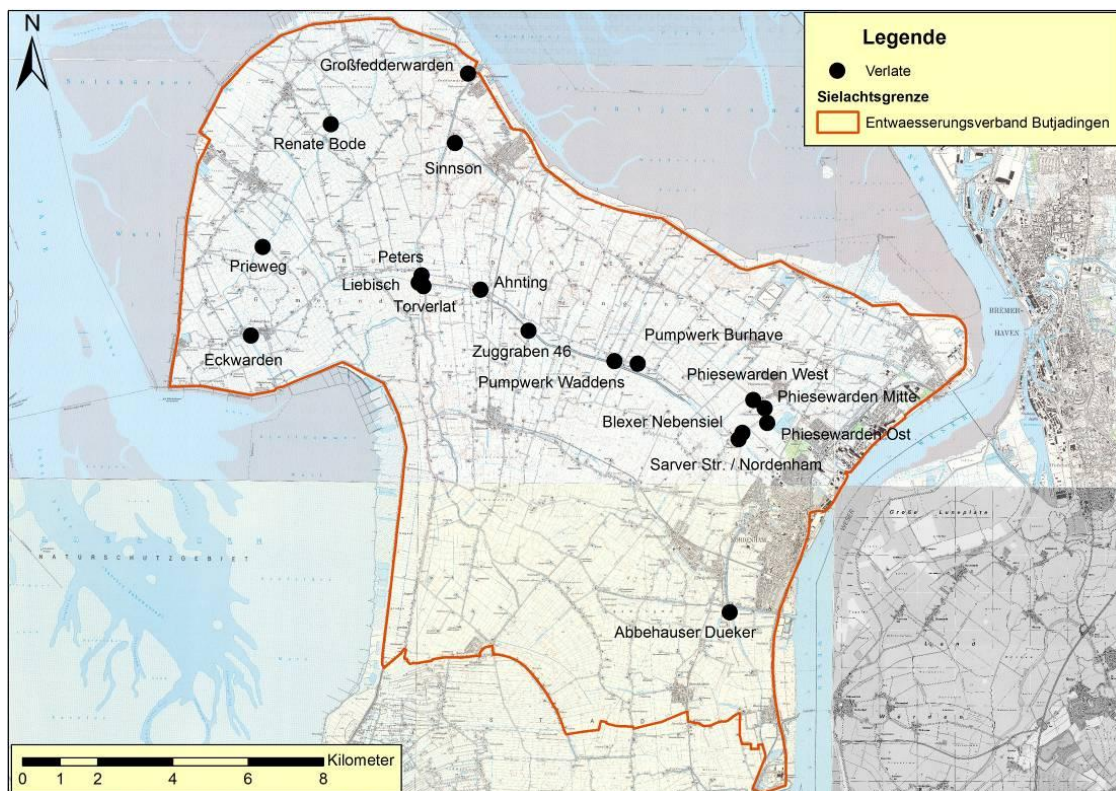


Abbildung 15: Lage der wichtigsten Verlate in Butjadingen (Quelle: Eigene Darstellung basierend auf der Kartengrundlage des **LGN**)

Falls die Salzgehalte am Beckumer Siel zu hohe Konzentrationen aufweisen, besteht die Möglichkeit, die Zuwässerung abubrechen. Dies kann zur Folge haben, dass die Wasserstandshöhen und Volumina nicht eingehalten werden können.

Neben der Ent- und Zuwässerung ist der Entwässerungsverband für die Aufreinigung von insgesamt 500 km Gewässern II. und III. Ordnung zuständig. Hiervon werden jährlich 180-190 km gereinigt, wobei die Reinigung der großen Sieltiefs nur in einem unregelmäßigen Rhythmus erfolgt.

Das Netz offener Vorfluter dient gleichzeitig als Abgrenzung der Weideparzellen und Tränkewasserspeicher, da das Wasser im Untergrund größtenteils versalzen oder von Abbauprodukten (Eisen, Nitrate) durchsetzt ist. Diese Versalzung beträgt in Nordwest Butjadingen 6000-12000 mg/l Chlorid und sinkt Richtung Süden auf 2000-6000 mg/l ab. Im Bereich der Stadlander Sielacht liegen die Salzkonzentrationen im Grundwasser zwischen 250 und 2000 mg/l (vgl. WEUSTINK 2008 und Anhang A XI). Die Wassergüte des Tränkewassers ist für die Landwirtschaft von großer Bedeutung (vgl. WÖBKEN 1969). Teilweise spiegelt sich die Versalzung in den Oberflächengewässern wieder. Dies kann die Folge von niedrigen Wasserständen im Grabensystem sein, so dass salzhaltiges Grundwasser in die Oberflächengewässer eindringt (BEZIRKSREGIERUNG WESER-EMS 2005).

Mit dem Bau des Zu- und Entwässerungskanals sollte das durch die Weserausbauten befürchtete Heraufwandern der Salzzone kompensiert werden. Ursprünglich wurde geplant, dass dieser Kanal unterhalb Brakes im Bereich des linken Strohausser Armes beginnt. Nachdem sich jedoch zeigte, dass der Salzgehalt, bedingt durch die schnelle Verschlickung der Nebenarme abnahm, errichtete man den Einlass etwa sieben Kilometer weiter flussabwärts in Nachbarschaft des Beckumer Sieles. Mit den weiteren Weserausbauten und den steigenden Kaliabwässern wanderte die Brackwasserzone wieder stromaufwärts (PLATE 1951), so dass heute am Einlassbauwerk des Butjadinger Zu- und Entwässerungskanals Salzgehalte auftreten, die weit über dem Richtwert von 2,5 g/l liegen. Diese Problematik steht auch in der öffentlichen Diskussion im Landkreis Wesermarsch vgl. hierzu z.B. Kreiszeitung Wesermarsch vom 05.09.2009 und 08.08.2009 sowie Nordwest Zeitung vom 20.06.2008, 28.06.2008, 18.07.2008, 25.07.2008, 07.10.2008 und 05.09.2009 (siehe beiliegende CD).

Laut KRAMER 1989 treffen hohe Binnenwasserzuflüsse häufig mit hohen Tidewasserständen zusammen. Um eine unwirtschaftliche Ausbaugröße des Binnen-

gewässernetzes und der Mündungsbauwerke zu vermeiden, sind die Siele und Schöpfwerke nicht für Extremfälle höchster Binnenwasserabflüsse und Sturmflutenwasserstände ausgelegt. Eine optimale Lösung kann durch eine sinnvolle gegenseitige Abstimmung zwischen Durchflussleistung der Siele, Förderleistung der Schöpfwerke und Speichermöglichkeiten in den Binnenwasserläufen erreicht werden.

Bemessung der Siele:

Für die Größe der Siele ist der Durchflußquerschnitt in Abhängigkeit vom mittleren Binnenwasserstand (MiBiSt) und Größe des Einzugsgebietes entscheidend.

Durchflußquerschnitt bei MiBiSt (m^2)= Einzugsgebiet (km^2) * 0,1 bis 0,2 (1.1)

Die Berechnung eines Sielzuges stellt sich als schwierig dar, da der Sielzug „vom Abfluss während der Tide, von während der Sielschließzeit gespeicherten Wassermenge, vom Speicherraum im Binnenwassernetz, von den tidebedingten Strömungsgeschwindigkeiten im Siel sowie der Größe der baulichen Gestaltung“ abhängig ist (vgl. KUNZ 1975 und KRAMER 1989).

Bemessung der Schöpfwerke:

Als erforderliche Pumpleistung wird von Abflussmengen zwischen 100 und 200 l/s je km^2 ausgegangen. Wichtig hierbei sind das Gefälle im Einzugsgebiet und seine Form, da hiervon abhängt, ob das Wasser schnell oder langsam zum Schöpfwerk fließt.

Auch fordert die Landwirtschaft je nach Stand der Kulturen angepasste Wasserstände, was nur durch Sielzug und Schöpfungsbetrieb möglich ist. In Niedersachsen weniger üblich als in Schleswig-Holstein ist die Zwischenschaltung eines Speicherbeckens. Hierdurch ist es möglich, die Betriebskosten des Schöpfwerkes zu senken, da nicht gegen wechselnde Tidewasserstände sondern gegen im Mittel niedrigere Wasserstände im Speicherbecken gepumpt werden muss.

Im Bereich des Außentiefs ist für die Absenkung der Binnenwasserstände, der Sielzugdauer und damit Sielzugmenge neben dem Querschnitt v.a. die Sohlentiefe entscheidend. In kleineren Außentiefs von einigen hundert Metern genügt die Räumkraft des Sielzugs, um den Querschnitt offen zu halten. Da sich dies als sehr schwierig gestalten kann, sollte versucht werden, möglichst viele Binnentiefs mit großer Abflussmenge an einer Stelle ausmünden zu lassen, um eine größere Räumkraft im Außentief durch den Sielzug zu erhalten. Hierdurch lässt sich die verminderte Spülung, die eine Folge der Regelung der Binnenwasserstände durch Schöpfwerke ist, teilweise durch den Sielzug ausgleichen. Das Binnenwasser steigt dann nicht mehr auf unerwünschte Höhen an, jedoch können lang anhaltende Binnenwasserwellen (vom Sielzug abhängig) auch längere Außentiefs ausräumen. Der Schöpfungsbetrieb fördert die Verschlickung der Außentiefs, denn der durch viele Pumpstunden mögliche tiefe Binnenwasserstand mit nur noch kurzen Sielzügen bedeutet eine Verminderung des natürlichen Wasserabflusses (KRAMER 1989).

7. Veränderungen der Rahmenbedingungen in der Vergangenheit

7.1 Veränderungen der natürlichen Gegebenheiten

Die mittleren Jahrestemperaturen sind in Niedersachsen im letzten Jahrhundert um 1 °C angestiegen und lagen somit über der durchschnittlichen globalen Erwärmung, die 0,8 °C betrug. In Deutschland stellten die 1990er Jahre das wärmste Jahrzehnt des 20. Jhs. dar (STORCH et al. 2009).

Auch die Niederschläge (siehe Tab. 11) stiegen in Deutschland für den Zeitraum 1901-2000 um 9 % an. Dieser Trend schwächte sich in der zweiten Hälfte des 20. Jhs. ab und betrug für den Zeitraum 1951-2000 noch +6 %. Hierbei wurde eine starke Abnahme in den Sommermonaten (-16%) beobachtet. Im Gegensatz zu den Sommermonaten erhöhten sich die Niederschläge in den übrigen Jahreszeiten stark.

Tabelle 11: Trends der Niederschläge in Deutschland im 20. Jh. (Quelle: SCHÖNWIESE & JANOSCHITZ 2005)

Zeitraum	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
1901-2000	+13 %	-3 %	+9 %	+19 %	+9 %
1951-2000	+14 %	-16 %	+ 18 %	+ 19 %	+ 6 %

An der Station Oldenburg fiel dieser Trend etwas geringer aus. Hier stieg der durchschnittliche jährliche Niederschlag von 710 mm zwischen den Jahren 1881-1930 über 742 mm für den Bezugszeitraum 1931-1960 auf schließlich 751 mm für den Bezugszeitraum 1961-1990 an. Auch hier zeigen sich unterschiedliche Trends für die Sommermonate und die restlichen Monate. Der Niederschlag nahm in der Zeit der Vegetationsperiode Mai-September von 353 mm im Zeitraum 1931-1960 auf 342 mm im Zeitraum 1961-1990 ab (BEHRENS 1994).

Der globale Meeresspiegel ist im 20. Jh. im Schnitt um 0,17 cm pro Jahr angestiegen. Im Zeitraum 1993-2003, der mittels Satellitendaten ausgewertet wurde, sogar

um 0,31 cm/a (IPCC 2007). Im Bereich der Nordseeküste stieg im 20. Jh. das mittlere Tideniedrigwasser um 9 cm und das mittlere Tidehochwasser um 23 cm an. Der Tidenhub vergrößerte sich im Schnitt um 12 cm (TÖPPE 1993 und MAI 2004).

Im Vergleich dazu stellen sich die Veränderungen am in der Unterweser gelegenen Pegel Brake und Bremerhaven abweichend dar:

Zwar zeigte sich auch in Bremerhaven zwischen 1953 und 1991 ein jährlicher Anstieg des MTHW um 0,27 cm/a (MAI 2004), jedoch verringerte sich zeitgleich der Stand des MTNW um 0,16 cm/a für den Bezugszeitraum 1881-2001. Die Veränderungen des Tidenhubs betragen in Bremerhaven +41 cm (JENSEN & MUDERSBACH 2007).

Am Pegel Brake (siehe Tab. 12) verringerte sich das mittlere Tideniedrigwasser zwischen 1884 und 2000 um 0,42 cm/a und das mittlere Tidehochwasser stieg um 0,38 cm/a an. Der mittlere Tidenhub vergrößerte sich im gleichen Zeitraum um 93 cm. Dies ist auf die Weserausbauten zurückzuführen, die die natürlichen Veränderungen überlagern (vgl. GRABEMANN et al. 1999 und Anhang A III).

Tabelle 12: Veränderungen der Wasserstände am Pegel Brake (Quelle: NLWKN)

Jahr	MTHW [m NN]	MTNW [m NN]	MTHB [m]
1884 - 1888	1,65	-1,35	3,00
1961 - 1970	1,90	-1,60	3,50
1981 - 1991	2,03	-1,78	3,81
1996 - 2000	2,09	-1,84	3,93

Die Veränderungen der Tidewasserstände und des Tidenhubs haben Auswirkungen auf die Zu- und Entwässerung. Hierdurch verändert sich die Differenz der Wasserspiegel der Weser und des Grabensystems und es kommt bei gleichbleibenden Zielwasserständen in den Gräben zu Änderungen der Sielzugzeit (vgl. Abb. 11). Diese wird durch einen Anstieg des MTHW in der Weser tendenziell verkürzt und durch das Absinken des MTNW tendenziell erhöht (GFL/BIOCONSULT/KÜFOG 2006).

Für die Sturmaktivitäten lässt sich für das 20. Jh. im Bereich der Nordsee bis in die 60er Jahre ein abnehmender Trend feststellen. Darauf anschließend folgte eine

Phase mit deutlich steigender Anzahl an Stürmen (ULBRICH 2006). Es konnte jedoch „keine Änderung der Stürme an der Küste, die über die historisch belegten Schwankungen hinausgeht“ festgestellt werden (STORCH et al. 2006). Für Zyklone im Nordatlantik lässt sich für den Zeitraum 1880-2003 ein negativer Trend ausmachen (ULBRICH 2006).

7.2 Salzkonzentrationen in der Unterweser

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Analyse der Salzgehalte in der Unterweser vorgestellt. Die Veränderung der Wasserqualität ist von entscheidender Bedeutung für die Zuwässerung in den Sommermonaten, da das eingeleitete Weserwasser zur Viehtränke im Grabensystem genutzt wird. Falls zu hohe Salzkonzentrationen auftreten wird die Zuwässerung gestoppt. Aus diesem Grund wurde untersucht, ob sich Trends der Salzkonzentration an den Pegeln Nordenham (1998-2008), Strohauser Plate Ost (1998-2008), Rechtenfleth (1998-2008) und Brake (1984-2009) feststellen lassen. Die ausgesuchten Pegel befinden sich entlang der Unterweser (siehe Abb. 16), wodurch sich ein guter Überblick über die Verteilung und Veränderung der Salzgehalte ergibt. Diese Pegel umschließen mit ihrer Lage die für die Zuwässerung verwendeten Siele Strohausen und Butjadinger Zu- und Entwässerungskanal. Auch wurden für den Pegel Brake Abweichungen vom langjährigen Mittel in den Sommermonaten untersucht. Zusätzlich wurde stichprobenartig untersucht, wie sich das zeitliche Zusammentreffen des Hochwassers zu den Salzkonzentrationen verhält.

Es werden in diesem Kapitel nur die wichtigsten Ergebnisse der Stationen vorgestellt. Für die graphische Darstellung der Mittel- und Höchstwerte aller Pegel sowie der Abweichungen vom langjährigen Mittel (Monate Juni-August) siehe Anhang A XII-A XVIII. Die vollständigen Dateien und Tabellen der statistischen Auswertungen sowie die Rohdaten befinden sich auf der beiliegenden CD.

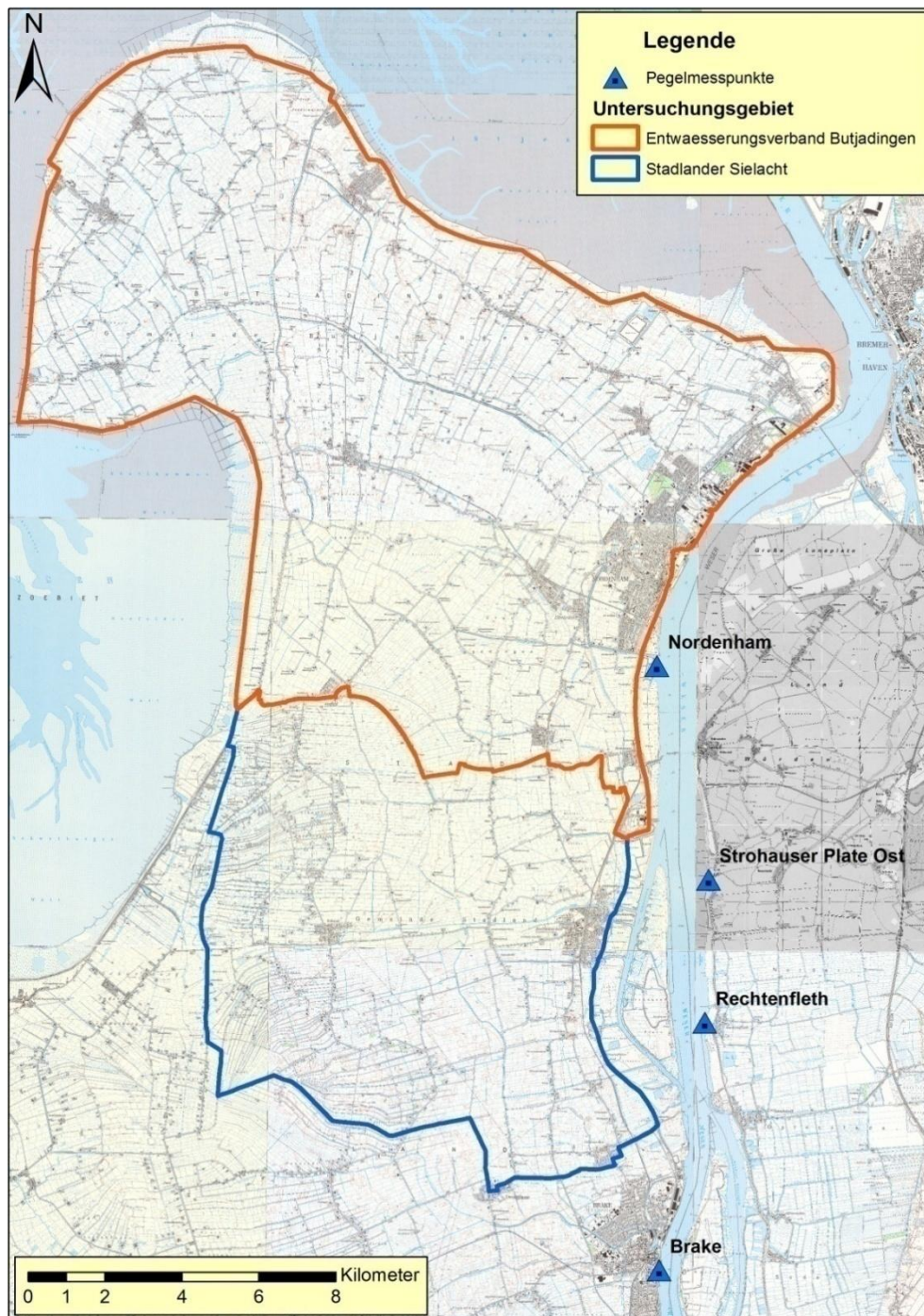


Abbildung 16: Lage der Pegel für die Analyse der Salzgehalte (Quelle: Eigene Darstellung basierend auf der Kartengrundlage des **LGN**)

7.2.1 Veränderungen in den Mittelwerten der Salzgehalte

Die dargestellten Zeitreihen (Abb. 17 und 18) zeigen, dass an den Pegeln Brake und Strohauser Plate Ost mittlere Salzgehalte in den Sommermonaten erreicht werden, die über dem empfohlenen Wert von 2,5 g/l liegen. Dies gilt auch für die Pegel Rechtenfleth und Nordenham. Während die mittleren Salzgehalte am Pegel Brake i.d.R. unterhalb des Richtwertes liegen, wird dieser am Pegel Strohauser Plate Ost regelmäßig überschritten und die Mittelwerte erreichen maximale Werte von bis zu 6,46 g/l. Der maximale Mittelwert wurde am Pegel Nordenham mit 10,20 g/l gemessen. Im Monat August weisen die maximalen mittleren Salzgehalte an allen Pegeln die höchsten Werte auf. Generell lässt sich feststellen, dass die Mittelwerte gegen Ende des Sommers im August und September höhere Konzentrationen aufweisen als im Juni und Juli.

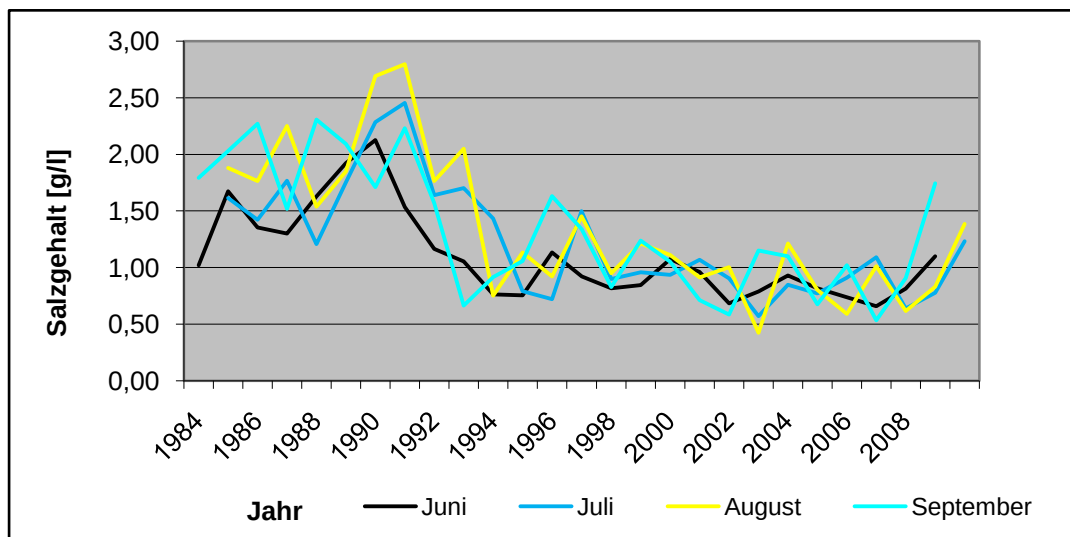


Abbildung 17: Mittelwerte in den Sommermonaten am Pegel Brake

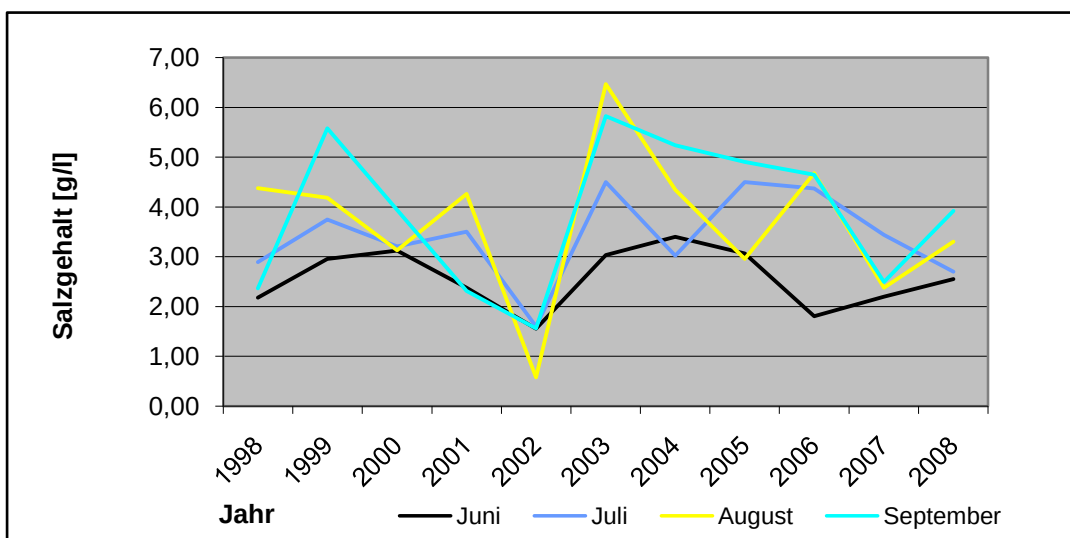


Abbildung 18: Mittelwerte in den Sommermonaten am Pegel Strohauser Plate Ost

Für keinen der Pegel lassen sich negative Auswirkungen im Sinne einer Konzentrationserhöhung erkennen. Am Pegel Brake erreichten die mittleren Salzgehalte in den 1980er Jahren ihre Maximalwerte und sind seitdem signifikant leicht gefallen. Für die übrigen Pegel konnten keine signifikanten Trends gefunden werden (vgl. Tab. 13). Jedoch weisen diese große Ähnlichkeiten im Verlauf der Mittelwerte auf (siehe Anhang A XII-XV). Eine Überprüfung mit einer verkürzten Zeitreihe seit 1998 – analog zu den anderen Pegeln – zeigt für den Pegel Brake keine signifikanten Trends auf.

Tabelle 13: Übersicht über die statistischen Auswertungen der mittleren Salzgehalte in den Sommermonaten (Die Aussagen zur Signifikanz beziehen sich immer auf das 5%-Niveau)

Pegel	Monat	Maximum	Minimum	Mittlerer Wert	R ²	Signifikanz	Trend
Brake	Juni	2,13	0,66	1,1	0,44	0,00	Y = -0,03 + 1,56
	Juli	2,46	0,57	1,23	0,46	0,00	Y = -0,04 + 1,87
	August	2,79	0,43	1,34	0,51	0,00	Y = -0,06 + 2,19
	September	2,31	0,53	1,33	0,46	0,00	Y = -0,05 + 2,19
Rechtenfleth	Juni	2,40	0,91	1,54	0,03	0,64	-
	Juli	2,74	0,88	1,99	0,00	0,88	-
	August	4,03	0,45	2,24	0,07	0,44	-
	September	3,38	0,74	2,23	0,00	0,90	-
Strohauser Plate Ost	Juni	3,40	1,55	2,57	0,01	0,77	-
	Juli	4,50	1,60	3,41	0,03	0,63	-
	August	6,46	0,58	3,69	0,02	0,69	-
	September	5,82	1,56	3,89	0,17	0,70	-
Nordenham	Juni	6,64	3,28	4,91	0,02	0,67	-
	Juli	7,66	3,07	6,06	0,05	0,53	-
	August	10,20	1,33	6,54	0,01	0,82	-
	September	9,45	3,41	6,64	0,02	0,66	-

7.2.2 Veränderungen in den Höchstwerten der Salzkonzentrationen

Die Höchstwerte (Abb. 19 und 20 sowie Tab. 14) weisen an allen Pegeln höhere Maxima als den Richtwert von 2,5 g/l aus. Das Maximum der Salzgehalte liegt zwischen 6,72 g/l am Pegel Brake und 20,25 g/l am Pegel Nordenham. Die maximalen Höchstwerte steigen an allen Pegeln im Verlauf des Sommers an und erreichen –bis auf den Pegel Nordenham- im September ihren Höchststand. Die niedrigsten Höchstwerte wurden für die Monate Juli-September im Jahr 2002 festgestellt. Auch steigen die Höchstwerte kontinuierlich stromabwärts von Brake in Richtung Nordenham an.

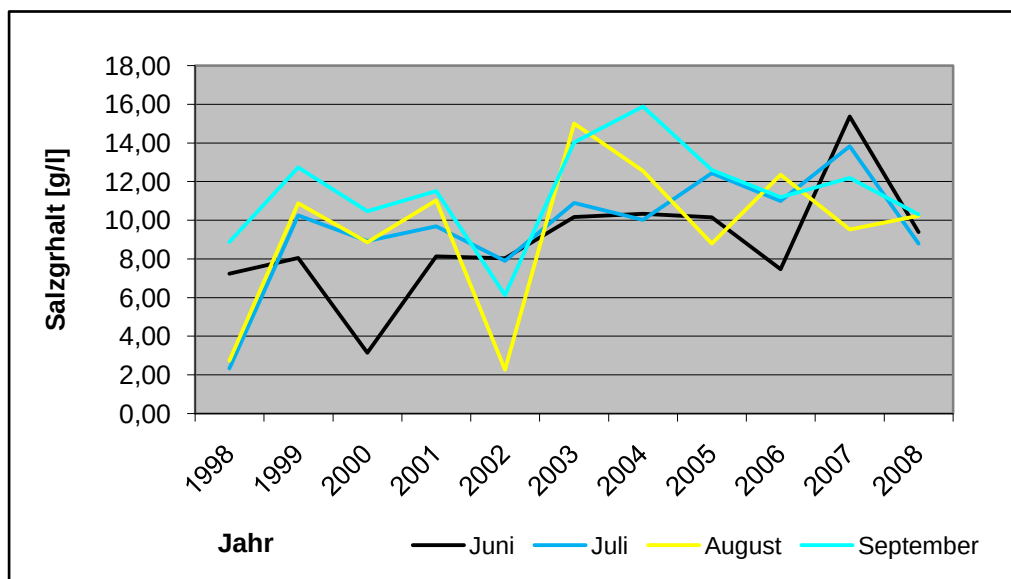


Abbildung 19: Höchstwerte in den Sommermonaten am Pegel Strohauser Plate Ost

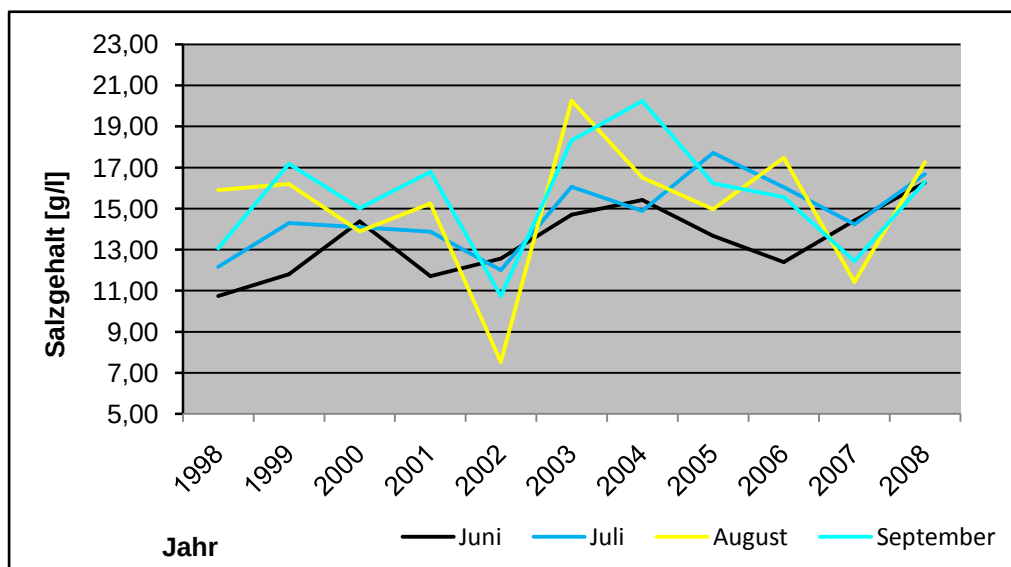


Abbildung 20: Höchstwerte in den Sommermonaten am Pegel Nordenham

Signifikante Trends treten in den Monaten Juni und Juli an den Pegeln Strohauser Plate Ost und Nordenham auf. Dieser beträgt im Juni 0,54 am Pegel Strohauser Plate Ost und 0,35 am Pegel Nordenham (vgl. Tab. 14). Im Monat Juli zeichnet sich ein ähnliches Bild mit nahezu gleichen Trends ab. Die Höchstwerte weisen hingegen an den Pegeln Brake und Rechtenfleth keine signifikanten Trends auf. Am Pegel Brake wurde in den 1980er Jahren höhere Konzentrationen als im letzten Jahrzehnt festgestellt (siehe hierzu Anhang A XII)).

Tabelle 14: Übersicht über die statistischen Auswertungen der höchsten Salzgehalte in den Sommermonaten (Die Aussagen zur Signifikanz beziehen sich immer auf das 5%-Niveau)

Pegel	Monat	Maximum	Minimum	Mittlerer Wert	R ²	Signifikanz	Trend
Brake	Juni	3,06	0,83	1,99	0,01	0,70	-
	Juli	4,44	1,00	2,49	0,00	0,95	-
	August	5,70	0,52	2,89	0,02	0,51	-
	September	6,72	0,80	3,18	0,01	0,66	-
Rechtenfleth	Juni	8,99	4,45	6,67	0,26	0,11	-
	Juli	10,96	4,64	7,67	0,02	0,68	-
	August	11,64	0,73	7,44	0,14	0,73	-
	September	13,79	3,21	8,40	0,00	0,87	-
Strohauser Plate Ost	Juni	15,36	3,15	8,86	0,37	0,05	Y = 0,54 + 5,62
	Juli	13,82	2,34	9,64	0,38	0,05	Y = 0,55 + 6,35
	August	15,00	2,28	9,45	0,14	0,26	-
	September	15,88	6,13	11,45	0,05	0,51	-
Nordenham	Juni	16,26	10,73	13,45	0,46	0,02	Y = 0,35 + 11,32
	Juli	17,71	12,00	14,73	0,43	0,03	Y = 0,35 + 12,60
	August	20,25	7,52	15,15	0,00	0,86	-
	September	20,23	10,74	15,62	0,01	0,81	-

7.2.3 Auswertung der Abweichungen vom langjährigen Mittel

Die Abweichungen vom langjährigen Mittel wurden nur für den Pegel Brake untersucht, da für diesen die längsten Datenreihen zur Verfügung standen. Hierbei wurden auf der einen Seite Abweichungen vom Jahresmittelwert sowie die Abweichungen für die einzelnen Sommermonate untersucht. Von diesen ist hier nur der Monat September dargestellt. Die Ergebnisse der Monate Juni, Juli und August befinden sich im Anhang A XVI- A XVIII.

Das langjährige Mittel der Jahresmittelwerte (Abb. 21) liegt bei einer Salzkonzentration von 1,04 g/l. Zwischen 1984 und 1992 bewegen sich die Jahresmittelwerte bis zu 0,7 g/l über dem langjährigen Mittel. Der Höchststand wurde mit 1,74 g/l im Jahr 1989 erreicht. Ab dem Jahr 1993 sind die Jahresmittelwerte mit Ausnahme des Jahres 1996 niedriger als das langjährige Mittel. Der niedrigste Jahresmittelwert mit 0,57 g/l datiert aus dem Jahr 2002. Für die lineare Regression ergibt sich hier ein R^2 von 0,61 mit einer Signifikanz von 0,00. Der Trend beträgt hierfür -0,04.

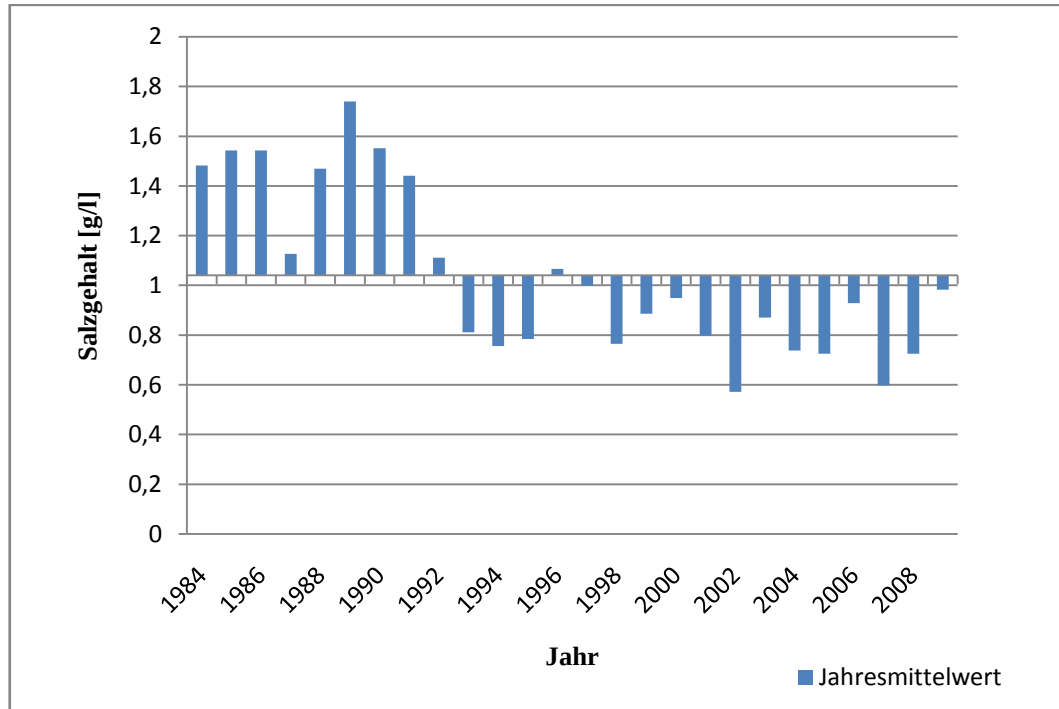


Abbildung 21: Abweichungen der Jahresmittelwerte vom langjährigen Mittel am Pegel Brake

Die Abweichungen vom langjährigen Mittel im Monat September zeigen ein uneinheitliches Bild (Abb. 22 und 23).

Während es bei den Abweichungen für die Höchstwerte keinen signifikanten Trend gibt, lässt sich dieser für die Abweichungen der Mittelwerte feststellen. Der Trend beträgt $-0,044$. Ein ähnliches Bild stellt sich auch für die Monate Juni, Juli und August dar (vgl. Anhang A XVI-XVIII). In diesen zeigt sich auch jeweils ein leichter Trend hin zu Abweichungen vom langjährigen Mittel mit niedriger Konzentration (Juni $-0,034$, Juli $-0,044$, August $-0,058$). Der niedrigste Mittelwert beträgt $0,53 \text{ g/l}$ aus dem Jahr 2007. Der Maximale liegt mit $2,31 \text{ g/l}$ fast 1 g höher als das langjährige Mittel und stammt aus dem Jahr 1988.

Die höchste Konzentration und damit auch Abweichung der Höchstwerte vom langjährigen Mittel wurde im September 2009 mit einer Konzentration von $6,72 \text{ g/l}$ gemessen. Die niedrigste Konzentration stammt aus dem Jahr 2002 mit einem Salzgehalt von $0,8 \text{ g/l}$.

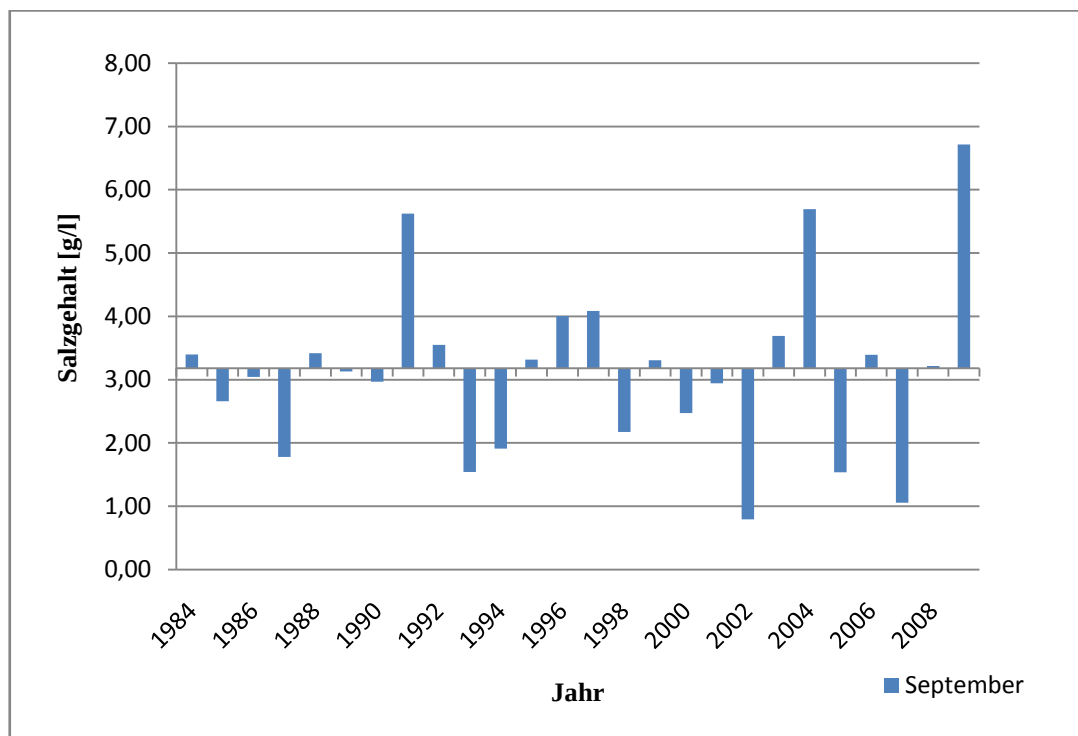


Abbildung 22: Abweichungen der Höchstwerte im Monat September vom langjährigen Mittel am Pegel Brake

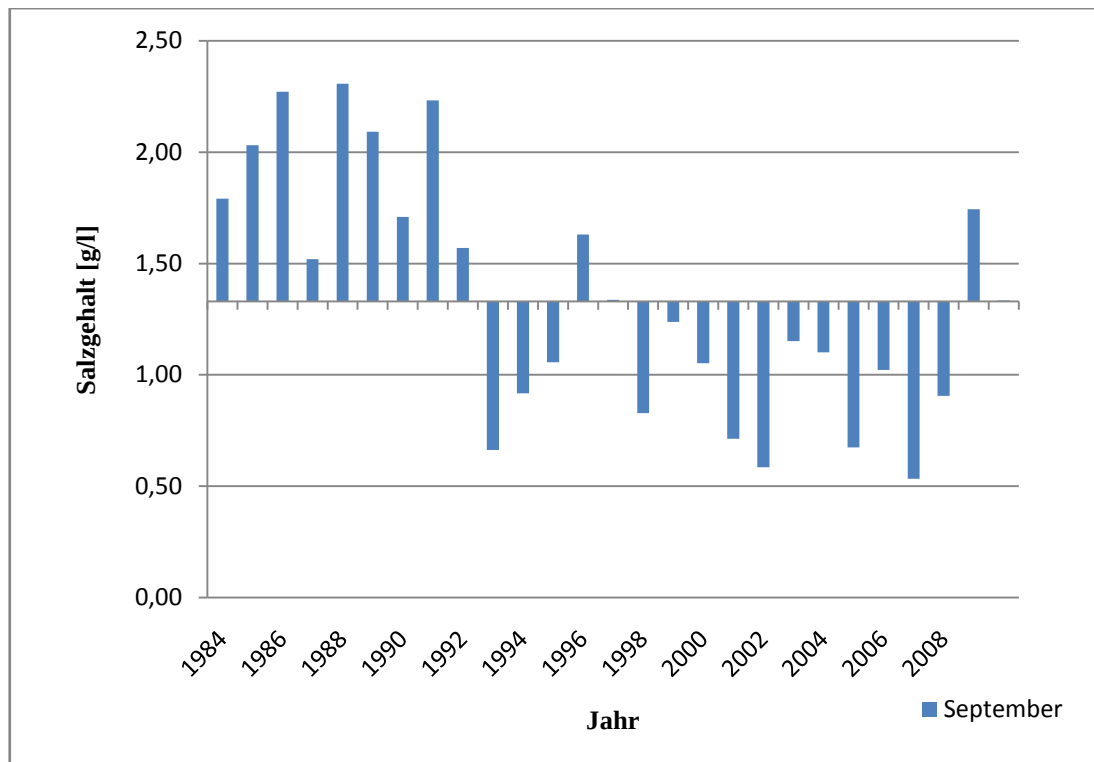


Abbildung 23: Abweichungen der Mittelwerte im Monat September vom langjährigen Mittel am Pegel Brake

7.2.4 Abhängigkeit der Salzkonzentration vom Tidehochwassers

Im Allgemeinen lässt sich eine große Abhängigkeit der Salzgehalte vom Oberwasserabfluss nachweisen (vgl. KUNZ 1979, BARG 1979 und Anhang A XIX). Somit hat auch das Wassermanagement im Oberlauf der Weser großen Einfluss auf die Salzgehalte in der Unterweser. Aus diesem Grund fand die Analyse des Zeitpunktes der höchsten Salzkonzentration nur in Perioden mit konstantem Oberwasserabfluss statt.

Im Verlauf einer Tide werden die höchsten Salzgehalte mit Eintreten des Hochwassers bzw. kurz darauffolgend gemessen (siehe Abb. 24). Weiterhin lässt sich erkennen, dass mit einem höheren Tidestand auch der Salzgehalt ansteigt. So erreichte z.B. erreichte das Hochwasser am 13.08.1998 um 17:05 die Höhe von 7,58 m NN, um 18:00 wurde die höchste Salzkonzentration mit 1077 mg/l gemessen. Am darauffolgenden Tag stand das Hochwasser um 6:25 bei 7,01m NN. Hier erreichte die höchste Salzkonzentration um 6:30 einen Stand von „nur“ 820 mg/l.

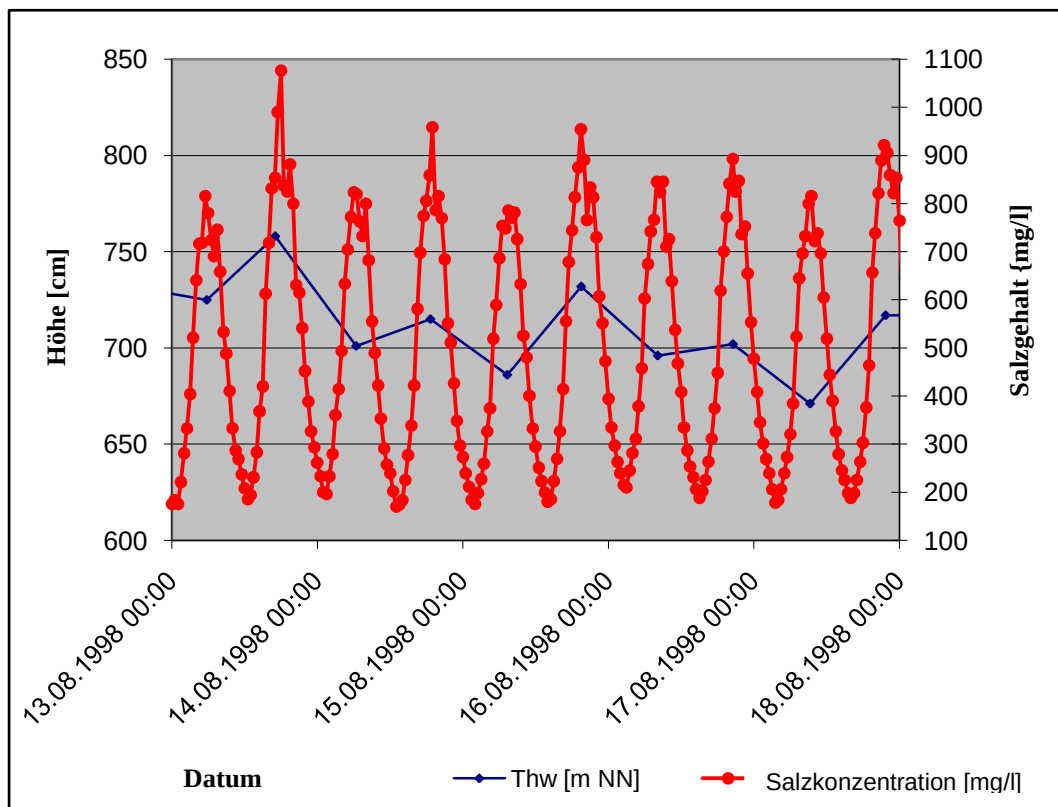


Abbildung 24: Zeitliches Zusammenfallen des Hochwassers und der Salzkonzentration

Zusammenfassend lässt sich zu den oben aufgeführten Salzkonzentrationen feststellen, dass die Mittel- und Höchstwerte seit Jahren den Richtwert von 2,5 g/l erreichen und regelmäßig deutlich überschreiten. Einen signifikanten Trend für die Erhöhung der Salzgehalte konnte für die Höchstwerte an den Pegeln Strohauser Plate Ost und Rechtenfleth für die Monate Juni und Juli festgestellt werden. Die Mittelwerte zeigen am Pegel Brake einen leichten Trend hin zu geringeren Konzentrationen. Auch lässt sich bei den Abweichungen vom langjährigen Mittel ein Trend in Richtung geringerer Konzentrationen feststellen. Unter der Prämisse eines ansteigenden Meeresspiegels, weniger Niederschlags in den Sommermonaten und weiteren Weserausbauten werden sich die Salzgehalte weiter erhöhen und die Problematik verschärfen. Dies gilt auch für eine möglicherweise durch den Klimawandel notwendig werdende Verlängerung der Zuwässerung in die Herbstmonate. Hier zeigen die Salzgehalte im Monat Oktober auch heute schon teilweise höhere Werte auf als die Monate Juni-September. So wurden z.B. am Pegel Nordenham im Oktober 2006 eine Salzkonzentration von 20,48 g/l und im Oktober 2008 eine Konzentration von 17,49 g/l gemessen. In beiden Fällen lag dieser Wert höher als die Maximalwerte der Monate Juni-September.

Die dauerhafte Messung der Salzgehalte an den Weserpegeln sollte in jedem Fall fortgeführt werden, um längere Zeitreihen für eine bessere Absicherung der Ergebnisse zu erhalten. Dies ist v.a. bei einer weiteren möglichen Weservertiefung von großer Bedeutung. Da die vorliegenden Daten der Pegel Nordenham, Strohauser Plate Ost und Rechtenfleth erst nach Ende des letzten Weserausbaus 1978 beginnen, kann aus diesem Grund keine Beurteilung der Ausbaumaßnahmen im Rahmen dieser Arbeit erfolgen.

7.3 Salzkonzentrationen an den Oberflächenwassermessstellen

Anhand mehrerer Oberflächenwassermessstellen des NLWKN im Gebiet des Entwässerungsverbandes Butjadingen wurde versucht, die Verteilung der Salzgehalte in der Verbandsfläche zu analysieren (siehe Abb. 25).



Abbildung 25: Lage der Oberflächenwassermessstellen (Quelle: Eigene Darstellung basierend auf der Kartengrundlage des )

Bis auf die Oberflächenwassermessstelle Ellwürden, die im Einzugsgebiet des Abbehauser Sieltiefs liegt, befinden sich alle Messstellen im Einzugsgebiet des Butjadinger Zu- und Entwässerungskanals.

Für die Messstellen Eckwarder Bahnhof, Str. Langwarden – Burhave und Str. Ahndeich Stollhammer Deich liegen einzelne Messwerte aus den Jahren 1990-1993 und aus dem Jahr 1999 vor. In Ellwürden und Mitteldeich sind Einzelwerte zwischen 1990 und 2003 sowie für die Messstelle Trumpfhörne zwischen 1990-2009 vorhanden. Durch die geringe Datengrundlage lassen sich daher nur begrenzte Analysen für die Verteilung der Salzgehalte im Verbandsgebiet durchführen. Gegenüberstellt werden im Folgenden nur Messwerte, die an gleichen Tagen aufgenommen wurden.

Ein Vergleich der drei, im nordwestlichen Teil des Entwässerungsverbandes Butjadingen gelegenen, Messstellen Eckwarder Bahnhof, Str. Ahndeich-Stollhammer Deich und Str. Langwarden-Burhave zeigt, dass zu gleichen Zeitpunkten ähnliche Salzkonzentrationen aufweisen (Abb. 26).

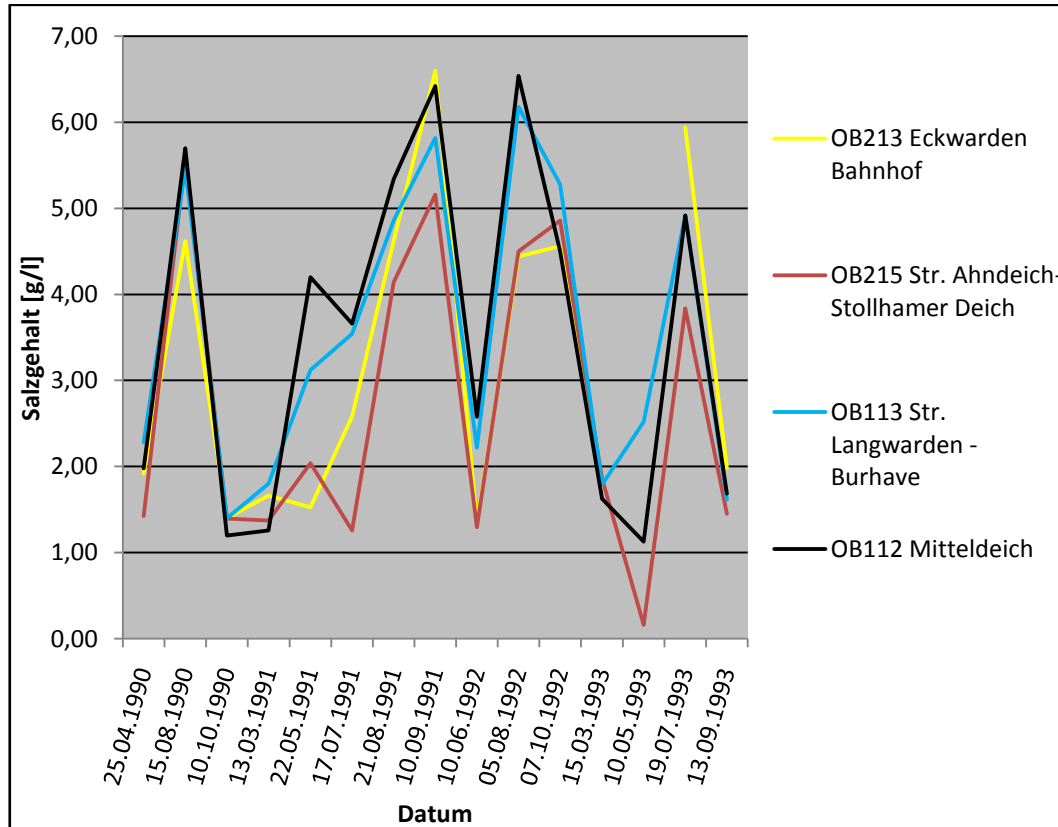


Abbildung 26: Salzgehalte im Oberflächenwasser in Butjadingen an verschiedenen Zeitpunkten

Die an den einzelnen Tagen aufgenommenen Messwerte weisen deutliche Ähnlichkeiten auf und liegen zwischen 0,16 g/l und 6,6 g/l. Gleiches gilt auch für die am Zu- und Entwässerungskanal gelegene Messstelle Mitteldeich. Diese liegt vor der Einleitung des Zuwässerungswassers in die einzelnen Bezirke. Die Salzkonzentrationen sind in Mitteldeich i.d.R. am Höchsten und an der Messstelle Str. Ahndeich-Stollhammer Deich am Niedrigsten. Korrelationen zu den Salzgehalten in der Unterweser konnten nicht untersucht werden, da für diesen Zeitraum keine Messwerte der Weserpegel Rechtenfleth und Strohauser Plate Ost vorlagen.

Für die am Zu- und Entwässerungskanal gelegenen Messstellen Mitteldeich und Trumpfhörne konnten ähnliche Messwerte an den untersuchten Zeitpunkten festgestellt werden (Abb. 27). Die Werte liegen hier zwischen 0,54 g/l und 6,36 g/l. Die nicht am Zu- und Entwässerungskanal, sondern am Abbehauser Sieltief, gelegene Messstelle Ellwürden weist i.d.R. die geringsten Konzentrationen auf. Ein Vergleich mit den Salzgehaltswerten der Weser zeigt, dass sich anhand dieser Daten keine Korrelation feststellen lässt. So lagen z.B. für den 03.02.1999 die Werte in Ellwürden bei 0,76 g/l, in Mitteldeich bei 1,3 g/l und in Trumpfhörne bei 1,17 g/l. Zeitgleich betrugen die Salzkonzentrationen in der Weser am Pegel Strohauser Plate Ost nur 0,6 g/l. Die höchste gemessene Konzentration überstieg im gesamten Januar am Pegel Strohauser Plate Ost den Wert von 2,5 g/l nicht. Ein anderes Bild zeigt sich für den 05.08.1999. Hier beträgt die Salzkonzentration in Ellwürden 4,74 g/l, in Mitteldeich 4,14 g/l und in Trumpfhörne 4,98 g/l. Die höchsten Konzentrationen in der Weser am Pegel Strohauser Plate Ost betrugen jedoch im gesamten Juli nur 10,28 g/l bzw. im August 10,89 g/l.

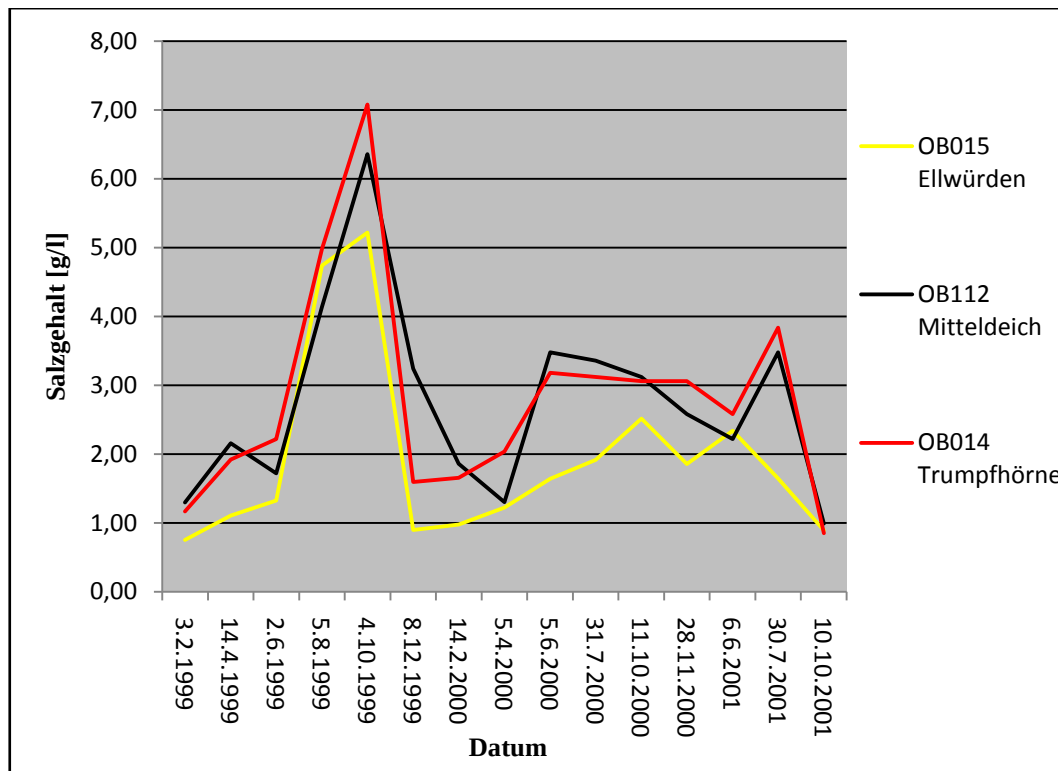


Abbildung 27: Salzgehalte am Zu- und Entwässerungskanal zu verschiedenen Zeitpunkten

Die Aussagen für die Oberflächenwassermessstellen sind bedingt durch die geringe Grundgesamtheit an Messwerten durch dauerhafte zukünftige Messungen zu überprüfen. Allerdings zeigt sich auch hier, dass die empfohlene Konzentration teilweise deutlich überschritten wird. Es ließ sich jedoch für die Oberflächenwassermessstellen Ellwürden, Trumpfhörne und Mitteldeich keine Korrelationen zu den Unterwesermesswerten finden, so dass vermutlich nicht von den Messpegeln in der Unterweser auf die tatsächlichen Werte in den Oberflächengewässern geschlossen werden kann. Eine kontinuierliche Messung an verschiedenen Oberflächengewässern des Entwässerungsverbandes Butjadingen ist für eine exakte Aussage über das Eindringen und die Verteilung des Salzwassers im System dringend erforderlich. Erst dann kann eine Aussage getroffen werden, wie hoch der Salzgehalt an den Gräben, die als Tränkewasser dienen, wirklich ist. Die Messstellen könnten in den Gewässern II. Ordnung und an Orten, an denen gestaut wird, installiert werden, um die mögliche Verteilung der Salzgehalte im Verbandsgebiet zu ermitteln. Falls sich die Salzgehalte im Grabensystem über eine längere Zeitspanne auf einem hohen Konzentrationsniveau bewegen, ist nicht auszuschließen, dass das Weidevieh das stark salzhaltige Grabenwasser meidet oder andere Wasserquellen aufsucht (WIEZOREK 1972).

Im Hinblick auf die geplante Weservertiefung und den damit verbundenen möglichen Anstieg der Salzgehalte ist dies eine Möglichkeit, um die tatsächlichen Verhältnisse vor Ort und die verbundenen Veränderungen darzustellen. Ein ausschließliches Heranziehen der Salzgehalte der Weser scheint hierfür nicht ausreichend, da diese seit Jahren regelmäßig über dem empfohlenen Wert von 2,5 g/l liegen.

8. Zukünftige Veränderungen der Rahmenbedingungen

Das IPCC hat in seinem 4. Sachstandsbericht von 2007 einen globalen Meeresspiegelanstieg bis zum Jahr 2100 von 38 cm im niedrigsten Emissionsszenario bzw. 59 cm im höchsten Emissionsszenario prognostiziert. Allerdings sind hierbei keine lokalen Effekte wie Landsenkungen oder anthropogene Veränderungen der Küstenlinie berücksichtigt. Der Anstieg des mittleren Meeresspiegels bewirkt auch eine Erhöhung der Scheitelwasserstände (STORCH et al. 2009).

Auch wenn die absoluten Zahlen variieren und mit Unsicherheiten behaftet sind, stellen sich die generellen Trends verschiedener Auswirkungen der Emissionsszenarien als relativ robust dar. Für Deutschland zählen hierzu die winterliche Niederschlagszunahme, trockenere Sommer, eine geringere Schneebedeckung, häufigere und kräftige Extremniederschläge, längere und stärkere Niedrigwasserperioden (bis 20 Tage) und eine Zunahme der heißen Tage über 25 °C (HAGEMANN & JACOB 2009 und SIEBENHÜHNER 2009).

Die Folgen eines Klimawandels auf Küstensysteme lassen sich nach DASCHKEIT & STERR 2003 folgendermaßen darstellen:

- Anstieg der durchschnittlichen Meeresoberflächentemperaturen mit Einflüssen auf die Wasserqualität
- Abnahme der Primärproduktionsrate
- Anstieg des durchschnittlichen Meeresspiegelniveaus (in Abhängigkeit regionaler/ lokaler Hebungs- oder Senkungsbewegungen)
- Änderungen im Salzgehalt
- Veränderungen des globalen/regionalen Ozeanzirkulationsmusters
- Änderungen im Tidenhub
- Zunahme der Erosion
- Verlust von Feuchtgebieten und Mangroven
- Vergrößerung der Ästuargebiete (Zunahme der Salinität flussaufwärts)
- Eindringen von Meerwasser in Süßwasserquellen

- Zunahme der Anzahl, Dauer und Intensität von Sturmereignissen

Für den Meeresspiegelanstieg legt er folgende sozioökonomische Konsequenzen dar:

- Erhöhtes Überflutungsrisiko für die Küstenbevölkerung
- Gefährdung von Siedlungsflächen, Wohnraum, Küstenschutzbauwerken und der Infrastruktur. Hieraus folgt ein Verlust materieller und immaterieller Werte und der Verlust von natürlichen Lebensräumen
- Negative Folgen für Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Fischerei, Aquakultur und für weitere volkswirtschaftliche Sektoren

Die globale Temperatur soll sich bis im Jahr 2100 um 1,1 und 6,4 °C erhöhen (IPCC 2007). Für Deutschland werden erhöhte Sommertemperaturen von 1,5-2,5 °C und von 1,5-3 °C im Winter erwartet (BECKER et al. 2008).

Nach STORCH et al. 2009 wird der Temperaturanstieg in Norddeutschland bis zum Jahr 2040 im Sommer um 0,7-0,9 °C und im Winter um 0,6-1,5 °C gegenüber den Werten Ende des letzten Jahrhunderts ansteigen. Bis Ende des 21. Jhs. sind Werte von 1,8-5,1 °C im Sommer und 1,8-5,0 °C im Winter möglich. Für die Unterweserregion ist für das Jahr 2100 von einer Abnahme der Niederschläge im Sommer, einer Zunahme der Niederschläge im Winter, einer Zunahme der Sonnenscheindauer, einer ganzjährigen Temperaturzunahme und einer Zunahme des Wasserdampfdruckes auszugehen. Die mittleren Windgeschwindigkeiten bleiben wahrscheinlich nahezu konstant, bei einer leichten Erhöhung im Winter. Für die Wasserbilanz scheint ein erhöhter Abfluss im Winter und ein im Sommer auftretendes Wasserdefizit wahrscheinlich (BORMANN et al. 2009).

Im Bereich der Zu- und Entwässerung sind vor allem der mittlere Niederschlag und der mittlere Meeresspiegel (Verschiebung der Brackwasserzone) wichtig. Für ein Versagen der Wassermanagementsysteme besitzen Extremereignisse eine größere Bedeutung als langjährige Mittelwerte (PETERSEN 1995).

Im norddeutschen Küstenraum wird nach dem NORDDEUTSCHEN KLIMABÜRO 2009 für den Zeitraum 2041-2070 eine Zunahme des Niederschlages von 0-10 %

erwartet. Jedoch zeigen sich unterschiedliche Ausprägungen innerhalb der Jahreszeiten. Während im Winter Zunahmen von 10-20 % wahrscheinlich sind, wird die Niederschlagsmenge im Sommer um 0-10 % abnehmen. Zusätzlich sollen sich auch die Sturmintensitäten um 1 % erhöhen.

Nach SCHUCHARDT & SCHIRMER 2007 könnte sich der Tidenhub bis 2050 um 30 cm erhöhen. Die maßgebliche Größe für Tidewasserstände sind die astronomische Tiden und der Windstau (TÖPPE 1993). Der Anstieg lässt sich zu 40 % auf die thermische Ausdehnung des Wassers und zu 60 % auf eine Zirkulationsveränderung im Atlantik und der Nordsee zurückführen. Mit dem beschleunigten Anstieg des MTHW in der Deutschen Bucht treten auch Extremwasserstände häufiger auf (MAI 2004). Es wird ein Anstieg des Windstaus um 20 cm erwartet. Dadurch können Sturmfluten bis Ende des 21. Jhs. bis zu 70 cm höher auflaufen als heute. Außerdem ist mit einer Zunahme der Dauer der Sturmfluten zu rechnen. Die Zeit in der ein hoher Windstau am Deich steht würde sich um 2-3 Stunden verlängern, und damit 10-11 Stunden dauern. Hierdurch wiederum erhöht sich zum einen die Chance des Zusammentreffens eines hohen Windstauereignisses mit dem Gezeitenmaximum, und somit einer tatsächlichen Sturmflut, als auch für die Belastungsdauer der Deiche (STORCH et al. 2009). Nach ULBRICH 2006 können extreme Windgeschwindigkeiten im nordwesteuropäischen Raum um 5 % zunehmen. Die Windgeschwindigkeiten sollen bis Ende des 21. Jh. um bis zu 10 % ansteigen (STORCH et al. 2006), und es ist mit Erhöhung der bodennahen Starkwinde bis zum Ende des Jahrhunderts um 7,5 % in den Wintermonaten zu rechnen. Dies entspricht einer Zunahme von 0,3-1,0 m/s (STORCH et al. 2009).

Die für die Entwässerung wichtigen Tideniedrigwasser Außenwasserstände können bis 2050 um 40 cm ansteigen. Nur anhand der Wassermengen entstehen keine Einschränkungen im Sielbetrieb, da die Leistungen der Schöpfwerke ausreichend sind, um die erhöhten Mengen zu pumpen. Allerdings sinkt die Leistungsfähigkeit der Siele (Sielzugzeit) durch die höheren Außenwasserstände. Um die derzeitigen Meliorationswasserstände bei veränderten klimatischen Bedingungen beizubehalten, ergeben sich deutlich erhöhte Wasserstände am Siel. Zum Erhalt des Status quo wird mit einer Verdopplung der Pumpmenge durch erhöhte Außenwasserstände gerechnet. In Sielgebieten ohne Mündungsschöpfwerk ist aufgrund der ansteigenden Grabenwasserstände mit Nutzungseinschränkungen und einer Ver-

kürzung der Sielzugzeiten zu rechnen. Dauerhafte Vernässungen und Ausuferungen sind jedoch unwahrscheinlich. Als Spitzenwert für den Anstieg des Grabenwassers wird eine Höhe von 30 cm erwartet. Mögliche Maßnahmen in diesen Gebieten stellen die Installation von Schöpfwerken, die Vergrößerung von Grabenquerschnitten und die Erhöhung der Grabennetzdichte dar (MANIAK et al. 2007).

Im Allgemeinen zeigen die Modellrechnungen für den Klimawandel der nächsten 100 Jahre mit fortschreitender Zeit eine Beschleunigung aller Veränderungen auf (TETZLAFF et al. 2006).

Zusätzlich zu den die klimatischen Änderungen werden die hydrologischen Verhältnisse in der Unterweser durch den geplanten Weserausbau beeinflusst.

Durch den geplanten Ausbau der Unterweser wird erwartet, dass sich die Brackwasserzone um ca. 1 km stromaufwärts verschiebt (GFL/BIOCONSULT/KÜFOG 2006). Auch wird mit einem Anstieg des MTHB um 9 cm, des MTHW um 3 cm und eine Verringerung des MTNW um 6 cm gerechnet. Für die Sielzugzeiten (siehe Tab. 15) würde dies sowohl am Blexer Siel als auch Beckumer Siel eine Verlängerung der Sielzugzeiten bedeuten. Es wird erwartet, dass die Veränderungen am Beckumer Siel und Blexer Siel für die Entwässerung höher ausfallen als am Strohauser Siel. Für die mittlere Höhendifferenz der Wasserstände wird für die Entwässerung am Blexer und Beckumer Siel eine Erhöhung um 4 cm und für das Strohauser Siel von 3 cm erwartet. Für die Zuwässerung wurde eine erhöhte mittlere Wasserstandsdifferenz von +2 bis +3 cm am Beckumer Siel und 2 cm am Strohauser Siel errechnet (LANGE 2005).

Tabelle 15: Veränderung der Zu- und Entwässerungszeiten durch den Weserausbau; Angaben in % der jetzigen Sielzugzeiten (Quelle: LANGE 2005)

	Entwässerung			Zuwässerung		
Siel	Mittlere Tide	Nipptide	Springtide	Mittlere Tide	Nipptide	Springtide
Blexer Siel	+1/+10	+1/+9	+1/+8	-	-	-
Beckumer Siel	+1/+10	+1/+9	+1/+8	0/-1	-1/-3	0/-1
Strohauser Siel	0/+1	-1/+2	0	-1/+1	-1/+2	0/+1

9. Potentielle Anpassungsstrategien des Wassermanagementsystems

Zuerst wird auf die Notwendigkeit einer Anpassung des Wassermanagements und auf generelle Aspekte bezüglich der Organisationsstruktur eingegangen. Im Anschluss daran werden in den einzelnen Unterkapiteln die verschiedenen Anpassungsstrategien erläutert und auf ihre Auswirkungen für die Zu- und Entwässerung bewertet.

Die Zu- und Entwässerung stellt für die Wesermarsch eine unabdingbare Voraussetzung für die Besiedelung sowie die Landwirtschaftliche Nutzung des Gebietes dar. Im Bereich der Zuwässerung bestehen für beide Verbandsgebiete teilweise schon heute Probleme, da die Salzgehalte den empfohlenen Richtwert von 2,5 g/l deutlich überschreiten (vgl. Kap 7). Durch einen weiter ansteigenden Meeresspiegel, fortschreitende Mineralisierung und Setzung der Böden sowie weitere Weser-ausbauten wird sich diese Problematik verschärfen, da die Brackwasserzone sich weiter in Richtung stromaufwärts verschiebt (BORMANN et al. 2009). Zusätzlich treten bei höheren Tidewasserständen auch höhere maximale Salzkonzentrationen auf (vgl. Kap. 7.2.4). Eine gleichzeitige Erhöhung der Temperatur und eine Verringerung der Niederschläge im Sommer verschärft die Situation zusätzlich, da sich dadurch das Wasserdargebot verringert und das Wasserdefizit ansteigt.

Durch den steigenden Meeresspiegelanstieg wird sich auch die Versalzung des Grundwassers durch Salzwasserintrusionen tendenziell weiter erhöhen. Zusätzlich kann es durch Veränderungen in der Saisonalität der Wasserbilanz zu Situationen mit sommerlicher Grundwasserzehrung (BORMANN et al. 2009) und zu weiteren Salzeintragungen in das Oberflächenwasser durch ansteigendes salzhaltiges Grundwasser kommen.

Auch wurde in der Vergangenheit, wegen der stark schwankenden Wasserqualität, schon vorgeschlagen für den Einsatz des Oberflächenwassers als Tränkewasser eine regelmäßige Untersuchung vorzuschreiben bzw. die Verwendung als Tränkewasser in Deutschland zu untersagen (GFL/BIOCONSULT/KÜFOG 2006).

Im Bereich der Entwässerung werden sich die Zunahme der Winterniederschläge und das häufigere Auftreten von Starkniederschlägen in einer Erhöhung der Abflussbildung widerspiegeln. Eine erhöhte Abflussmenge führt zu einem erhöhten Bedarf an Sielzugzeiten oder verlängerten Schöpfzeiten. Die Leistungsfähigkeit eines Sieles mit vorgegebenem Querschnitt hängt „von der Dauer der Sielzugzeit und von der Wasserstandsdifferenz zwischen Außen- und Innenpegel ab. Im Falle einer verkürzten Sielzugzeit kann die sich die Funktion eines Sielbauwerks verschlechtern (GFL/BIOCONSULT/KÜFOG 2006).“ Eine Erhöhung der Wasserspiegeldifferenz führt zu einer verbesserten Sielentwässerung und im Gegensatz dazu eine Verringerung zu einer Verschlechterung.

Durch den Meeresspiegelanstieg und den damit verbundenen höheren Außenwasserständen wird es folglich zu einer Verringerung der Sielzugzeiten kommen, da die Entwässerung über die Deichsiele erfolgt und somit unmittelbar abhängig von den Weserwasserständen ist. Um die festgelegten Grabenwasserstände zu erreichen wäre ein häufigeres und längeres Pumpen notwendig. Falls eine Erhöhung der Grabenwasserstände nicht gewollt oder möglich ist, muss „mit einer möglichen Flächenvernässung bzw. einer Verschlechterung der Drainagefunktion gerechnet werden (GFL/BIOCONSULT/KÜFOG 2006).“ Die Energiekosten betragen heute jedoch bereits einen erheblichen Teil der Ausgaben der Wasserverbände (vgl. Kap. 6), so dass höhere Pumpkosten das Budget der Verbände weiter belastet.

Durch das zukünftig vermehrte Auftreten von möglichen Zeitspannen mit Niedrigwasser und Trockenheit wird ein nachhaltiges Landnutzungsmanagement erforderlich, dass die „Verweildauer des Wassers in der Landschaft sichert“ (ZEBISCH in KÖCK 2006).

Eine Schwäche im Entwässerungssystem stellt hierbei dar, dass die Zu- und Entwässerung im Verbandsgebiet der Stadlander Sielacht nur über das Strohauser Siel möglich ist (vgl. Kap. 6.3). Das überzählige Wasser muss dadurch aus den westlichen Teilen des Verbandsgebietes weite Wege bis zum Siel zurücklegen und mehrheitlich gegen das Gefälle gepumpt werden.

Aus oben genannten Gründen ist ersichtlich, dass der Klimawandel die Probleme des Wassermanagementsystems in der Wesermarsch wahrscheinlich verstärken

wird und somit die Notwendigkeit besteht Anpassungsstrategien an diesen zu entwickeln.

Eine generelle Maßnahme für die Verbesserung der Zu- und Entwässerungsbedingungen stellt die Zusammenlegung der Wasserverbände dar. Hiermit kann das Wassermanagement für ein größeres Gebiet bewerkstelligt werden. Die bisherige Einteilung der Verbandsgebiete orientiert sich an den Wasserscheiden (QUADFASEL 1995). Auch wurden die Sielachten im Verlauf der letzten Jahrhunderte bereits mehrmals zusammengefasst und vergrößert (vgl. Kap. 6). Durch eine weitere Zusammenlegung von Verbänden könnten Kompetenzen gebündelt werden. Jedoch wird einer Zusammenlegung von Seiten der Verbandsvertreter im Unterweserraum teilweise wenig Chancen eingeräumt, da manche Vertreter Fusionen kategorisch ablehnen, bzw. sich die benachteiligten Gruppen nicht beteiligen würden (HESSE 2001). Viele kleinere Arbeiten werden in den Verbänden ehrenamtlich geleistet, und es fällt den Verbänden teilweise schwer, neue Helfer für z.B. die Bedienung der Verlate zu finden. Dies hängt auch mit dem starken Rückgang der in der Landwirtschaft tätigen Personen zusammen.

Um neue Helfer zu finden, sollten die Verbände ihre Aufgabenstellungen und ihre Tätigkeitsbereiche auch anderen Interessengruppen sowie Privatpersonen deutlich machen. Von einer funktionierenden Entwässerung profitieren alle. Bisher werden die Mitgliedsbeiträge nach Grundbesitz und Versiegelungsgrad bestimmt. Hier hat z.B. der Deichverband Osterstader Marsch ein neues System eingeführt (siehe Anhang A XX), dass in der Beitragssatzung „überwiegend vom Flächen- auf den Wertbezug (Einheitswert sowie teilweise Grundsteuermessbetrag) umgestellt wurde (vgl. HESSE 2001).“

9.1 Absperrung der Schweiburg

Eine mögliche Maßnahme stellt die Schließung der Schweiburg an ihrem nördlichen Ende dar (siehe Abb. 28). Diese Maßnahme würde allerdings nur Veränderungen für die Stadlander Sielacht mit sich bringen. Durch die Absperrung könnte erreicht werden, dass das Wasser nur von Süden in die Schweiburg einfließen kann und hierdurch eine Verschiebung des Einlassortes um ca. 5 km in südliche Richtung erfolgen würde. Demzufolge könnte eine Verringerung der Salinität am Einlassbauwerk in Strohausen erreicht werden. Allerdings zeigen die Salzgehaltswerte am naheliegenden Pegel Rechtenfleth, dass auch an dieser Stelle schon teilweise dauerhaft erhöhte Salzgehalte gemessen werden (vgl. Kap. 7). Jedoch sind nach WSA BREMERHAVEN 2006 in GfL/BIOCONSULT/KÜFOG 2006 bereits am Sielbauwerk ca. 2 ‰ geringere Salzgehalte gemessen worden als in der Unterweser. Diese Untersuchung fand am etwas weiter nördlich gelegenen Beckumer Siel statt. Auch konnte eine Reduzierung der Salzgehalte in der Schweiburg festgestellt werden.

Ein weiteres Problem besteht darin, dass es im Falle einer Schließung der Schweiburg durch eine verminderte Strömung zur Verschlickung in der Schweiburg kommen kann. Dies wird verstärkt durch die große Länge (~5,5 km) der Schweiburg im Verhältnis zu ihrer Breite (~100-200 m). Das jetzige Einlassbauwerk Strohausen liegt im nördlichen Bereich der Schweiburg, so dass dieses frühzeitig von möglichen Verlandungs- bzw. Verschlickungstendenzen betroffen ist. Ob die Möglichkeit einer zeitweiligen Öffnung der Schweiburg ausreichen würde, um diese z.B. im Winterhalbjahr oder bei nicht erfolgreicher Zuwässerung freizuspülen, muss gesondert geprüft werden.

Für die Zuwässerung würde diese Maßnahme, durch das salzhaltige Weserwasser ca. 5 km weiter südlich eindringt, eine Reduzierung der Salzgehalte mit sich bringen. Jedoch ist diese Lösung nicht nachhaltig, da durch den steigenden Meeresspiegelanstieg und weitere Weserausbauten sich die Salzkonzentrationen weiter erhöhen werden. Der Lösungsansatz würde die Salzproblematik somit nur etwas verzögern. Für die Entwässerungssituation im Bereich der Stadlander Sielacht würde sich keine Verbesserung ergeben.



Die Salzgehalte in der Weser zeigen hier, am in der Nähe gelegenen Pegel Rechtenfleth, auch heute schon teilweise dauerhaft erhöhte Salzkonzentrationen. Bei einer zu erwartenden Weservertiefung und einer damit verbundenen Verschiebung der Brackwasserzone um 1 km stromaufwärts (GfL/BIOCONSULT/KÜFOG 2006) sowie einem fortschreitenden Meeresspiegelanstieg würde diese Lösung nur eine kurze Zeit Bestand haben und ist somit nicht nachhaltig. Auf der anderen Seite ist sie mit geringem Aufwand und Kosten verbunden und kann als Überganslösung in Betracht gezogen werden. Ein weiterer Vorteil dieser Lösung wäre, dass die Zu- und Entwässerung im Verbandsgebiet voneinander getrennt wird. Die Entwässerung würde weiterhin über das Strohauser Siel erfolgen, während die Zuwässerung über das Abser Siel erfolgen könnte.

9.3 Bypass zum Schweiburger Siel

Ein Problem der Stadlander Sielacht stellt die Entwässerung der tiefliegenden Gebiete im Westen des Verbandsgebietes über das Strohauser Sieltief in die Weser dar. Stellenweise liegen die Flächen bis 2 m unter NN (vgl. Abb. 3). Dies führt dazu, dass oft und viel gepumpt werden muss, um das überschüssige Wasser in die Weser abzuleiten. Die Stromkosten betragen heute bereits etwa 50% der Verbandsausgaben (WULFF 2009). Hierfür könnte die Anbindung der westlichen Gebiete der Stadlander Sielacht an das Schweiburger Sieltief für Abhilfe sorgen. Das Schweiburger Sieltief verläuft in der Nähe Verbandsgrenze und mündet in den Jadebusen (siehe Abb. 30).

Eine Entwässerung über das Schweiburger Siel würde eine nachhaltige Verbesserung der Entwässerungssituation darstellen, da zum Jadebusen ein erheblich kürzerer Weg als zur Weser zurückzulegen ist, diese Maßnahme relativ kostengünstig durchgeführt werden kann und auf Starkregenereignisse, z.B. während einer Zuwässerungsperiode in den Sommermonaten, besser reagiert werden könnte, da eine Trennung der Zu- und Entwässerung möglich ist. Das überschüssige Wasser muss nicht mehr über das Strohauser Siel in die Weser abgeleitet werden. Jedoch ist zu beachten, dass das Schweiburger Siel über keine Möglichkeit des freien Sielzuges verfügt. Die Pumpkosten würden also für die Jade-Wapeler Sielacht, die das Schöpfwerk betreibt, ansteigen. Die anfallenden Kosten bzw. einen Betrag je m^3 Wasser, der entwässert wird, wäre von der Stadlander Sielacht an die Jade-

Wapeler Sielacht als Ausgleich zu bezahlen. Insgesamt würden sich die Kosten jedoch nicht erhöhen. Für die Zuwässerung würde sich bis auf die Trennung der Systeme keine Verbesserungen ergeben. Eine Zuwässerung über den Jadebusen kann nicht erfolgen, da der Jadebusen brackisches Wasser enthält



Abbildung 30: Lage des Schweiburger Sieltiefs zum Verbandsgebiet der Stadlander Sielacht (Quelle: Eigene Darstellung basierend auf der Kartengrundlage des **LG**)

9.4 Anlage von Poldern im Untersuchungsgebiet

Eine weitere Möglichkeit der Anpassung stellt die Anlage von Poldern in der Wesermarsch dar. Momentan wird das überschüssige Wasser zur Verminderung der Überschwemmungsgefahr möglichst rasch aus der Wesermarsch geleitet (BORMANN et al. 2009). Zu Problemen kommt es v.a. im Bereich der Stadlander Sielacht, wenn Starkregenereignisse auftreten. Hierfür würde sich die Anlage von Poldern zur Wasserspeicherung anbieten, mit deren Hilfe eine bessere Wassersteuerung möglich ist. Auch kann im Extremfall das Wasser gezielt zurückgehalten werden und es kommt zu einem verzögerten Ablauf über die Grabensysteme.

Zusätzlich dienen auch Moore als natürlicher Wasserpuffer, da diese durch Wasserspeicherung den Abfluss verzögern (KÜNNEMANN 1954, SCHÖBER 2009). Bei einer möglichen Renaturierung von Moorstandorten könnten somit durch die Wiederherstellung des Ökosystems Moor und der damit verbundenen Wiedervernässung Synergieeffekte für das Wassermanagement und das Klima entstehen. Jedoch ist zu beachten, dass die ursprüngliche Speicherkapazität nicht wieder erreicht wird (SCHÖBER 2009).

Auch besteht die Möglichkeit, aus Poldern heraus Wasser in den Sommermonaten in das Grabensystem einzulassen. Die Anlage von Poldern würde den Verlust von landwirtschaftlicher Nutzfläche mit sich bringen, so dass bei der Anlage eines Polders die aktuelle Nutzung, der Bodentyp, die topographische Lage und ein ausreichender Abstand zu Infrastruktur (z.B. Gebäude, Straßen) zu berücksichtigen wäre (siehe Anhang A XXI-XXII und Abb. 3).

Gegen die Anlage von Poldern im Untersuchungsgebiet wird häufig angeführt, dass stehendes Wasser aufgrund einer erhöhten Gefahr an Krankheitserregern - im Besonderen Malaria (Marschenfieber) - nicht erwünscht ist. In früheren Zeiten wurde das Marschenfieber auch als Butjadinger Seuche bezeichnet (HARCKEN-JUNIOR 2004). Eine Marschenfieber-Epidemie folgte oft im Anschluss an eine Sturmflutkatastrophe. Die Quelle der Epidemie sieht HARCKEN-JUNIOR 2004 in kleinen und großen Brackwasserflächen, die über einen längeren Zeitraum in abflusslosen Niederungsgebieten stehenblieben. Als Überträger der Krankheit sind Arten aus der Gattung *Anopheles* verantwortlich, die mit Plasmodien infiziert

sind. Für die Entwicklung des Marschenfiebers ist die Durchfeuchtung bzw. Trockenheit der Marsch sowie die Temperatur (16 °C Isotherme) von entscheidender Bedeutung. Zwar kommt die Malaria übertragende Anopheles-Art noch autochthon vor (SCHRÖDER et al. 2006), jedoch scheint durch verbesserte Hygiene und Lebensbedingungen der Bevölkerung diese Krankheit nicht mehr auszubrechen. Auch bestehen rechts der Weser bei ähnlichen topographischen Verhältnissen größere Wasserflächen, ohne dass im Landkreis Cuxhaven oder Osterholz höhere parasitäre Todesfälle auftreten (vgl. NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK 2010). Neben vorhandenen Sommer- und Sturmflutentlastungspoldern (vgl. MAI & LIEBERMANN 2001) wird die Anlage weiterer Polder an der Weser zur Sturmflutentlastung diskutiert (BUND FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DEUTSCHLAND 1996). HESSE 2001 schreibt, dass durch die Steigerung der Abflussrate des Niederschlagswassers die Wasser- und Bodenverbände „heutzutage regelmäßig die Anlage von Niederschlagswasser-Rückhaltebecken zur Verzögerung des Abflussprozesses“ fordern.

Die Anlage von Poldern im Untersuchungsgebiet stellt somit für die Entwässerungssituation eine nachhaltige Verbesserung dar, da hierdurch das Wasser nicht sofort abgeleitet werden muss, sondern direkt gespeichert werden kann. Zu beachten ist hierbei jedoch, dass mit der Anlage von Poldern sich die mögliche landwirtschaftliche Fläche reduziert und somit eng an Nutzung, Infrastruktur und Bedingungen vor Ort angepasst werden muss.

9.5 Verlängerung des Butjadinger Zu- und Entwässerungskanals bzw. Erhöhung des Deichs am oben genannten Kanal

Der über hundert Jahre alte Butjadinger Zu- und Entwässerungskanal mündet südlich des AKW Unterweser am Beckumer Siel in die Weser. Die momentane Deichhöhe am Kanal beträgt 5,90 m NN. Es wird über eine Erhöhung des Deiches um 30 cm als Kompensationsmaßnahme für die letzte Weservertiefung nachgedacht. Hierdurch könnte mehr Wasser im Kanal gespeichert werden, was eine bessere Steuerung der Zuwässerung gewährleisten würde. Probleme hierbei können Uferabbrüche durch die erhöhte Fließgeschwindigkeit darstellen. Diese Lö-

sung ist nur von kurzfristiger Dauer und ist als nicht nachhaltig anzusehen. Ähnliches gilt für den Bau einer dritten Einlassröhre am Einlassbauwerk. Hierdurch könnte zwar die Menge des einzuleitenden Wassers gesteigert werden und somit die Steuerung verbessert werden, jedoch ist durch die Höhe der gemessenen Salzgehalte (vgl. Kap.7) diese Lösung nicht von dauerhaftem Bestand.

Eine Lösung würde die Verlängerung des Kanals in Richtung Brake bedeuten, um salzarmes Wasser zur Zuwässerung zu gewinnen. Ob diese Lösung als nachhaltig anzusehen ist, hängt vom weiteren Verlauf des Meeresspiegelanstiegs und den Weserausbauten ab. Ein Problem hierbei stellt die zu überwindende Distanz von 10 km und die damit verbundenen Kosten dar. Der neue Kanal sollte mindestens bis zur Höhe des Golzwarder Sieles, besser noch bis zum Käseburger Siel reichen. Probleme können hierbei allerdings durch die Eigentumsverhältnisse entlang der potentiellen Kanaltrasse entstehen, wobei in weiten Teilen der Strecke kein neuer Kanal gegraben werden muss, sondern auf bestehende Gräben zurückgegriffen werden kann. Diese müssen allerdings in einigen Bereichen evtl. erweitert werden. Ein weiteres Manko stellt die lange Planungszeit bis zur Ausführung eines solchen Kanals dar. Zu beachten ist außerdem, dass sich, durch die Verlängerung des Kanals, die Wege in den nordwestlichen Teil Butjadingens (Fedderwarder, Eckwarder Bezirk) erheblich verlängern. Eine Zuwässerungsperiode, die heute etwa 25 Tage dauert um das ganze Verbandsgebiet Butjadingens mit Wasser zu versorgen, würde sich weiter verlängern.

9.6 Trinkwasserleitungen

Eine weitere Möglichkeit ist die Erweiterung des Wassernetzes des für die Region zuständigen Oldenburgisch-Ostfriesischen Trinkwasserverbandes (OOWV).

Die Nutzung der jetzigen Leitungen zur Versorgung des Weideviehs ist lt. OOWV v.a. deswegen problematisch, da die Landwirtschaft einen saisonal stark schwankenden Wasserbedarf hat. Es besteht die Möglichkeit einen zweiten Ring zu legen und somit durch getrennte Trink- und Tränkewasserleitungen salzarmes Wasser bereitzustellen. Zu beachten ist hierbei, dass die Leitungen ganzjährig in Benutzung sein müssen bzw. ansonsten zu spülen sind, um eine Keimbildung zu verhindern. Die Wasserentnahme könnte an Sammelstellen stattfinden, die in einem

ausreichenden Abstand voneinander installiert werden. An diesen Stellen können die Landwirte das Wasser entnehmen und ihre Tiere von dort aus versorgen.

Für die Zuwässerung würden Trinkwasserleitungen eine erhebliche Verbesserung darstellen, da unabhängig von Weserwasser salzarmes Wasser bereitgestellt werden kann. Jedoch müssen die Kosten, sowohl für die Installation und Instandhaltung der Leitungen als auch für die benötigte Wassermenge (siehe Kap. 6.3), beachtet werden. Zusätzlich stellt sich die Frage, ob für die Versorgung des Weideviehs Wasser in Trinkwasserqualität zur Verfügung stehen muss. Für die Entwässerungssituation würden sich keine Veränderungen ergeben.

9.7 Talsperren

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Errichtung einer neuen Talsperre am Oberlauf der Weser. Mit Hilfe einer Talsperre kann der Oberwasserabfluss gezielt gesteuert werden. Dieser hat einen hohen Einfluss auf die Salzkonzentrationen in der Unterweser (vgl. BARG 1979). Momentan existieren zwei Talsperren im Bereich der Oberweser: die Edertal- und die Diemeltalsperre. Diese werden bereits zur Niedrigwasseraufhöhung (notwendiger Mindestwasserstand 1,20 m) und zum Hochwasserschutz eingesetzt. Die in den Jahren 1908-1914 erbaute Edertalsperre verfügt hierbei über ein Stauseevolumen von 202 Mio. m³ (OPPERMANN & RICHTER 2004) bei einer Fläche von 11,5 km² (WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT HANN. MÜNDEN 2009).

Die Abgabe von Wasser, um das Niedrigwasser zu erhöhen, erreicht nach 16 Stunden Hann. Münden und ist zum Schutz der Unterlieger auf 110 m³/s begrenzt. Hierdurch soll ein Wasserstand von 6,30 m am Pegel Hann. Münden nicht überschritten werden (OPPERMANN & RICHTER 2004). Die Diemeltalsperre ist mit einem Volumen von 9,93 Mio. m³ und einer Fläche von 1,65 km² von geringerer Größe, erfüllt aber die gleichen Aufgaben wie die Edertalsperre (WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT HANN. MÜNDEN 2009).

Neben der langen Projekt- und Bauzeit wirken sich auch die enormen Kosten negativ auf den Bau einer Talsperre aus. Aus diesem Grund wurde beim Bau von Talsperren, z.B. der Biggetalsperre, Finanzierungsbeiträge eingefordert. Für die Biggetalsperre mit einem Volumen von 177 Mio. m³ betrugen die Baukosten ~250 Mio. €. Dieser Betrag wurde über 50 Jahre durch den sog. Biggepfennig refinan-

ziert (NORDRHEIN-WESTFALEN 2009). Festgelegt wurde der Biggepfennig im Biggetalgesetz vom 10.07.1956.

Auch ist die politische Durchsetzbarkeit in Zeiten sinkender bzw. stagnierender Bundesfinanzzmittel sehr schwierig.

Für die Zuwässerung würde eine Talsperre am Oberlauf folglich eine Verbesserung der Situation darstellen, da die Salzgehalte durch einen kontrollierten Oberflächenabfluss beeinflusst werden können (vgl. BARG 1979). Jedoch treten auch heute schon, obwohl zwei Talsperren existieren, hohe Salzkonzentrationen in der Weser auf. Somit ist es fraglich, ob die Erhöhung der Salzkonzentrationen, die durch den Klimawandel und weiterer Weserausbauten eintreten, durch eine neue Talsperre vollständig behoben werden können. Zusätzlich ist auch für die Mittelgebirge ein sommerlicher Niederschlagsrückgang wahrscheinlich (SCHÖNWIESE 2008). Auch sind die Kosten für eine Talsperre sehr hoch und die Planungszeit sehr lang. Diese Maßnahme ist folglich nicht nachhaltig und notwendig. Für die Entwässerungssituation würde sich keine Veränderung ergeben.

9.8 Jadebusen Sperrwerk

Eine mögliche Maßnahme besteht darin, den Jadebusen durch ein Sperrwerk abzusperren und als Polder zu nutzen. Hierfür wäre ein Sperrwerk von ca. 4-5 km Länge notwendig. Der Vorteil eines Sperrwerkes liegt in der Möglichkeit, den Zufluss des Wassers in den Jadebusen und damit die Höhe der Salzgehalte genau steuern zu können und in einer für die Zuwässerung nötigen Menge bereitzustellen. Der Jadebusen hat eine Gesamtgröße von ca. 20000 ha. Bei Hochwasser beträgt die überflutete Fläche im Jadebusen ungefähr 18300 ha, bei Ebbe ca. 5200 ha (KÜNNEMANN 1968).

Diesem Sperrwerk steht das bis heute gültige Reichskriegshafengesetz von 1883 gegenüber, dass in § 3 besagt, dass „in den im § 1 bestimmten Kriegshafengebieten Bauten, Anlagen und Unternehmungen, welche die Sand- oder Schlickablagung oder die Verlandung befördern, nicht ohne die Genehmigung des Marinestationschefs zulässig sind (vgl. DEUTSCHES REICHSGESETZBLATT 1883).“ Aus diesem Grund könnte die Marine, die Wilhelmshaven bis heute als „zweitgrößten Bundeswehrstandort, mit 9000 Soldaten und zivilen Mitarbeitern nutzt“ und damit

„der größte und bedeutendste Marinestandort“ ist, Bedenken gegenüber einem Sperrwerksbau äußern (STADT WILHELMSHAVEN 2010). Auch würde der Bau dieses Sperrwerks einen erheblichen Eingriff in den Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer bedeuten. Der Jadebusen ist vollständig als Ruhezone (Zone I) bzw. Zwischenzone (Zone II) ausgewiesen (NATIONALPARK NIEDERSÄCHSISCHES WATTENMEER 2010).

Ein weiteres Problem könnten die hohen Baukosten darstellen. Das im Jahr 2002 in Betrieb genommene Emssperrwerk kostete zum Vergleich 223 Mio. € bei einer Breite von 476 m. Die absolute Breite zwischen den beiden Hauptdeichen beträgt 1040 m (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ 2009). Um ein Sperrwerk im Jadebusen zu errichten wären folglich erhebliche Bundesmittel erforderlich. Durch den Sperrwerksbau ändern sich auch die Strömungsverhältnisse am Küstenabschnitt. Im Rahmen einer Bachelorarbeit wird derzeit versucht zu ermitteln, ob die Wassermenge für eine konstante Füllung des Jadebusens ausreichend ist. Dies stellt eine Grundvoraussetzung dar, da ansonsten für die Zuwässerung keine Verbesserung eintreten wird. Zusätzlich stellt sich die Frage, in wie weit dieses Projekt politisch durchzusetzen ist. Eine Verbesserung der Chancen könnte durch Interessenbündelungen z.B. Verkürzung der Deichlinie und einer damit verbundenen Aufnahme in den Generalplan Küstenschutz bringen. Abschließend lässt sich feststellen, dass ein Jadebusen-Sperrwerk, bei ausreichender Füllung, die Situation für die Zuwässerung nachhaltig verbessern würde. Jedoch stehen diesem die hohen Baukosten, die lange Planungszeit und rechtliche Vorschriften entgegen.

9.9 Entsalzungsanlagen

Auch die Einrichtung einer zentralen bzw. dezentraler Entsalzungsanlagen stellt eine mögliche Anpassungsstrategie dar.

Brackwasser wird hierbei meistens mit Hilfe des Umkehrosmoseverfahrens entsalzt. Den limitierenden Faktor stellt hierbei hauptsächlich die „chemische Zusammensetzung, welche sich auf die Ablagerungen und das Scaling auswirkt, was durch Kalziumkarbonat und Sulfate verursacht wird“ dar (LENNTECH 2009a).

Das DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT schreibt 2007, dass mit solarthermischen Entsalzungsanlagen bis zu 100000 m³ am Tag realisiert werden können und die Stromkosten unter 4 ct/kWh und die Wasserkosten bei 0,4 €/kWh liegen können. Betreffend der Stromversorgung für die Entsalzungsanlagen kann das Problem bei einer dezentralen Einrichtung der Entsalzungsanlagen über Photovoltaik gelöst werden (SCHOLZ & DARIES 2000).

So schreiben SCHOLZ & DARIES 2000, dass die „Förderung aus vorhandenen Gewässern oder Brunnen auf netzfernen Weiden derzeit einer der wenigen wirtschaftlichen Einsatzbereiche der Photovoltaik“ ist und für nicht laktierende Rinder eine Leistung von 1-2 Watt Leistung pro Rind und Förderhöhenmeter ausreicht.

Ein Nachteil der Entsalzungsanlage ist, dass die abgeleitete Salzlake entsorgt werden muss. Der Salzgehalt in der Salzlake schwankt zwischen 50 und 75 g/l und kann bei einer direkten Einleitung z.B. in die Weser negative Auswirkungen auf das Ökosystem haben (LENNTECH 2009b).

Der Bedarf eines Tieres an Tränkewasser schwankt je nach Art und Alter erheblich. Selbst innerhalb einer Art, z.B. Milchkühe, kann der Bedarf zwischen 40 und 150 l/d liegen (siehe Tab. 16). Im Jahr 1996 betrug die Anzahl an Rindvieh in der Wesermarsch 24334, hiervon waren allein 8674 Milchkühe (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK 2010).

Tabelle 16: Mittlerer Tränkewasserbedarf verschiedener Nutztierarten (Quelle: SCHOLZ & DARIES 2000)

Tierart		Tränkewasserbedarf [l/d]
Milchkühe*	30 kg/d	90 bis 100
	15 kg/d	70 bis 80
	0 kg/d	40 bis 50
Jungrinder	500 kg	35 bis 40
	150 kg	20 bis 25
Pferde	600 kg	40 bis 60
	300 kg	20 bis 40
Schafe	laktierend	4 bis 6
	50 kg	2 bis 4
	25 kg	1 bis 2
* Hochleistungstiere bis zu 150 l/d		

Die Dauer der Wasseraufnahme beträgt 15 min und die Verteilung über den Tagesverlauf zeigt, dass die Versorgung sowohl am Tag als auch nachts sichergestellt sein muss (MAHLKOW-NERGE 2004 in GFL/BIOCONSULT/KÜFOG 2006).

Diese Anpassungsstrategie würde für die Entwässerung keine Verbesserung bewirken. Für die Zuwässerung jedoch könnte hierdurch salzarmes Wasser gewonnen werden. Jedoch ist zu beachten, dass mit fortschreitendem Meeresspiegel und damit steigender Salzkonzentration sich auch die Effizienz der Anlagen erhöhen muss. Zusätzlich entsteht ein neues Problem durch die notwendige Entsorgung der Salzlake. Die Lösung ist nicht als nachhaltig anzusehen.

9.10 Landnutzungsänderungen

Auch könnte die Anpassung an die veränderten Bedingungen mit Hilfe von Landnutzungsänderungen erfolgen.

Momentan ist die Wesermarsch sehr stark durch Grünland geprägt (vgl. Kap. 2), jedoch sinkt die Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe und die Milchbauern leiden unter einem geringen Milchpreis. Dies führte im vergangenen Jahr zu europaweiten Protesten (vgl. TAGESSCHAU 2009). Die Herdengrößen steigen jedoch an und erreichen mittlerweile eine durchschnittliche Größe von 55 Tieren (WELT ONLINE 2010). In Schleswig-Holstein planen rund zwei Drittel der befragten Landwirte zukünftige Erweiterungen der Milchproduktion. In den nächsten fünf Jahren wird mit einer durchschnittlichen Erhöhung des Kuhbestandes um etwa 20 Kühe je Betrieb gerechnet (THIELE 2009 in WILKE 2009). Auch würde durch eine vermehrte Stallhaltung das Grabensystem als Tränkewasser an Bedeutung verlieren.

Die Folge einer verringerten Grünlandnutzung könnte auf der einen Seite eine vermehrte ackerbauliche Nutzung zur Folge haben, der in früheren Jahrhunderten auch in der Wesermarsch schon wesentlich höher lag (vgl. Kap 2). Für Schleswig-Holstein wiederum schreibt THIELE 2009 in WILKE 2009, dass die Milcherzeuger ihre Zukunftschance durch Aufstockung der Bestände, Kostensenkung und vermehrte Aktivitäten im Bereich Bioenergie verbessern wollen. Dies würde auch zu einem Umbruch einer erheblichen Fläche in eine ackerbauliche Nutzung mit sich

bringen. Der Grünlandumbruch wurde in den Luxemburgern Beschlüssen im Jahr 2003 durch die EU reguliert. Die Grünlandfläche darf hierbei für Niedersachsen nicht um mehr als 5% zum Bezugsjahr 2003 fallen. In Niedersachsen wurde dies im Jahr 2009 erreicht und somit bedarf der Grünlandumbruch einer vorherigen Genehmigung (NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, VERBRAUCHERSCHUTZ UND LANDESENTWICKLUNG 2010).

Ein weiteres Problem der Milchviehhalter stellt die Hofnachfolge dar. Hier spricht wiederum THIELE 2009 in WILKE 2009 davon, dass in Schleswig-Holstein ca. 1/3 der Betriebe in den nächsten Jahren die Milcherzeugung einstellen werden.

Auf der anderen Seite könnte eine Verminderung der Grünlandfläche auch zu Nutzungen außerhalb der Landwirtschaft z.B. für den Tourismus oder ökologisch (Vernässung) dienen. Die offene von Grünland geprägte Landschaft ist andererseits auch ein charakteristisches Merkmal der Wesermarsch und wird aus diesem Grund touristisch als Siellandschaft Wesermarsch bezeichnet, siehe z.B. Regionales Entwicklungskonzept Siellandschaft Wesermarsch (WIRTSCHAFTSFÖRDERUNG WESERMARSCH 2007).

Durch Landnutzungsänderungen kann für die Entwässerung die Menge des abzuleitenden Wassers reduziert werden. Auch im Bereich der Zuwässerung würde die Höhe der Salzkonzentration eine geringere Rolle spielen wenn z.B. ein Gebiet nicht mehr zugewässert werden muss bzw. sich die benötigte Wassermenge verringert. Allerdings wird die Problematik im gesamten Gebiet nicht allein mit Landnutzungsänderungen beseitigt werden können, jedoch sollten sie als flankierende Maßnahmen genutzt werden.

10. Fazit und Ausblick

Die teilweise schon bestehenden Probleme, die bei der Zu- und Entwässerung auftreten, werden sich durch den Klimawandel weiter verstärken. Die Analyse der Salzgehalte in der Unterweser zeigen, dass die Salzkonzentrationen sogar am Pegel Rechtenfleth streckenweise konstant über 2,5 g/l liegen. Auch haben die Untersuchungen des Pegels Brake ergeben, dass in den 80er Jahren an diesem Pegel schon ähnlich hohe Salzkonzentrationen in der Weser auftraten. Es ließ sich kein signifikanter Trend für alle Unterweser-Pegel feststellen. Jedoch konnte ein Trend ansteigender Höchstwerte der Salzgehalte in den Monaten Juni/Juli an den Pegeln Strohauser Plate Ost und Nordenham festgestellt werden. Für den Pegel Brake ergab sich ein leicht fallender Trend der mittleren Salzkonzentrationen. Im Bereich der Oberflächenwasser konnten keine Korrelationen der Salzgehalte zu den Werten in der Unterweser gefunden werden. Bedingt durch die geringe Datengrundlage an den Oberflächenwassermessstellen muss dies aber noch überprüft und bestätigt werden. Zu diesem Zweck sollten auch konstante langjährige Salzmessungen an den Oberflächengewässern durchgeführt werden. Dies ist auch im Bezug auf mögliche Veränderungen durch eine weitere Weservertiefung von großer Bedeutung.

Weiterhin ist es ratsam, Untersuchungen zur Salzverträglichkeit von Weidetieren durchzuführen um einen sicheren Grenzwert zu erhalten. Dies wird deutlich, wenn man sich die verschiedenen voneinander abweichenden Empfehlungen z.B. 1 g/l FRÜCHTENICHT 2000, 2,5 g/l WULFF 2009, DUNKHASE 2009 oder sogar 5 g/l KRAFT et al. 1999 vor Augen führt. Zur Untersuchung der Salzverträglichkeit des Weideviehs sollen wahrscheinlich Untersuchungen von Prof. Dr. Kamphues an der Tierärztlichen Hochschule in Hannover durchgeführt werden (PAPE 2009).

Eine Änderung des Richtwertes von 2,5 g/l würde die Beurteilung des Ausmaßes der Salzkonzentrationen in der Unterweser möglicherweise in einem anderen Licht erscheinen lassen.

Ferner wurden mögliche Anpassungsstrategien des Wassermanagementsystems an den Klimawandel und die sich verändernden Rahmenbedingungen aufgezeigt. Die Entwässerungsproblematik der Stadlander Sielacht könnte durch eine verbandsübergreifende Zusammenarbeit mit der Jade-Wapeler Sielacht verbunden mit

einer Anbindung des westlichen Verbandsgebietes an das Schweiburger Siel wesentlich und nachhaltig verbessert werden. Zusätzlich kann durch die Anlage von Poldern in den Verbandsgebieten der Abfluss verzögert und die zu pumpende Wassermenge reduziert werden. Dies ist von Bedeutung, da sich die Sielzugzeiten durch die steigenden Außenwasserständen verkürzen werden.

Im Bereich der Zuwässerung sind die Bedingungen für die Stadlander Sielacht und den Entwässerungsverband Butjadingen ähnlich. Beide Wasserverbände sind momentan auf salzarmes Grabenwasser zur Tränke der Weidetiere angewiesen. Möglicherweise entschärft sich die Problematik der Grabenwasserqualität durch eine vermehrte Stallhaltung in der Landwirtschaft. Jedoch würde dies nicht zu einer Verbesserung der ökologischen Situation in den Gräben führen.

Für die Stadlander Sielacht könnte eine kurzfristige Lösung die Reaktivierung des Abser Siels darstellen. Eine Entschärfung der Zuwässerungsproblematik für beide Verbände kann über die Anlage von Poldern, Landnutzungsänderungen, die Verlegung von Wasserleitungen oder größere Bauwerke z.B. Sperrwerk erfolgen. Die Großprojekte sind jedoch wegen ihrer langen Planungszeit, ihrer hohen Kosten und Aufwand nicht zu priorisieren. Vor einer Investition v.a. in ein evtl. Großprojekt oder andere teure Maßnahmen sollte die Salzkonzentration im Verbandsgebiet dauerhaft gemessen und analysiert werden, um eine gezielte Strategie auswählen und durchführen zu können. Dies ist, wie bereits angesprochen, auch im Hinblick auf den Klimawandel und den damit verbundenen Veränderungen erforderlich.

Für das Wassermanagement in der Wesermarsch kann es somit in den folgenden Jahren und Jahrzehnten zu gravierenden Änderungen kommen, die eine Anpassung erfordern, um ein nachhaltiges Zu- und Entwässerungssystem in der Wesermarsch im Jahr 2050 zu verwirklichen.

.

11. Zusammenfassung

In dieser Arbeit werden die Zu- und Entwässerungssysteme der Wasserverbände Stadland und Butjadingen untersucht. Hierbei stellt die Auswertung von Salzgehaltsdaten der Weser einen Hauptbestandteil der Analyse dar. Ziel der Arbeit ist es Anpassungsstrategien des Wassermanagements an den Klimawandel für ein nachhaltiges Zu- und Entwässerungssystem im Jahr 2050 zu erarbeiten

Die Salzgehalte der Weser besitzen eine große Bedeutung, da in Trockenperioden das Weserwasser in die Verbandsgebiete eingelassen und als Tränkewasser für das Weidevieh genutzt wird. In der Analyse soll festgestellt werden, ob Trends für die Mittel- und Extremwerte der Salzgehalte erkennbar sind. Die Ergebnisse zeigen, dass die Salzkonzentrationen auch heutzutage schon die empfohlenen Werte teilweise deutlich überschreiten. Auch die Entwässerung ist in Teilen des Untersuchungsgebietes durch die unglückliche topographische Situation problematisch. Durch den Klimawandel und die damit einhergehenden Veränderungen, wie Anstieg des Meeresspiegels, weniger Niederschlag im Sommer, mehr Niederschlag im Winter, und durch weitere Weserausbauten wird sich die Problematik weiter verstärken. Aus diesem Grund werden Anpassungsstrategien entwickelt und diskutiert, um das Wassermanagement an die veränderten Rahmenbedingungen anzupassen.

Abstract

In this thesis the water management systems of the water federations Stadlander Sielacht and Entwässerungsverband Butjadingen are being examined. The evaluation of salt content data of the river Weser represents the main part in this analysis. The aim of this thesis is to compile adaption strategies of the water management to the climate change, for a sustainable use in the year 2050.

The salinities of the Weser possess a great importance, since in dry periods the water of the Weser is let in into federation areas and is used as a watering place for grazing cattle. In this analysis it is to be determined whether trends for the average and extreme values of the salinity are recognizable.

The results show that the salt concentrations are exceeding even nowadays partly clearly the recommended values. Also the drainage is problematic in parts of the investigation area due to the topographic situation. By the climate change and its associated alterations like rising sea level, more precipitation during the winter, less in the summer and by further removals of the Weser the Problems will be strengthened. For this reason adaptation strategies are developed and discussed, in order to adapt the water management to the changed basic conditions.

12. Literaturverzeichnis

12.1 Quellen

ADLER G. H. 2000: Hydrologischer Atlas von Deutschland, Freiburg, 120 Bl.

AGSTA 1982: Inventarium alter Sielanlagen: Ostfriesland, westlicher Jadebusen und Wesermarsch, Band A, Arbeitsgemeinschaft für Stadt und Altbauerneuerung AGSTA, Hannover, 356 S.

ARBEITSGEMEINSCHAFT DER LÄNDER ZUR REINHALTUNG DER WESER 1999: Unterweserbericht, Wassergütestelle Weser, CD-ROM Ausgabe, Hildesheim

BARG G. 1979: Untersuchungen über Salzgehaltsverteilungen in Brackwassergebieten von Tideflüssen am Beispiel der Unterweser, Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau im Küsteningenieurwesen der Universität Hannover, Hannover, Bd. 49, Dissertation, 111 S.

BECKER P., DEUTSCHLÄNDER T., KOßMANN M. & J. NAMYSLO 2008: Klimaszenarien und Klimafolgen In: BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG (Hrsg.): Informationen zur Raumentwicklung, H. 6/7, S. 341-351

BEHRE K.-E. 2001: Holozäne Küstenentwicklung, Meeresspiegelbewegungen und Siedlungsgeschehen an der südlichen Nordsee In: SCHELLMANN G. (Hrsg.): Von der Nordseeküste bis Neuseeland, Beiträge zur 19. Jahrestagung des Arbeitskreises „Geographie der Meere und Küsten“ vom 24.-27. Mai 2001 in Bamberg, Bamberger Geographische Schriften, Bamberg, Bd. 20, S. 1-28

BEHRENS H. 1994: Klimaatlas Weser-Ems: Auswertung von Datenmaterial des Deutschen Wetterdienstes seit 1881, Biologische Schutzgemeinschaft Hunte Weser-Ems, Wardenburg, H. 15, 124 S.

BEHRENS, H. 2008: Wasser – Wasserwirtschaft – Wasser- und Bodenverbände, 2. geänderte Auflage, Oldenburg, 192 S.

BERNHARDT R. 1969: Der Landkreis Wesermarsch: Geschichte, Landschaft, Wirtschaft, Oldenburg, 319 S.

BEZIRKSREGIERUNG WESER-EMS 2005: Bestandsaufnahme zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie, Oberflächengewässer – Bearbeitungsgebiet Unterweser, EG-WRRL Bericht, 55 S.

BLOK D. P. 1984: Wie alt sind die ältesten niederländischen Deiche? Die Aussagen der frühesten schriftlichen Quellen In: BEHRE K.-E. (Hrsg.): Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet, Hildesheim, Bd. 15, S. 1-8

BÖHM H. 2007: Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – zwei untrennbare Handlungserfordernisse In: BÖHM H. (Hrsg.): Klimawandel - Anpassungsstrategien in Deutschland und Europa, Tagungsband zum 80. Darmstädter Seminar –Umwelt- und Raumplanung– am 29. März 2007 in Darmstadt, Darmstadt, WAR 183, S. 1-4

BORMANN H., AHLHORN F., GIANI L. & T. KLENKE 2009: Climate Proof Areas: Konzeption von an den Klimawandel angepassten Wassermanagementstrategien im norddeutschen Küstenraum In: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.): Korrespondenz Wasserwirtschaft, H. 2009 (2), Nr. 7, S. 363-369

BRANDT K. 1984: Der Fund eines mittelalterlichen Siels bei Stollhammer Ahndeich, Gem. Butjadingen, Kr. Wesermarsch, und seine Bedeutung für die Landschaftsentwicklung zwischen Jadebusen und Weser In: BEHRE K.-E. (Hrsg.): Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet, Hildesheim, Bd. 15, S. 51-64

BUND FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DEUTSCHLAND 1996: Das Weserästuar im Spannungsfeld zwischen Natur- und Küstenschutz: Ein integriertes Entwick-

lungskonzept für die Weser und ihrer Marsch in Zeiten des Klimawandels der BUND-Arbeitsgruppe „Unterweser“, Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz, Bd. 2, 96 S.

BUTJADINGER SIELACHT 1914: Regulativ der Butjadinger Sielacht, Brake, 490 S.

BÜRKI R. 2000: Klimaänderung und Anpassungsprozesse im Wintertourismus, Ostschweizerische Geographische Gesellschaft, St. Gallen, Neue Folge Heft 6, 206 S.

CORNELIUS L. 2003a: Vorwort des II. Oldenburgischen Deichbandes In: TENGE O.: Der Butjadinger Deichband, Geschichte und Beschreibung der Deiche, Uferwerke und Siele im zweiten Oldenburgischen Deichbande und im Königlich Preußischen östlichen Jadegebiet, Reprint der Originalausgabe von 1912, Brake

DASCHKEIT A. & H. STERR 2003: Klimawandel in Küstenzonen, In: MÖLLER D. (Hrsg.): Beitragsserie Klimaänderung und Klimaschutz, Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung, Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie, Landsberg, Bd. 15, S. 199-207

DER NIEDERSÄCHSISCHE UMWELTMINISTER (Hrsg.) 1987: Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Jade-Unterweser, Entwurf, Hannover, 159 S.

DEUTSCHES REICHSGESETZBLATT 1883: Band 1883, Nr. 10, S. 105-108

DOW K. & T. DOWNING 2007: Weltatlas des Klimawandels: Karten und Fakten zur globalen Erwärmung, Hamburg, 112 S.

DUNKHASE J. 2009: mündliche Mitteilungen zwischen Juli und November 2009

ENGEL H. 1995: Die Hydrologie der Weser In: GERKEN B. & M. SCHIRMER (Hrsg.): Die Weser: Zur Situation von Strom und Landschaft und den Perspektiven ihrer Entwicklung, Stuttgart, Jena & New York, Bd. 6, S. 3-14

FLICK U. 2009: Qualitative Sozialforschung: Eine Einführung, 2. Auflage, Reinbek bei Hamburg, 617 S.

FRIEDRICHS G. 1913: Das Gebiet der Deichordnung In: SCHWECKE W., VON BUSCH W. & H. SCHÜTTE (Hrsg.): Heimatkunde des Herzogtums Oldenburg, Bremen, Bd. II, S. 298-334

FRÜCHTENICHT K. 2000: Geogene und anthropogene Kontaminanten im Tränke-
wasser, In: HARTUNG J. (Hrsg.): Deutsche tierärztliche Wochenschrift, Bd. 107,
S. 329-331

GARDEN T. 2002: Arbeitskreis „Naturschutz und Landwirtschaft“ in der Weser-
marsch In: VONDERACH G. (Hrsg.): Naturschutz und Landbewirtschaftung: Na-
turschutzprogramme und Vertragsnaturschutz in norddeutschen Feuchtgrünland-
Projektgebieten, Sozialforschung, Arbeit und Sozialpolitik, Bd. 8, Münster, S. 11-
25

GRABEMANN I. 1992: Die Trübungszone im Weserästuar: Messungen und Inter-
pretation, GKSS – Forschungszentrum ,Geesthacht,, Dissertation, 136 S.

HABEDANK K. (1970): Vordringendes Meer gegen wachsendes Land: Entstehung
und Besiedlung des norddeutschen Küstenraumes am Beispiel Butjadingens und
des Stadlandes, Rodenkirchen, 72 S.

HAGEMANN S. & D. JACOB 2009: Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf
Deutschland, In: FANSA M. & C. RITZAU: Klimawandel – Globale Herausforde-
rung des 21. Jahrhunderts, Schriftenreihe des Landesmuseum Natur und Mensch,
Darmstadt, S. 33-44

HALLEWAS D. P. 1984: Mittelalterliche Seedeiche im holländischen Küstengebiet.
In: BEHRE K.-E. (Hrsg.): Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseege-
biet, Hildesheim, Bd. 15, S. 9-27

HANNEMANN M. 1954: Die Landkreise in Niedersachsen: Der Landkreis Wesermarsch (Verwaltungsbezirk Oldenburg), Kreisbeschreibung und Raumordnungsplan, Bremen, Reihe D, Bd. 10, 253 S.

HARCKEN-JUNIOR W. 2004: Marschenfieber: Ein medizinisch-historischer Beitrag zur Kulturgeschichte der Marschen an der südlichen Nordseeküste, Oldenburg, 112 S.

HARTJE V., MEYER I. & J. MEYERHOFF 2001: Kosten einer möglichen Klimaänderung auf Sylt In: DASCHKEIT A. & P. SCHOTTES (Hrsg.): Klimafolgen für Mensch und Küste am Beispiel der Nordseeinsel Sylt, Berlin & Heidelberg, S. 181-217

HARTUNG W. 1969: Die nacheiszeitliche Entwicklung der Wesermarsch, ihr geologischer Aufbau In: BERNHARDT R. (Hrsg.): Der Landkreis Wesermarsch, Geschichte, Landschaft, Wirtschaft, Oldenburg, S. 10-17

HENSEN W. 1955: Das Eindringen von Salzwasser in die Gezeitenflüsse und ihre Nebenflüsse, in Seekanäle und Häfen In: BOLLE A. (Hrsg.): Handbuch für Hafenbau und Umschlagtechnik, Herausgegeben im Auftrage der Hafenbautechnischen Gesellschaft e.V., Hamburg, Bd. II, S. 57-60

HESSE K. 2001: Küstenschutz und Wassermanagement im Unterweserraum: Status Quo, Perspektiven und Handlungsoptionen vor dem Hintergrund einer möglichen Klimaänderung, Bremen, 73 S.

HINRICHS W. 1931: Deiche, Küstenschutz und Landgewinnung, Husum, 119 S.

JENSEN J. & C. MUDERSBACH 2007: Zeitliche Änderungen in den Wasserstandzeitreihen an den Deutschen Küsten In: GLASER R., SCHENK W., VOGT J., WIEßNER R., ZEPP, H. & U. WARDENGA (Hrsg.): Berichte zur Deutschen Landeskunde, Themenheft: Küstenszenarien, Leipzig, Bd. 81, H. 2, S. 99-112

KANNEN A. 2001: Wege zur Entscheidungsfindung im integrierten Küstenzonenmanagement In: SCHELLMANN G. (Hrsg.): Von der Nordseeküste bis Neuseeland,

Beiträge zur 19. Jahrestagung des Arbeitskreises „Geographie der Meere und Küsten“ vom 24.-27. Mai 2001 in Bamberg, Bamberger Geographische Schriften, Bamberg, Bd. 20, S. 117-128

KEMFERT C. 2004: Die ökonomischen Kosten des Klimawandels In: DEUTSCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG (DIW), Wochenbericht, Berlin, Bd. 71.2004, S. 615-622

KIRCHHOFF N. 2000: Einzugsgebiet Weser In: MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.): Gewässergütebericht 2000: 30 Jahre Biologische Gewässerüberwachung in Nordrhein-Westfalen, Köln, S. 197-209

KÖCK W. 2006: Klimawandel und Recht – Adaption an Klimaänderungen: Auswirkungen auf den Hochwasserschutz, die Bewirtschaftung der Wasserressourcen und die Erhaltung der Artenvielfalt In: TETZLAFF G., KARL H. & G. OVERBECK (Hrsg.): Wandel von Vulnerabilität und Klima: Müssen unsere Vorsorgewerkzeuge angepasst werden?, Hannover, S. 63-77

KRAFT D., OSTERKAMP S. & M. SCHIRMER 1999: Die ökologische Situation der Unterweser und ihrer Marsch als Ausdruck der naturräumlichen Situation und der Nutzung In: BAHRENBURG G., SCHRAMKE W., TAUBMANN W., TIPPKÖTTER R. & J.-F. VENZKE (Hrsg.): Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung, H. 35, S. 129-152

KRAFT D. & K. STEINECKE 1999: Klima und naturräumliche Situation in der Unterweserregion In: BAHRENBURG G., SCHRAMKE W., TAUBMANN W., TIPPKÖTTER R. & J.-F. VENZKE (Hrsg.): Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung, H. 35, S. 17-42

KRAMER J. 1989: Kein Deich, Kein Land, Kein Leben: Geschichte des Küstenschutzes an der Nordsee, Leer, 304 S.

KRAMER J. 1999: 1000 Jahre Leben mit dem Wasser in Niedersachsen: Von der Königlich-Hannoverschen General-Direction des Wasserbaues 1823 zur Niedersächsischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverwaltung, Leer, Bd. 2, 780 S.

KRÄMER R. 1984: Historisch-geographische Untersuchungen zur Kulturlandschaftsentwicklung in Butjadingen mit besonderer Berücksichtigung des mittelalterlichen Markortes Langwarden In: BEHRE K.-E. (Hrsg.): Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet, Hildesheim, Bd. 15, S. 65-125

KRÜGER G. 1982: Landwirtschaft, Genossenschaften und Landhandel In: BERNHARDT R. (Hrsg.): Der Landkreis Wesermarsch, 3.völlig neue Auflage, Oldenburg, S. 108-119

KUNZ H. 1975: Wasserhaushaltsuntersuchungen in tidebeeinflussten Gebieten, Mitteilungen aus dem Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und Landwirtschaftlichen Wasserbau, Hannover, Bd. 35, 196 S., Dissertation

KUNZ H. 1979: Automatische Meßsysteme zur Steuerung und Kontrolle der Ableitung von Wärme sowie Radioaktivität in die Weser durch das Kernkraftwerk Unterweser In: WASSERWIRTSCHAFTSAMT BRAKE (UNTERWESER) (Hrsg.): Berichte zum KKW-Meßprogramm Wasser, H. 2, 96 S.

KÜNNEMANN C. 1954: Meer und Mensch am Jadebusen, 2. erw. Aufl., Oldenburg, 120 S.

KÜNNEMANN C. 1968: Meer und Mensch am Jadebusen, 6. erw. Aufl., Oldenburg, 148 S.

LANDKREIS WESERMARSCH 1992: Landschaftsrahmenplan Landkreis Wesermarsch, Brake, 231 S.

LANDKREIS WESERMARSCH 2003: Regionales Raumordnungsprogramm Landkreis Wesermarsch, II. Begründung und Raumordnungsbericht, Brake, 197 S.

LANGGUTH H.-R. & R. VOIGT 1980: Hydrogeologische Methoden, Berlin & Heidelberg, 486 S.

LAU M. 2004: Küstenzonenmanagement in der Volksrepublik China und Anpassungsstrategien an den Meeresspiegelanstieg In: SCHERNEWSKI G. & T. DOLCH (Hrsg.): Geographie der Meere und Küsten, 22. AMK-Jahrestagung, Coastline Reports 2004-1, Warnemünde, S. 213-224

MAI S. & N. LIEBERMANN 2001: Polder an der tidebeeinflussten Küste – Naturschutz versus Küstenschutz, In: SCHELLMANN G. (Hrsg.): Von der Nordseeküste bis Neuseeland, Beiträge zur 19. Jahrestagung des Arbeitskreises „Geographie der Meere und Küsten“ vom 24.-27. Mai 2001 in Bamberg, Bamberger Geographische Schriften, Bamberg, Bd. 20, S. 129-146.

MAI S. 2004: Klimafolgenanalyse und Risiko für eine Küstenzone am Beispiel der Jade-Weser-Region, Hannover, 391 S., Dissertation

MEIER D. 2006: Die Nordseeküste: Geschichte einer Landschaft, Heide, 208 S.

MEINKEN M. & B. HOFFMANN 1999: Grund- und Bodenwasserhaushalt in der Unterwesermarsch und ihre Wechselwirkungen. In: BAHRENBURG G., SCHRAMKE W., TAUBMANN W., TIPPKÖTTER R. & J.-F. VENZKE (Hrsg.): Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung, H. 35, S. 87-108

MENGERS W. 1969: Küstenschutz in der Wesermarsch In: BERNHARDT R. (Hrsg.): Der Landkreis Wesermarsch: Geschichte, Landschaft, Wirtschaft, Oldenburg, S. 50-57

MÖLLER D. 2006: Einführung: Klimaschutz und Luftreinhaltung, Klimawandel - vom Menschen verursacht?, 8. Symposium "Mensch - Umwelt", Erfurt, S. 3-10

MÜLLER-WESTERMEIER G. 1996: Klimadaten von Deutschland: Zeitraum 1961-1990, Deutscher Wetterdienst, Offenbach a.M., 431 S.

NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ NLWKN) 2001: Längsschnitte der Unterweser, Betriebsstelle Brake

NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ (NLWKN) 2007: Generalplan Küstenschutz Niedersachsen / Bremen–Festland, Norden, Küstenschutz Bd. 1, 41 S.

NIEDERSÄCHSISCHES STAATSARCHIV: Bestand 230-6, Nr. 1346

NUNES CORREIA F. & R. KRAEMER 1997: Institutionen der Wasserwirtschaft in Europa, Eurowater / Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Bd. 1, 759 S.

OPPERMANN R. & K. RICHTER 2004: Untersuchung zur Bewirtschaftung der Ederalsperre , Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 28 S.

OVERBECK G, HARTZ A. & M. FLEISCHHAUER 2008: Ein 10-Punkte-Plan „Klimaanpassung,“ Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel im Überblick In: BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG (Hrsg.), Informationen zur Raumentwicklung, Bonn, H. 6/7, S. 363-380

PAPE J. 2009: mündliche Mitteilungen zwischen Juli und November 2009

PERMIEN T., DEHNE P., LÖSER N. & G. SCHERNEWSKI 2005: Integriertes Küstenzonenmanagement als ein Prozess der regionalen Agenda 21 In: GLAESER B., SEKSCINSKA A. & N. LÖSER (Hrsg.): Integrated Coastal Zone Management at the Szczecin Lagoon: Exchange of experiences in the region, Coastline Reports 2005-6, Berlin & Warnemünde, S. 55-61

PETERSEN P. 1995: Meeresspiegelanstieg und Küstenschutz In: SCHUTZGEMEINSCHAFT DEUTSCHE NORDSEEKÜSTE E.V. (Hrsg.): SDN-Kolloquium Klimaänderung und Küste, 09.10.1995 in Wilhelmshaven, Schriftenreihe der Schutzgemeinschaft Deutsche Nordseeküste e.V., Varel, H. 1, S. 61-69

PLATE H. 1951: Salzwasserverhältnisse im Brackwassergebiet der Unterweser In: WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT ZUM STUDIUM NIEDERSACHSENS (Hrsg.): Neues Archiv für Niedersachsen, Hannover, Bd. 25, S. 497-516

QUADFASEL W. 1995: Ein halbes Jahrhundert Wasserwirtschaft im Jadegebiet 1945-1994, Varel, 45 S.

REINHARDT W. 1984: Zum frühen Deichbau im niedersächsischen Küstengebiet In: BEHRE K.-E. (Hrsg.): Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet, Hildesheim, Bd. 15, S. 29-40

ROSS W. 1928: Deichordnung für den Landesteil Oldenburg, Jever, 113 S.

SACHS L. 1993: Statistische Methoden: Planung und Auswertung, 7. überarbeitete Auflage, Berlin & Heidelberg, 312 S.

SACHS L. 1997: Angewandte Statistik: Anwendung statistischer Methoden, 8. Auflage, Berlin & Heidelberg, 884 S.

SCHLIRF K. 1946: Die Wasserversorgung der oldenburgischen Marsch- und Moorgebiete: Vorschläge zur Verbesserung der vorhandenen Anlagen nebst Plan zur Errichtung einer Gruppenwasserversorgung, Oldenburg, 34 S.

SCHÖBER F. 2009: Neue Ansätze einer geoökologischen Standortanalyse der Wasserspeicher- und Wasserrückhaltefähigkeit von Mooren, Ingolstadt, 165 S., Dissertation

SCHOLZ V. & W. DRIES 2000: Solare Tränkwasserversorgung auf der Weide In: LEIBNIZ-INSTITUT FÜR AGRARTECHNIK POTSDAM-BORNIM E.V. (Hrsg.): Agrartechnische Forschung, Münster, H. 4, S. 90-96

SCHRÖDER W., BAST H., PESCH R. & E. KIEL (2006): Klimawandel und Malaria In: MÖLLER D. (Hrsg.): Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung, Zeit-

schrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie, Landsberg, Bd. 19, H. 2, S. 115-122

SCHRADER E. 1965: Die Landschaften Niedersachsens: Bau, Bild und Deutung der Landschaft, 3. erweiterte Auflage, Hannover, 300 S.

SCHUCHARDT B. & M. SCHIRMER 2007: Ansatz und Ziel des Forschungsvorhabens KRIM In: SCHUCHARDT B. & M. SCHIRMER (Hrsg.): Land unter? Klimawandel, Küstenschutz und Risikomanagement in Nordwestdeutschland: die Perspektive 2050, München, S. 15-36

SCHWARZ W. 1996: 1000 Jahre Leben mit dem Wasser in Niedersachsen: Die Bedeutung des Wassers in Mittelalter und Neuzeit, Leer, Bd. 1, 191 S.

SEEDORF H.-H. & H.-H. MEYER 1992: Historische Grundlagen und naturräumliche Ausstattung, Landeskunde Niedersachsen: Natur- und Kulturgeschichte eines Bundeslandes, Neumünster, Bd. 1, 504 S.

SELLO G. 1966: Geschichte des Jadebusens, Oldenburg, Faltkarte, 1:200000

SIEBENHÜHNER B. 2009: Regionale Klimafolgen und Klimaanpassung im Nordwesten: Das Projekt NordWest 2050, In: FANSA M. & C. RITZAU: Klimawandel – Globale Herausforderung des 21. Jahrhunderts, Schriftenreihe des Landesmuseum Natur und Mensch, Darmstadt, S. 97-102

STADLANDER SIELACHT 2002: Gewässerkarte der Stadlander Sielacht, Maßstab 1:25000, Brake

STORCH V. H., MEINKE I., WEISSE R. & K. WOTH 2006: Regionaler Klimawandel in Norddeutschland In: TETZLAFF G., KARL H. & G. OVERBECK (Hrsg.): Wandel von Vulnerabilität und Klima: Müssen unsere Vorsorgewerkzeuge angepasst werden?, Hannover, S. 16-24

STORCH V. H., DOERFFER J. & I. MEINKE 2009: Die deutsche Nordseeküste und der Klimawandel In: RATTER B. (Hrsg.): Küste und Klima, Hamburger Symposium Geographie, Hamburg, Bd. 1, S. 9-22

STREIF H. 1978: Zur Geologie der deutschen Nordseeküste In: KURATORIUM FÜR FORSCHUNG IM KÜSTENINGENIEURWESEN (Hrsg.): Die Küste: Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee, Heide, H. 32, S. 30-49

STREIF H. 1990: Das ostfriesische Küstengebiet: Nordsee, Inseln, Watten und Marschen, 2. Auflage, Berlin & Stuttgart, 376 S.

SÜTERING H. & U. SÜTERING 2005: Wasserversorgung in den Oldenburgischen Marschengebieten in Vergangenheit und Gegenwart In: OHLIG C. (Hrsg.): Ostfriesland und das Land Oldenburg im Schutz der Deiche, Schriften der Deutschen Wasserhistorischen Gesellschaft e.V., Bd. 6, Siegburg, S. 111-120

TENGE O. 1912: Der Butjadinger Deichband, Geschichte und Beschreibung der Deiche, Uferwerke und Siele im zweiten Oldenburgischen Deichbande und im Königlich Preußischen östlichen Jadegebiet, Reprint der Originalausgabe von 1912, Brake, 448 S.

TETZLAFF G., KARL H. & G. OVERBECK 2006: Vorwort: Ergebnisse des Workshops „Wandel von Vulnerabilität und Klima: Müssen unsere Vorsorgewerkzeuge angepasst werden?“, Hannover, S. 1-3

TÖPPE A. 1993: Zur Analyse des Meeresspiegelanstiegs aus langjährigen Wasserstandsaufzeichnungen an der deutschen Nordseeküste, Braunschweig, 130 S., Dissertation

UFFMANN D. 2009/2010: mündliche Mitteilungen zwischen Juli und 2009 und Februar 2010

ULBRICH U. 2006: Auswirkungen von Klimaänderungen auf europäische Sturmereignisse und die Bedeutung von Adaption für künftige Sturmschäden In:

TETZLAFF G., KARL H. & G. OVERBECK (Hrsg.): Wandel von Vulnerabilität und Klima: Müssen unsere Vorsorgewerkzeuge angepasst werden?, Hannover, S. 33-37

VONDERACH G. 2002: Vorwort In: VONDERACH G. (HRSG.): Naturschutz und Landbewirtschaftung: Naturschutzprogramme und Vertragsnaturschutz in nord-deutschen Feuchtgrünland-Projektgebieten, Sozialforschung, Arbeit und Sozialpolitik, Band 8, Münster, S. 8-10

VONDERACH G. 2008a: Naturschutzengagement in der Wesermarsch In: VONDERACH G. (Hrsg.): Land-Pioniere, Kreativität und Engagement – Lebensbilder aus ländlichen Praxisfeldern, Institut für regionale Forschung e.V., Bd. 3, Aachen, S. 98-114

WALTHER F. 1955: Veränderungen der Wasserstände und Gezeiten in der Unterweser als Folge des Ausbaues In: BOLLE A. (Hrsg.): Handbuch für Hafenbau und Umschlagtechnik, Herausgegeben im Auftrage der Hafenbautechnischen Gesellschaft e.V., Hamburg, Bd. II, S. 61-68

WEGNER H. 1955: Ausbau und Verkehr der Unterweser In: BOLLE A. (Hrsg.): Handbuch für Hafenbau und Umschlagtechnik, Herausgegeben im Auftrage der Hafenbautechnischen Gesellschaft e.V., Hamburg, Bd. II, S. 32-35

WIEZOREK H. 1972: Der „Bewässerungskanal Butjadingen“ mit den besonderen Problemen der Mischung von Salz- und Süßwasser, der Viehtränken u. dgl. In: BUND DER INGENIEURE FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABFALLWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V. (Hrsg.): Wasser und Boden, Zeitschrift für die gesamte Wasserwirtschaft, Berlin, Bd. 24, H. 3, S. 61-63

WITTIG S., KRAFT, D. & S. MAI 2007: Die Jade-Weser-Region: Zustand und Entwicklung In: SCHUCHARDT B. & M. SCHIRMER (Hrsg.): Land unter? Klimawandel, Küstenschutz und Risikomanagement in Nordwestdeutschland: die Perspektive 2050, München, S. 37-58

WÖBKEN K. 1969: Die Wasserwirtschaft, In: BERNHARDT R. (Hrsg.): Der Landkreis Wesermarsch, Geschichte, Landschaft, Wirtschaft, Oldenburg, S. 58-75

WÖBKEN K. 1982: Wasser und Deiche In: BERNHARDT R. (Hrsg.): Der Landkreis Wesermarsch, 3.völlig neue Auflage, Oldenburg, S. 82-93

WULFF B. 2009: mündliche Mitteilungen zwischen Juli und November 2009

12.2 Internetquellen

AGENDA 21 1992: Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992, Rio de Janeiro, überarbeitete Fassung 2003, 361 S. (Stand: 01.12.2009)

Im Internet unter: http://www.un.org/Depts/german/conf/agenda21/agenda_21.pdf

BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2009a: Interaktiver Kartendienst (Web-Mapping) der Landschaften in Deutschland (Stand: 01.12.2009)

Im Internet unter: <http://www.bfn.de/geoinfo/landschaften/>

BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (Hrsg.) 2003: Herausforderung Klimawandel, Bonn und Berlin, 59 S. (Stand: 05.12.2009)

Im Internet unter: <http://www.bmbf.de/pub/klimawandel.pdf>

CORNELIUS L. 2003b: Der Küstenschutz und die Wasserwirtschaft in der Wesermarsch (Stand: 01.12.2009)

Im Internet unter:

<http://www.landkreis-wesermarsch.de/pdf/KuestenschutzundWasserwirtschaft.pdf>

DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT 2007: Solarthermische Kraftwerke für die Meerwasserentsalzung, Stuttgart, 20 S. (Stand: 16.03.2010)

Im Internet unter:

http://www.dlr.de/tt/en/Portaldata/41/Resources/dokumente/institut/system/projects/aqua-csp/AQUA-CSP-Zusammenfassung_Deutsch-01.doc

DEUTSCHES GEWÄSSERKUNDLICHES JAHRBUCH 2005: Weser- und Emsgebiet, Norden, 300 S. (Stand: 20.01.2010)

Im Internet unter: http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C53168470_L20.pdf

DIE BUNDESREGIERUNG 2008: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen (Stand: 01.12.2009)

Im Internet unter:

http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf

GfL/BIOCONSULT/KÜFOG 2006: Fahrrinnenanpassung der Außenweser an die Entwicklungen im Schiffsverkehr mit Tiefenanpassung der hafenbezogenen Wendestelle: Auswirkungen auf die Landwirtschaft, Bremen & Loxstedt, 36 S. (Stand: 20.04.2010).

Im Internet unter:

http://www.weseranpassung.de/downloads/dateien/Planfeststellungsunterlagen/Aussenweser_Unterweser/I.9_Gutachten_Landwirtschaft.pdf

GRABEMANN I., GRABEMANN H.-J. & A. MÜLLER 1999: Die Unterweser - Ein Überblick über die Hydrographie und Gewässergüte (Stand: 20.04.2010)

Im Internet unter:

http://www.umwelt.bremen.de/sixcms/media.php/13/unterweser_1999_3.pdf

IPCC 2007: IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 Working Group I: The Physical Science Basis, Cambridge University Press, Cambridge (Stand: 10.11.2009)

Im Internet unter:

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html

KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT 2009: Anpassung an den Klimawandel: ein europäischer Aktionsrahmen, Brüssel, 19 S. (Stand: 12.12.2009)

Im Internet unter:

[http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:DE:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:DE:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:DE:PDF)

KOTTEK M., GRIESER J., BECK C., RUDOLF B. & F. RUBEL 2006: World Map of Köppen-Geiger Climate Classification (Stand: 20.10.2009)

Im Internet unter: <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/present.htm#maps>

LAND NIEDERSACHSEN 2009: Karte des Landkreises Wesermarsch und seiner Lage im Land Niedersachsen (Stand: 09.11.2009)

Im Internet unter:

http://www.niedersachsen.de/master/C8549694_L20_D0_I198_h1.html

LANGE D. 2005: Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenweser: Änderung der Sielzugverhältnisse, WAP-Studie 2005-6, Projektgruppe Weseranpassung, Bremerhaven, 23 S. (Stand: 05.04.2010)

Im Internet unter:

http://www.weseranpassung.de/downloads/dateien/Ergaenzende_Gutachten/XX_WSA_BHV_Sielzugverhaeltnisse_a.pdf

LENNTech 2009a: Funktionsweise des Umkehrosmoseverfahrens (Stand: 12.03.2010)

<http://www.lenntech.de/bibliothek/umkehrosmose/tl-ro.htm>

LENNTech 2009b: Entsorgung der Salzlake (Stand: 12.03.2010)

Im Internet unter:

<http://www.lenntech.de/processes/desalination/brine/general/brine-disposal.htm>

MÖLLER L. 2007: Klimawandel – was tut die UNESCO? (Stand: 01.12.2009)

Im Internet unter: <http://www.unesco.de/1021.html?&L=0>

MÜHR B. 2007: Klimadiagramm von Bremerhaven (Stand: 06.11.2009)

Im Internet unter:

<http://www.klimadiagramme.de/Deutschland/bremerhaven2.html>

NATIONALPARK NIEDERSÄCHSISCHES WATTENMEER 2010: Die Schutzzonen des Nationalparks (Stand: 07.04.2010)

Im Internet unter:

<http://www.nationalpark->

[watten-](http://www.nationalpark-)

[meer.niedersachsen.de/master/C7070852_N5995512_L20_D0_I5912119.html](http://www.nationalpark-)

NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK 2007: Niedersachsen – Das Land und seine Regionen Land • Bezirke • Landkreise • Kreisfreie Städte, Hannover (Stand: 01.12.2009)

Im Internet unter:

http://www.nls.niedersachsen.de/Download/Nds_Regionen/461%20Wesermarsch.pdf

NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK 2010: NLS – Online (Stand: 05.01.2010)

Im Internet unter: <http://www1.nls.niedersachsen.de/statistik/>

NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ (NLWKN) 2009: Das Emssperrwerk (Stand: 15.11.2009)

Im Internet unter: http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C50413042_L20.pdf

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, VERBRAUCHERSCHUTZ UND LANDESENTWICKLUNG 2010: Informationen zur Cross Compliance (Stand: 27.04.2010).

Im Internet unter: <http://www.raumordnung.niedersachsen.de/download/4081>

NIEDERSÄCHSISCHES WASSERGESETZ (NWG) 2007: Gesetz vom 25. Juli 2007 (Stand: 12.11.2009)

Im Internet unter: <http://www.recht-niedersachsen.de/28200/nwg.htm>

NORDDEUTSCHES KLIMABÜRO 2009: Norddeutscher Klimaatlas (Stand: 20.11.2009)

Im Internet unter: <http://www.norddeutscher-klimaatlas.de/>

NORDRHEIN-WESTFALEN 2009: Trinkwasser für Millionen (Stand: 12.12.2009)

Im Internet unter:

[http://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/Webmaster/GB_II/II.1/Oeffentlichkeitst
sarbeit/Informationen.jsp?oid=101300](http://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/Webmaster/GB_II/II.1/Oeffentlichkeitst
sarbeit/Informationen.jsp?oid=101300)

NORDWEST-ZEITUNG (NWZ): Artikel: „Es wird zugewässert“ vom 29.06.2009

Im Internet unter:

[http://www.nwzonline.de/index_regionalausgaben_kreis_wesermarsch_nordenha
m_artikel.php?id=2043148](http://www.nwzonline.de/index_regionalausgaben_kreis_wesermarsch_nordenha
m_artikel.php?id=2043148)

OSTERSTADER MARSCH 1995: Satzung des Deichverbandes Osterstader Marsch
(Stand: 25.04.2010)

Im Internet unter:

<http://www.wabo-wem.de/Satzungen/SatzungDVOsterstaderMarsch.pdf>

PROJEKTGRUPPE WESERANPASSUNG 2009: Außenweseranpassung (Stand:
20.10.2009)

Im Internet unter:

http://www.weseranpassung.de/projekt_aussenweser/vorhaben.htm

SCHÖNWIESE C.-D. & R. JANOSCHITZ 2005: Klima-Trendatlas Deutschland 1901-
2000, Berichte des Instituts für Atmosphäre und Umwelt der Universität Frank-
furt/Main, H. 4, 63 S. (Stand: 20.02.2010)

Im Internet unter:

http://www.geo.uni-frankfurt.de/iau/klima/PDF_Dateien/Inst_Ber_4.pdf

SCHÖNWIESE C.-D. 2008: Klimawandel in Hessen: Vergangenheit und Zukunft
(Stand: 25.04.2010)

Im Internet unter:

[http://www.hlug.de/klimawandel/inklim/dokumente/fachtagung_2008/schoenwies
e.pdf](http://www.hlug.de/klimawandel/inklim/dokumente/fachtagung_2008/schoenwies
e.pdf)

STADT WILHELMSHAVEN 2010: Marinestandort Wilhelmshaven (Stand: 20.02.2010)

Im Internet unter:

http://www.wilhelmshaven.de/hafen_marine/marinestandort.htm

TAGESSCHAU 2009: EU-Kommission kommt Milchbauern entgegen, Tagesschau vom 17.09.2009 (Stand: 24.03.2010)

Im Internet unter: <http://www.tagesschau.de/wirtschaft/milch138.html>

TELLER M. 2007: Oldenburgische Maß- und Währungseinheiten vom Mittelalter bis ins 19. Jahrhundert (Stand: 20.11.2009)

Im Internet unter: <http://www.stadt-land-oldenburg.de/masseinheiten>

WILKE K. 2009: Struktur der Milchviehbetriebe in Schleswig-Holstein von 1945 bis 2007: Entwicklungen, Ursachen und Ausblick, 17 S. (Stand: 25.03.2010)

Im Internet unter:

[http://www.schleswig-hols-
tein.de/UmweltLandwirtschaft/DE/LandFischRaum/095__Langfristige__Trends/02__Studien/ein__node.html](http://www.schleswig-hols-
tein.de/UmweltLandwirtschaft/DE/LandFischRaum/095__Langfristige__Trends/02__Studien/ein__node.html)

THÜRINGEN 2010: Werraversalzung (Stand: 05.03.2010)

Im Internet unter:

<http://www.thueringen.de/de/homepage/presse/45391/uindex.html>

UMWELTBUNDESAMT 2004: Flussgebietseinheiten in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: 02.02.2010)

Im Internet unter:

<http://www.bmu.de/files/bilder/allgemein/image/gif/flussgebietseinheiten.gif>

UMWELTBUNDESAMT 2007: Hintergrundpapier „Neue Ergebnisse zu regionalen Klimaänderungen“, Dessau, 27 S. (Stand: 18.11.2009)

Im Internet unter:

<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/Regionale-Klimaaenderungen.pdf>

WASSERVERBANDSGESETZ (WVG): Gesetz über Wasser- und Bodenverbände (Stand: 23.11.2009)

Im Internet unter: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/wvg/gesamt.pdf>

WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT HANN. MÜNDE 2009: Talsperren (Stand: 13.12.2009)

Im Internet unter:

<http://www.wsa-hmue.wsv.de/wasserstrassen/talsperren/index.html>

WELT ONLINE 2010 : Weniger Milchbauern (Stand: 02.04.2010)

Im Internet unter:

<http://www.welt.de/die-welt/vermishtes/hamburg/article6968287/Weniger-Milchbauern.html>

WEUSTINK A. 2008: Grundwasserversalzung und Entwässerung in der westlichen Unterweserniederung (Stand: 05.01.2010)

Im Internet unter:

http://www.lbeg.de/extras/boden/downloads/boeden_kueste/16_weustink_grundw_grundwasservers.pdf

WIRTSCHAFTSFÖRDERUNG WESERMARSCH (Hrsg.) 2007: Siellandschaft Wesermarsch - Regionales Entwicklungskonzept 2007-2013 der LAG Wesermarsch in Bewegung, Brake, 79 S. (Stand: 24.10.2009)

Im Internet unter:

<http://www.wesermarsch-in-bewegung.de/service/infos-zum-herunterladen/action/getviewcatalog/category/rek/download//86e96a9167.html>

WSA BREMERHAVEN: Übersicht über die Weserausbauten (Stand: 02.03.2010)

Im Internet unter: <http://www.wsv.de/wsa-bhv/weserausbauten/index.html>

Anhang

A I	Extreme Sturmfluttiden seit dem Mittelalter
A II	Zielwasserstände im Grabensystem
A III	Veränderung des Tidenhubs in der Unterweser
A IV	Auszug aus dem Vertrag über die 1. Weserkorrektur
A V	Gliederung wasserwirtschaftlicher Zuständigkeiten in Deutschland
A VI	Institutionen und Funktionen in der Wasserwirtschaft
A VII	Schnitt durch ein hölzernes Torsiel und ein Steinsiel
A VIII	Grenzen der Wasserverbände nach dem 2. Weltkrieg
A IX	Schematische Darstellung der Funktion des Zu- und Entwässerungssystems im Verbandsgebiet Butjadingen
A X	Beispiel einer Ankündigung der Zuwässerung im Verbandsgebiet Butjadingen
A XI	Grundwasserversalzung im Landkreis Wesermarsch
A XII	Graphische Darstellung der Mittel- und Höchstwerte am Pegel Brake
A XIII	Graphische Darstellung der Mittel- und Höchstwerte am Pegel Rechtenfleth
A XIV	Graphische Darstellung der Mittel- und Höchstwerte am Pegel Strohauser Plate Ost
A XV	Graphische Darstellung der Mittel- und Höchstwerte am Pegel Nordenham
A XVI	Abweichungen vom langjährigen Mittel am Pegel Brake im Monat Juni
A XVII	Abweichungen vom langjährigen Mittel am Pegel Brake im Monat Juli
A XVIII	Abweichungen vom langjährigen Mittel am Pegel Brake im Monat August
A XIX	Abhängigkeit von Ganglinien der Leitfähigkeit und des Oberwasserabflusses

- A XX Auszug aus der Satzung des Deichverbandes Osterstader
Marsch**
- AXXI Flächen im Untersuchungsgebiet mit einem Mindestabstand
von 250 m zu Infrastruktureinrichtungen**
- AXXII Landnutzung im Untersuchungsgebiet**

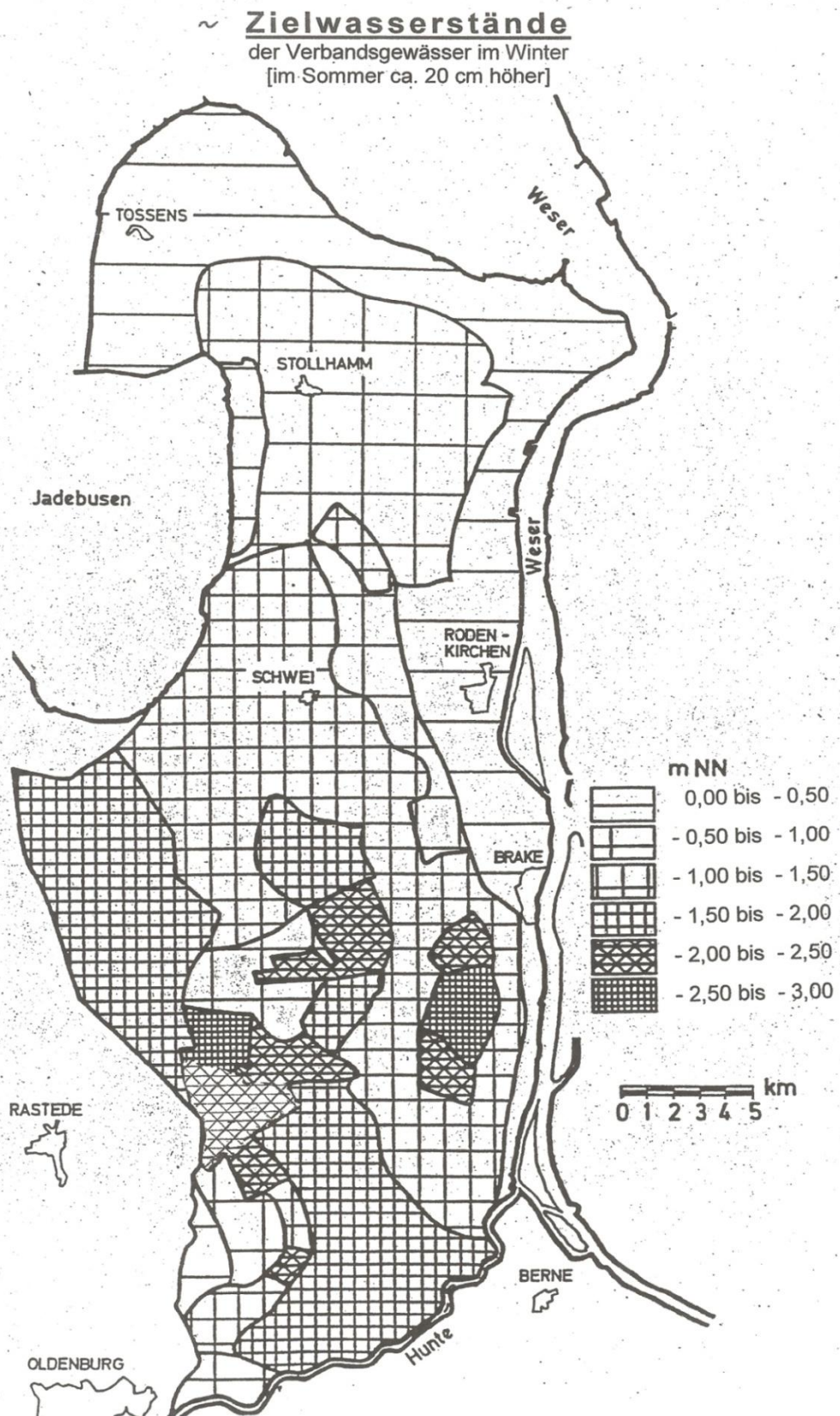
Analyse der Zu- und Entwässerungssysteme in der Wesermarsch: Geschichte, Funktion und Anpassungsstrategien an den Klimawandel

A I: Extreme Sturmflutiden seit dem Mittelalter

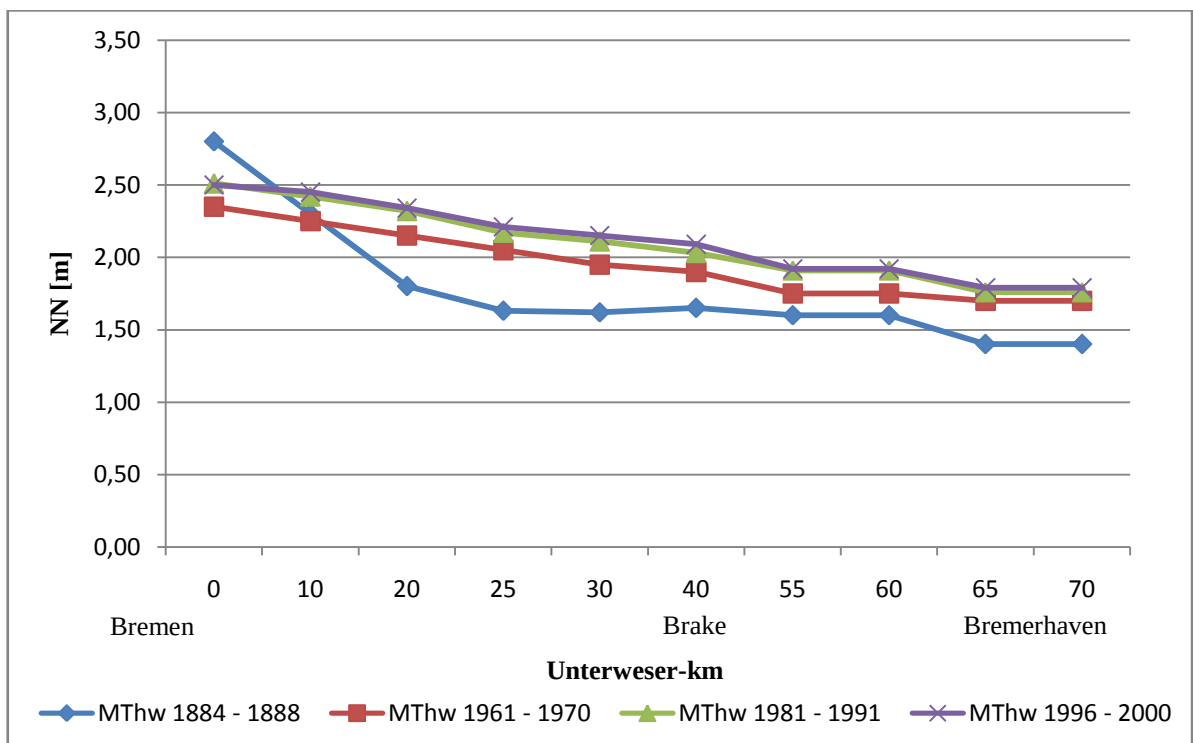
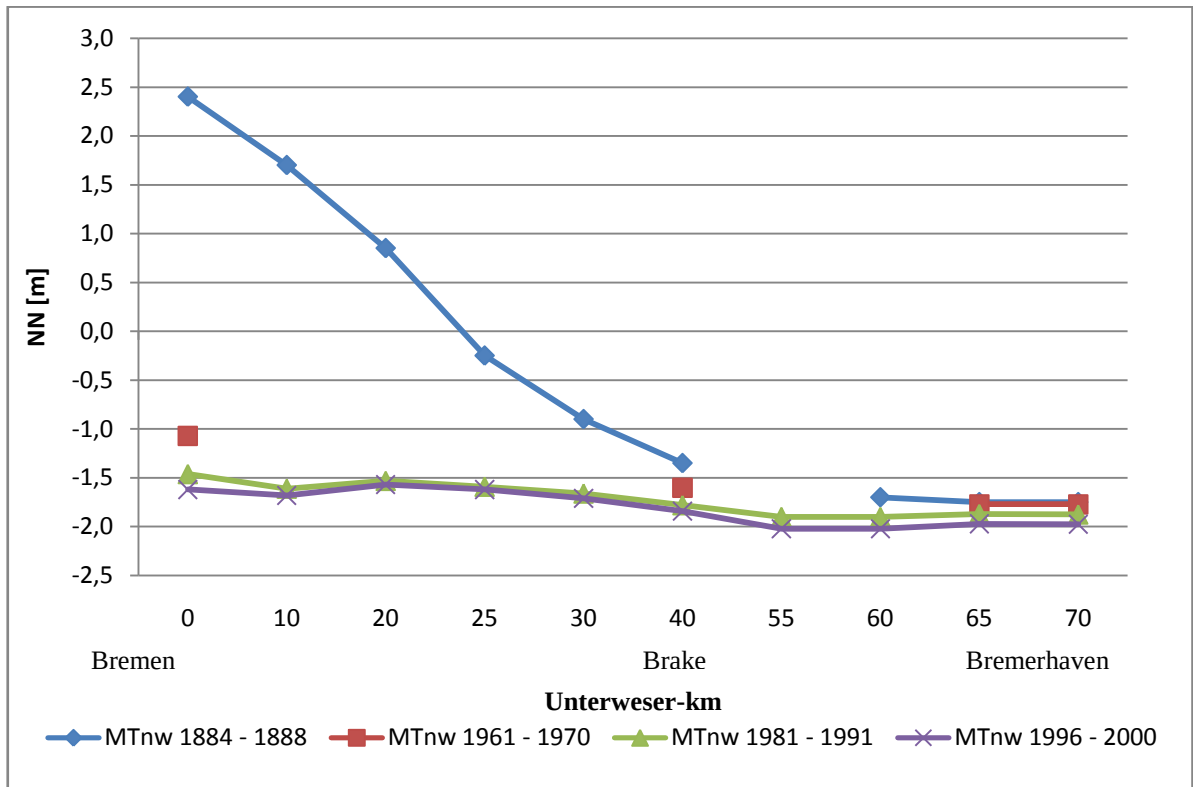
Datum	Name der Sturmflut	Betroffene Gebiete	Bemerkungen
17.02.1164	Erste Julianenflut	Gesamte Nordseeküste	Eine der ersten sehr schweren Sturmfluten nach dem Bau der Deiche. 20.000 Tote zwischen Rhein und Elbe. Beginn der Bildung des Jadebusens.
16.01.1219	Erste Marcellusflut	West-und Ostfriesland	Ein erster Augenzeugenbericht ist überliefert. 36.000 Tote.
14.12.1287	Luciaflut	Gesamte Nordseeküste	Beginn der Bildung des Dollarts. 50.000 Tote.
23.11.1334	Clemensflut	Flandern, Ostfriesland	Erweiterung des Jadebusens nach Süden und Osten. Die 1. Verbindung (Heete) zwischen Jade und Weser reißt auf.
16.01.1362	Zweite Marcellusflut Große oder Erste Mandränke	Gesamte Nordseeküste	1. Dollarteinbruch, Erweiterung der Harle- u. Leybucht sowie Eidermündung und Jade vergrößert. Untergang Nordfriesland. Aus Festland wird Insellandschaft im Watt. 100.000 Tote.
09.10.1374	Erste Dionysiusflut	Ostfriesland, Oldenburg	Größte Ausdehnung der Leybucht bis zur Stadt Norden
09.10.1377	Zweite Dionysiusflut	Ostfriesland, Oldenburg	
18.11.1421	Elisabethflut	Ostengland und Niederlande	
11.01.1436	Allerheiligenflut	Deutsche Nordseeküste	Überflutungen u. a. in Eiderstedt und Nordstrand. Bleibende Landverluste sind gering.
06.01.1470	Dreikönigsflut	Deutsche Nordseeküste	Überflutungen in Eiderstedt. Keine bleibenden Landverluste.
26.09.1509	Cosmas- und Damianflut	Ostfriesland, Oldenburg	Der Dollart erreicht seine größte Ausdehnung. Jadebusen vergrößert.
16.01.1511	Antoniusflut	Ostfriesland, Oldenburg	Sturmflut bei gleichzeitigem starken Eisgang, wobei die Eisschollen Zerstörungen an den Deichen hervorrufen. Landverluste zwischen Jade und Weser.
31.10.1532	Allerheiligenflut	Gesamte Nordseeküste	Mehrere tausend Menschen in Nordfriesland umgekommen. Erste Höhenmarke des Scheitelwertes überliefert in der Kirche von Klibüll.
01.11.1570	Allerheiligenflut	Gesamte Nordseeküste	Schadenzusammenstellung für Teilgebiete erarbeitet. 9-10.000 Tote zwischen Ems und Weser. Landverluste Ostfriesland 13 km² (Homeier, 1970). Mehrere Flutmarken u.a. in der Kirche von Suurhusen (ehem. LK Norden) NN + 4,40m
26.02.1625	Fasnachtsflut	Gesamte Nordseeküste	Eine Eisflut. Einige Höhenangaben überliefert.
11.10.1634	Zweite Mandränke	Westküste Schleswig- Holstein	Die Insel Strand zerreißt in Nordstrand und Pellworm. Genaue zeitgen. Berichte vorhanden. Mind. 8.000 Tote (Hinrichs u.a., 1985). Mehrere Höhenangaben.
22.02.1651	Petriflut	Friesland	
12.11.1686	Martinsflut	Groningen bis Land Wursten	
24./25.12.1717	Weihnachtsflut	Gesamte Nordseeküste	Große Verwüstungen im gesamten Küstengebiet. 10.000km² Land überflutet. 12.000 Tote. Bleibende Landverluste gering (Lang, 1963; Rohde, 1964). Zahr.Flutmarken u.a. Dangast NN + 4,89m
31.12.1720/21	Neujahrsflut	Gesamte Nordseeküste	Deichreparaturen nach der Weihnachtsflut zum Teil wieder zunichte gemacht. Große Schäden an vielen Orten.
03./04.02.1825	Februarflut	Gesamte Nordseeküste	Große Gebiete überflutet, aber keine bleibenden Landverluste. 800 Tote. Sehr genaue zeitgen. Berichte (Arends, 1826; Müller, 1825). Viele Flutmarken u.a. Dangast NN + 5,26m
01./02.01.1855	Januarflut	Gesamte Nordseeküste	Schwere Zerstörungen auf den Ostfriesischen Inseln.
13.03.1906	Märzflut	Ostfriesland, Oldenburg	Größere Scheitelhöhen als 1825. Keine hohen Verluste an Menschen, Land und Sachgütern. Dangast NN + 5,35m
31.01./01.02.1953	Hollandflut	Niederland u. England	Große Überflutungen in den Niederlanden. Mehr als 2.000 Tote.
16./17.02.1962	Zweite Julianenflut	Gesamte Nordseeküste	Überall starke Deichschäden und 61 Deichbrüche in Niedersachsen. Keine Landverluste. 340 Tote. Schweiburger Siel NN +5,57m
v. 13.11 bis 14.12.1973	_____	Gesamte Nordseeküste	Insgesamt 5 schwere Sturmfluten kurz hintereinander, z. T. mit Scheitelhöhen wenig unter 1962 (Rohde, 1974). Große Sachschäden im Hamburger Hafen. Höchste Flut am 19./20.11.1973
03.01.1976	_____	Gesamte Nordseeküste	An vielen Pegelorten wurden die bisher höchsten Scheitelhöhen insbesondere im ganzen Bereich der Elbe gemessen. Deichbrüche im Bereich der Haseldorfer Marsch und Landkreis Stade. Notdeiche am 21.01. wieder gebrochen.
21.01.1976	_____		
24.11.1981	_____	Elbe und Westküste Schleswig-Holstein	In Nordfriesland und oberhalb von Hamburg traten die bisher höchsten Scheitelwasserstände auf.
28.01.1994	_____	Ostfriesland, Emsland	Im Bereich der Ems oberhalb Leerort traten die bisher höchsten Scheitelwasserstände auf.
01./02.01.1995	_____	Ostfriesland, Emsland	Im Bereich der Ems oberhalb Leerort traten nur geringfügig geringere Scheitelwasserstände auf als am 28.01.1994.

Quelle: QUADFASEL, W. 1995: Ein halbes Jahrhundert Wasserwirtschaft im Jadegebiet 1945-1994

A II: Zielwasserstände im Grabensystem



A III: Veränderung des Tidenhubs in der Unterweser



Quelle: eigene Darstellung basierend auf den Daten des NLWKN 2001

A IV: Auszug aus dem Vertrag über die 1. Weserkorrektur

Nr. d 32^e *5. Aufl. Januar*
V B. Nr 126. 53

Geseßblatt

der

Freien Hansestadt Bremen.



1888. — *Nr. 7.*

Inhalt: Nr. IX. Bekanntmachung der zwischen Preußen und Bremen und zwischen Oldenburg und Bremen abgeschlossenen Verträge über die Ausführung einer Korrektur der Unterweser. S. 53. — Nr. X. Gesetz, betreffend die Anführung der Mittel für die Korrektur der Unterweser. S. 64.

XI. Bekanntmachung der zwischen Preußen und Bremen und zwischen Oldenburg und Bremen abgeschlossenen Verträge über die Ausführung einer Korrektur der Unterweser.

Vom 18. März 1888.

Der Senat bringt den über die Ausführung einer Korrektur der Unterweser mit der Königlich Preussischen Regierung am 12. Februar 1887 und den auf dasselbe Unternehmen bezüglichen, mit der Großherzoglich Oldenburgischen Regierung am 22. November 1887 abgeschlossenen Vertrag sowie das zu dem letzteren gehörende Schlußprotokoll, nachdem diese Verträge ratifizirt worden sind, hierdurch zur öffentlichen Kunde.

Beschlossen Bremen in der Versammlung des Senats am 2. und bekannt gemacht am 18. März 1888.

I. Vertrag zwischen Preußen und Bremen.

Geschehen Bremen den 12. Februar 1887.

Gegenwärtig waren folgende Herren:

I. als Kommissare Preußens:

- der Wirkliche Geheime Ober-Regierungsrat Wendt,
- der Geheime Ober-Regierungsrat Gamp,
- der Geheime Regierungsrat Kunisch,
- der Geheime Regierungsrat Schwedendieck,
- der Geheime Regierungsrat von Wilnowski,
- der Regierungs- und Baurat Dresel,
- der Regierungs-Assessor Freiherr von Rheinbaben,

Ausgegeben am 18. März 1888.

11

Artikel 3.

1) Zum Zwecke der Herstellung und Unterhaltung derjenigen Einrichtungen, welche zur Erhaltung einer gehörigen Zuwässerung, beziehungsweise Abwässerung, der Golzwarder, Abßer, Strohauser, Beckumer, Esenshammer, Abbehauser und Flagbalger Sielachten, sowie der Schifffahrt von und zu dem Abßer und dem Strohauser Siel erforderlich sind, hat Bremen an Oldenburg gleich nach der Ratifizierung dieses Vertrages die Summe von Mk 2188 000 zu bezahlen. Durch diese Zahlung wird Bremen, vorbehaltlich der Bestimmung unter Ziffer 2 dieses Artikels, von allen Verpflichtungen gegen die genannten Sielachten befreit, indem der Oldenburgische Staat an Stelle Bremens in diese Verpflichtungen eintritt. Der Oldenburgische Staat übernimmt es, durch Verwendung der ihm zu entrichtenden Summe die vorstehend bezeichneten Einrichtungen möglichst rasch herzustellen.

2) Bremen verpflichtet sich ferner, für den Fall, daß durch den zum Zwecke der Zuwässerung für die unter Ziffer 1 bezeichneten sieben Sielachten projektirten Kanal, dessen Einfluß-Siel bei Boitwardehörne in Aussicht genommen ist, nicht jeder dieser Sielachten in Bezug auf den Salzgehalt Wasser von derselben Qualität, wie sie gegenwärtig durch ihren Siel erhält, zugeführt werden sollte, die Kosten der Verlängerung dieses Kanals bis Käseburg zu tragen, wie auch den bis zur Fertigstellung dieser Verlängerung durch den bisherigen Mangel der letzteren nachweislich entstandenen direkten Schaden zu ersetzen.

Über das Erfordernis der Kanalverlängerung sowie über die Existenz und den Umfang des bezeichneten Schadens — über letzteren Punkt nach Vernehmung von Bremischerseits und seitens der beteiligten Interessenten vorzuschlagenden Sachverständigen — hat die Oldenburgische obere Deichbehörde, vorbehaltlich der Beschwerde an das Großherzogliche Gesamtministerium, zu entscheiden.

3) Um die für eine derartige Entscheidung erforderliche Grundlage zu gewinnen, sind Untersuchungen des Wesermwassers auf seinen Salzgehalt in der Weise vorzunehmen, daß von jezt ab bis zum Ablaufe des dritten Jahres nach Vollen dung der Korrektur, durch von Oldenburg in Vorschlag zu bringende, von Bremen zu bestellende und auf die gewissenhafte Ausführung ihrer Funktion zu beeidigende Personen, an jedem Sonnabend bei Hochwasser zwischen 6 Uhr Morgens und 6 Uhr Abends bei 1. Bremerhaven, 2. einem Punkte zwischen der Lüneplate und dem Festlande, 3. dem Neuenlander Siel, 4. Sandstedt, 5. Käseburg, 6. Refum, ein gleiches Quantum Wasser $1\frac{1}{2}$ m unter dem Spiegel geschöpft und das so geschöpfte Wasser zur Vornahme der chemischen Analyse an den Direktor der Königlich Preussischen Moorversuchsstation zu Bremen gesandt wird; dabei soll jedenfalls das Wasser, welches gewonnen wird, wenn entweder der Wasserstand am Bremer Pegel mehr als 1 m über Null oder am Bremerhavener Pegel die Flut mehr als 50 cm über ordinärem Hochwasser zeigt, gesondert aufbewahrt und jedesmal gesondert analysirt werden. Das Resultat der Beobachtungen ist in jedem Jahre

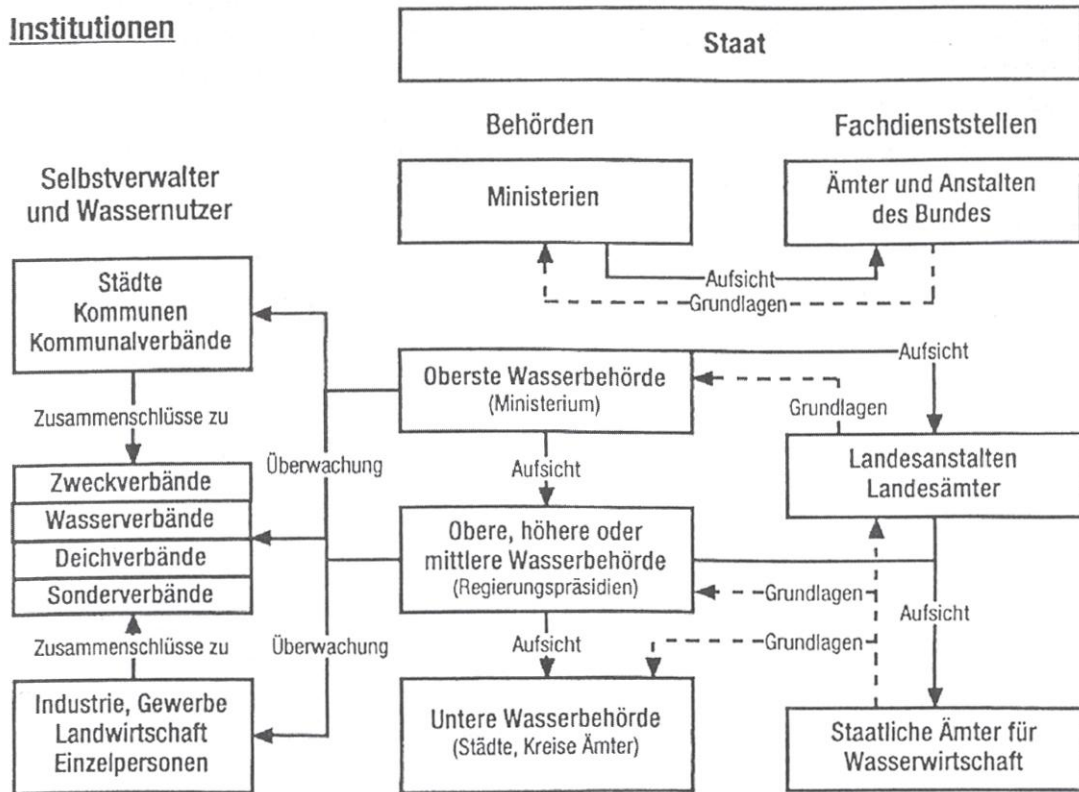
A V: Gliederung wasserwirtschaftlicher Zuständigkeiten in Deutschland

	Gesetzgebung	Aufgaben
Europäische Union	Rahmengesetzgebung (Richtlinien, Verordnungen, Entscheidungen)	Harmonisierung des Gewässerschutzes Europäischer Binnenmarkt
Internationale Übereinkommen		Grenzüberschreitende Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und Gewässerbewirtschaftung
Bund	Umsetzung Europäischen Rechts Rahmengesetze Konkurrierende Gesetzgebung	Verhandlungen vor dem Europäischen Gerichtshof Verwaltung der Bundeswasserstraßen
Bund-Länder-Zusammenarbeit		Bekämpfung der Meeresverschmutzung, Meßprogramme
Staatsverträge der Länder	Rahmen für grenzüberschreitende Verbände und Zusammenarbeit Grenzüberschreitende wasserwirtschaftliche Einrichtungen	Grenzüberschreitende Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und Gewässerbewirtschaftung
Zusammenarbeit der Länder		Harmonisierung von Recht und Vollzug Koordination spezieller wasserwirtschaftlicher Aufgaben
Gemeinsame Einrichtungen d. Länder		Flußgebietsbewirtschaftung
Parlamente und Regierungen der Länder (teilweise bei Regierungspräsidien)	Umsetzung des Rechts der Europäischen Union Landeswassergesetze Konkurrierende Gesetzgebung	
Wasserbehörden und technische Fachbehörden		Vollzug von Bundesgesetzen Bewirtschaftung größerer Gewässer Genehmigungen Erhebung der Abwasserabgabe Erhebung von Wasserentnahmeentgelten Überwachung Grundlagenbeschaffung
Wasser- und Bodenverbände	Satzungen	Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, Gewässerbewirtschaftung, Hochwasserschutz, Entwässerung, Deichunterhaltung
Kommunale Zusammenarbeit (Zweckverbände)	Satzungen	Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung
Kommunen	Örtliche Satzungen	Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, Gewässerbewirtschaftung, Hochwasserschutz, Entwässerung, Deichunterhaltung, Unterhaltung von Gewässern, die nicht Bund oder Land unterstehen und für die es keinen Wasser- und Bodenverband gibt

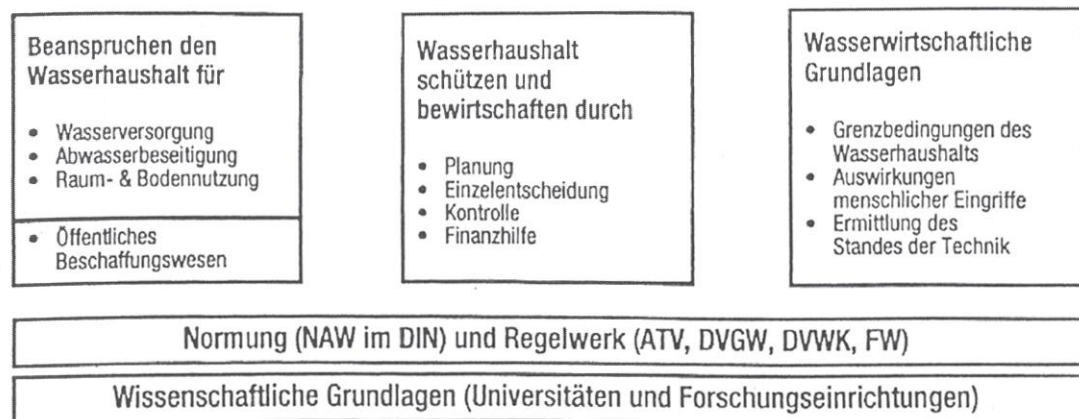
Quelle: NUNES CORREIA F. & R. KRAEMER 1997: Institutionen der Wasserwirtschaft in Europa, Euro-water / Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Bd. 1, 759 S.

A VI: Institutionen und Funktionen in der Wasserwirtschaft

Institutionen

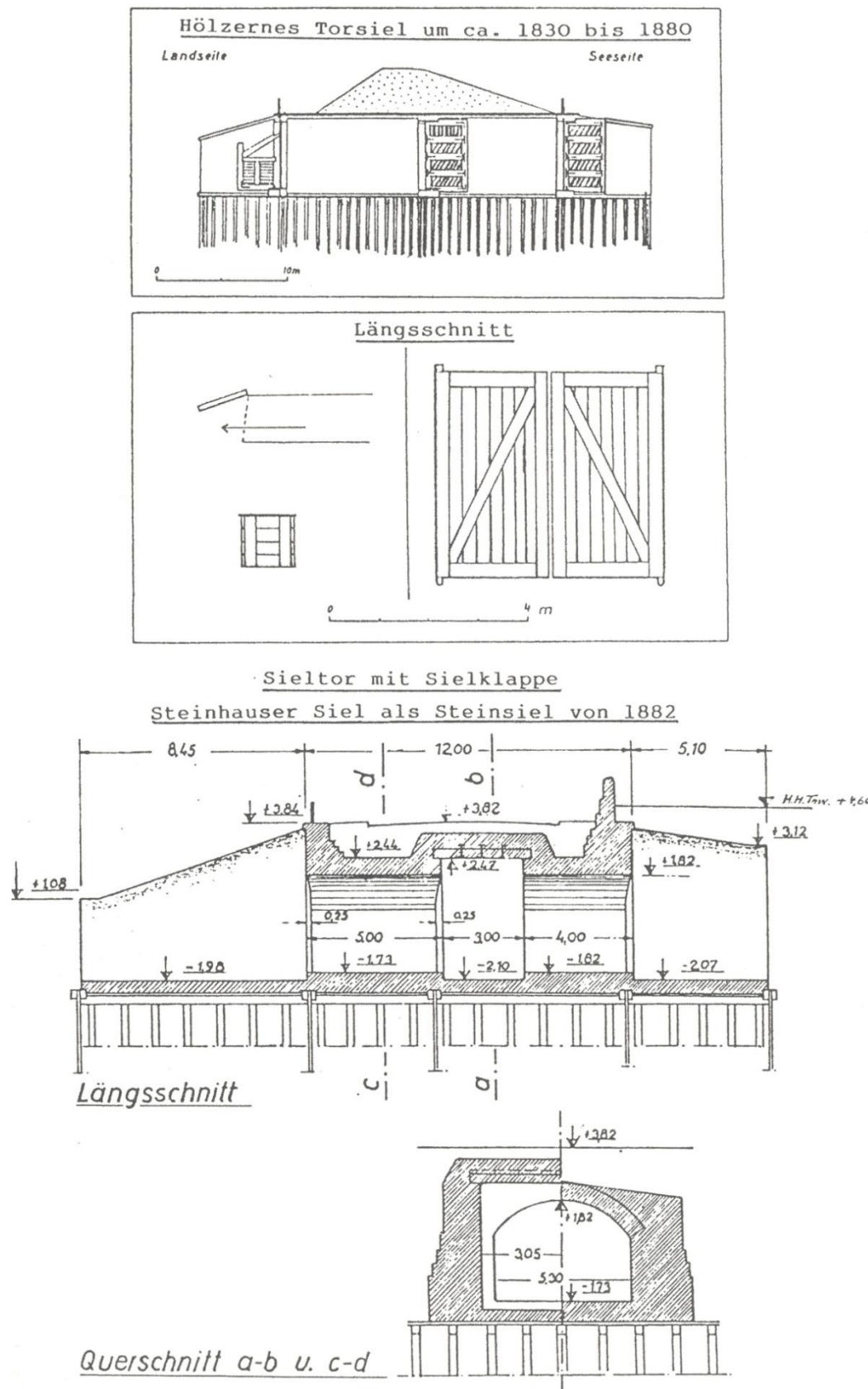


Funktionen

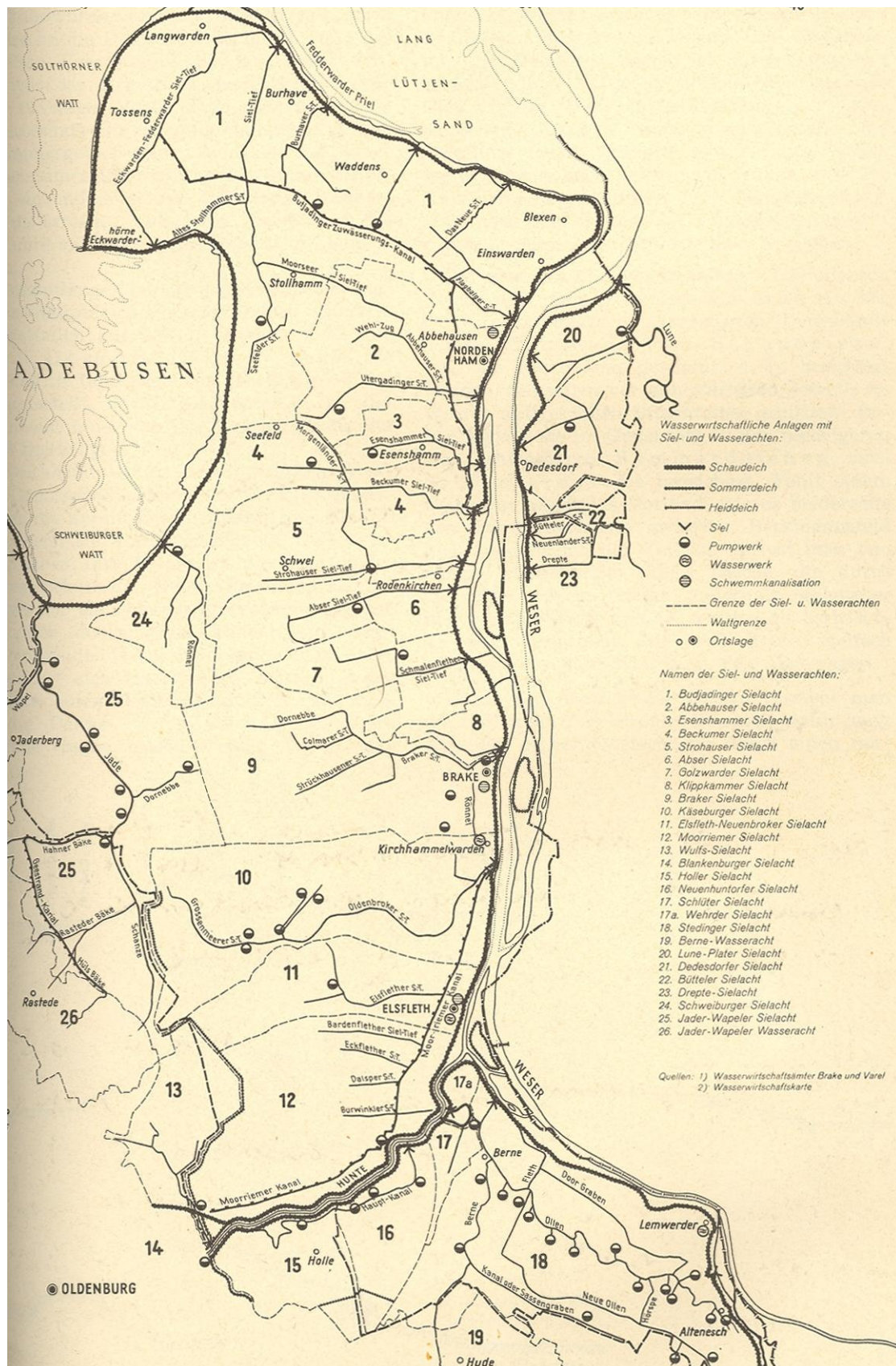


Quelle: NUNES CORREIA F. & R. KRAEMER 1997: Institutionen der Wasserwirtschaft in Europa, Euro-water / Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Bd. 1, 759 S.

A VII: Schnitt durch eine hölzernes Torsiel und ein Steinsiel

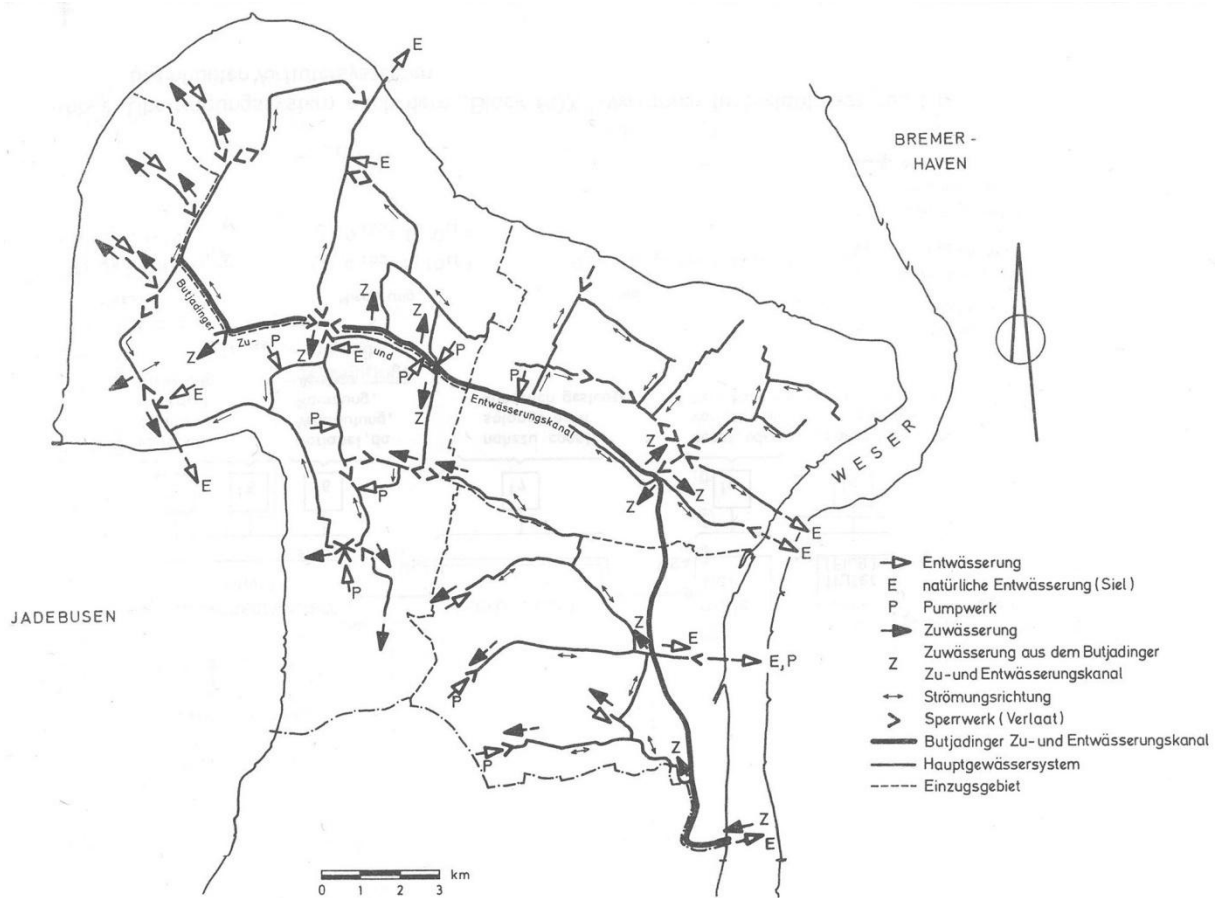


A VIII: Grenzen der Wasserverbände nach dem 2. Weltkrieg



Quelle: HANNEMANN M. 1954: Die Landkreise in Niedersachsen: Der Landkreis Wesermarsch (Verwaltungsbezirk Oldenburg), Kreisbeschreibung und Raumordnungsplan, Bremen, Reihe D, Bd. 10, 253 S.

A IX: Schematische Darstellung der Funktion des Zu- und Entwässerungssystems im Verbandsgebiet Butjadingen



Quelle: KUNZ H. 1975: Wasserhaushaltsuntersuchungen in tidebeeinflussten Gebieten, Mitteilungen aus dem Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und Landwirtschaftlichen Wasserbau, Hannover, Bd. 35, 196 S., Dissertation

A X Beispiel einer Ankündigung der Zuwässerung im Verbandsgebiet Butjadingen

[Home](#) » [Aus der Region](#) » [Landkreis Wesermarsch](#) » [Nordenham](#)

Es wird zugewässert

LANDWIRTSCHAFT Bis zum 24. Juli

HLO

BUTJADINGEN - Der Entwässerungsverband Butjadingen startet an diesem Montag, 29. Juni, eine neue Periode der Zuwässerung. Vom 29. Juni bis etwa 2. Juli wird im Raum Eckwarden, Roddens, Iffens zugewässert. Vom 2. bis etwa 6. Juli folgen Tossens, Ruhwarden, Seeverns, Süllwarden.

Daran schließen sich vom 6. bis etwa 9. Juli Abbehausen, Esenshamm, Moorsee, Großensiel an. Vom 9. bis etwa 11. Juli plant der Entwässerungsverband Wasser einzulassen in den Bereichen Phiesewarden, Blexen, Einswarden. Die Bereiche Fedderwardersiel, Langwarden, Schütting folgen vom 11. bis etwa 14. Juli.

Dann will der Verband zuwässern vom 14. bis etwa 18. Juli in Waddens, Burhave, Schweewarden, Flagbalger Bezirk und vom 19. bis etwa 21. Juli in Augustgroden sowie vom 21. bis etwa 24. Juli in Seefeld, Stollhamm, Osterhausen, Hünschen.

FUNKTIONEN



[Homepage](#)



[zurück](#)



[Drucken](#)



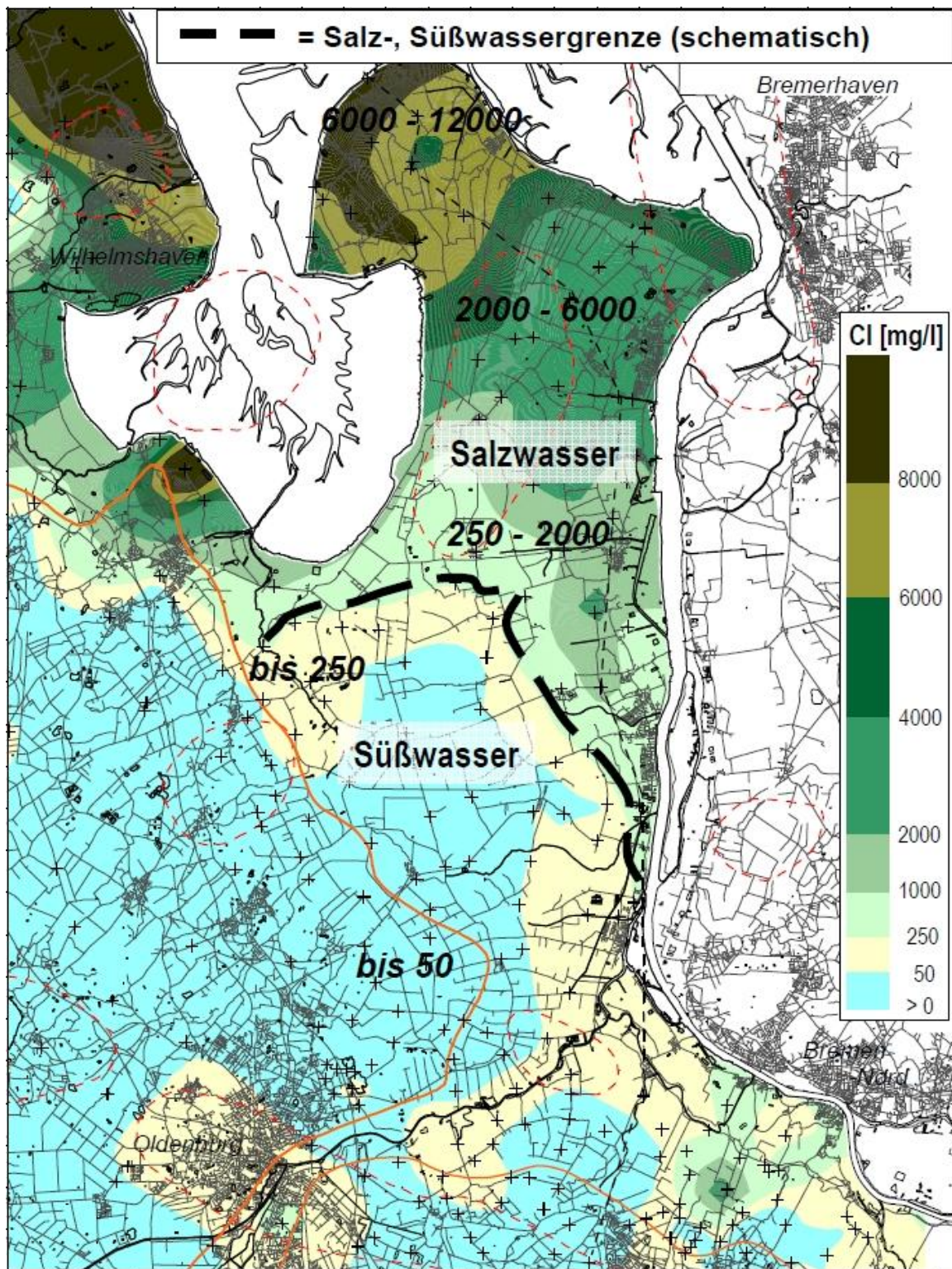
[Leserbrief](#)

29.06.2009

Quelle: NORDWEST-ZEITUNG (NWZ) vom 29.06.2009

http://www.nwzonline.de/index_regionalausgaben_kreis_wesermarsch_nordenham_artikel.php?id=2043148

A XI: Grundwasserversalzung im Landkreis Wesermarsch

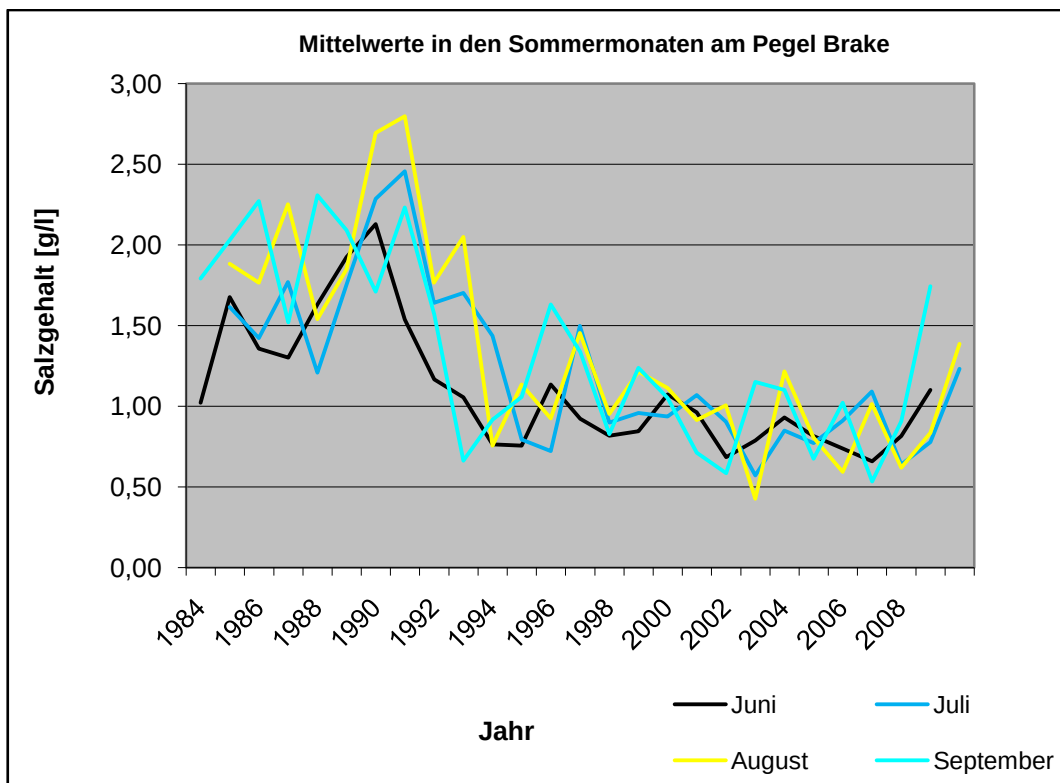
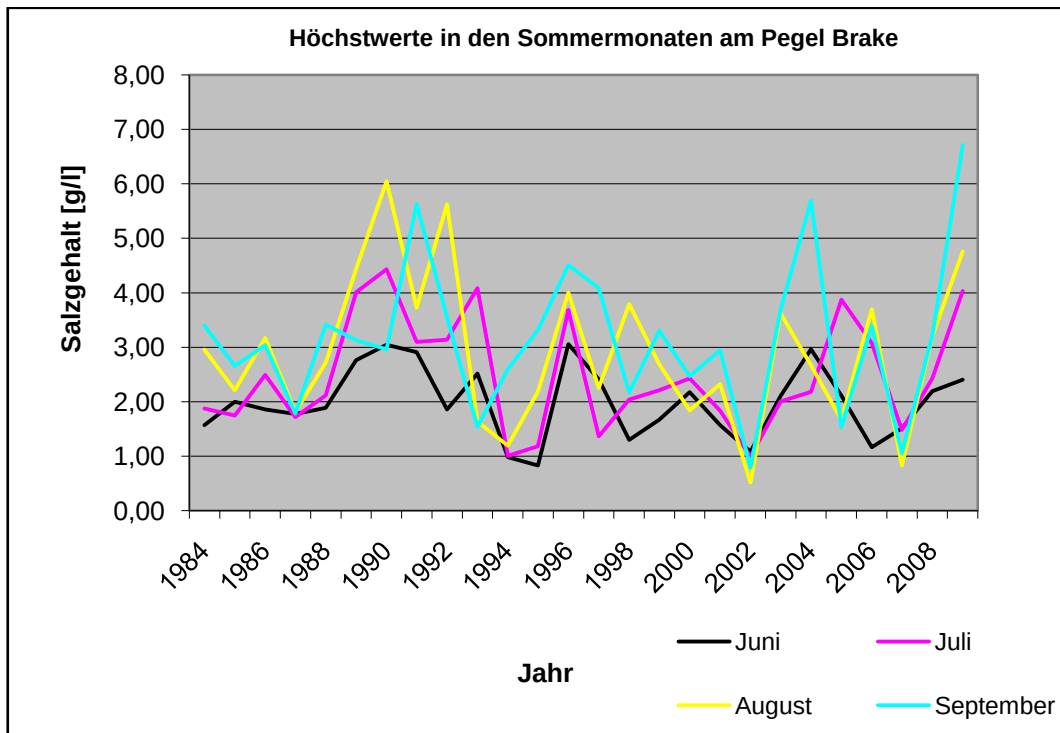


Quelle: WEUSTINK A. 2008: Grundwasserversalzung u. Entwässerung in der westlichen Unterweser-niederung

http://www.lbeg.de/extras/boden/downloads/boeden_kueste/16_weustink_grundwasserversalzung.pdf

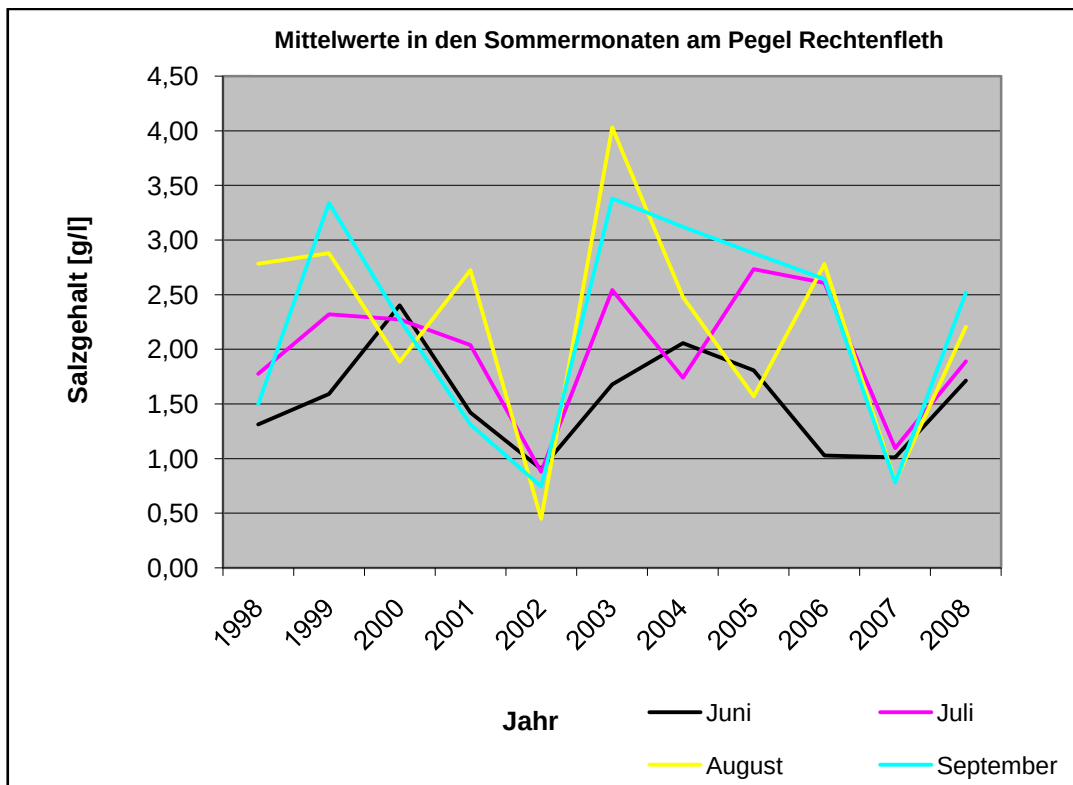
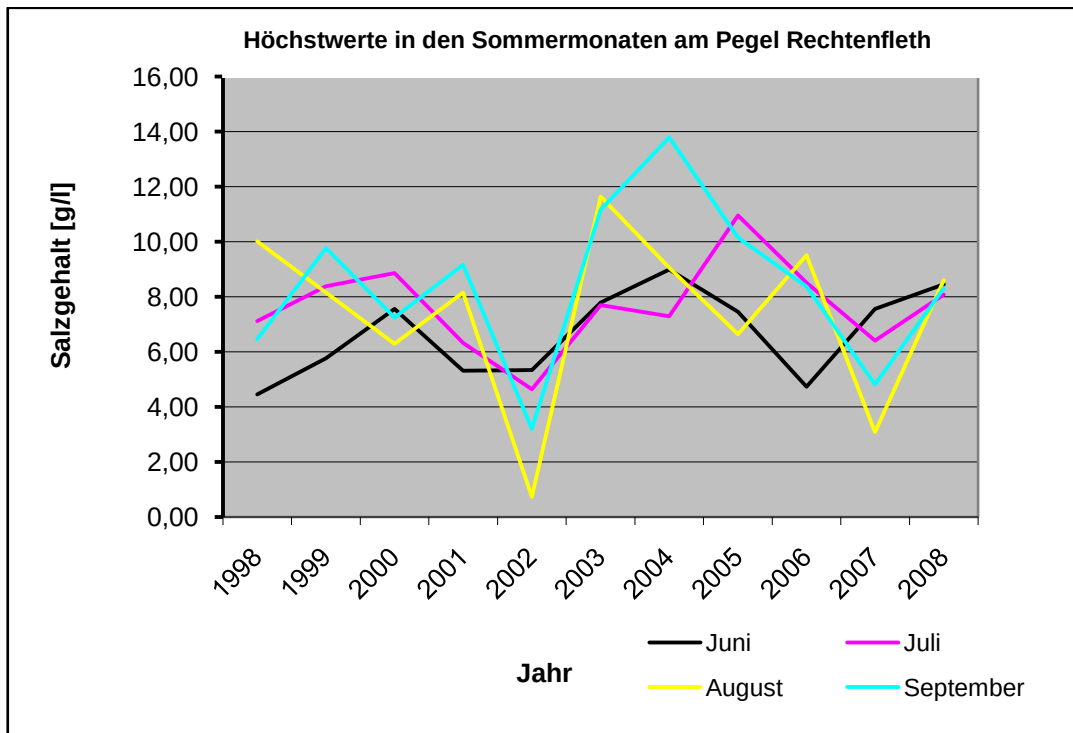
A XII: Graphische Darstellung der Mittel- und Höchstwerte am Pegel

Brake



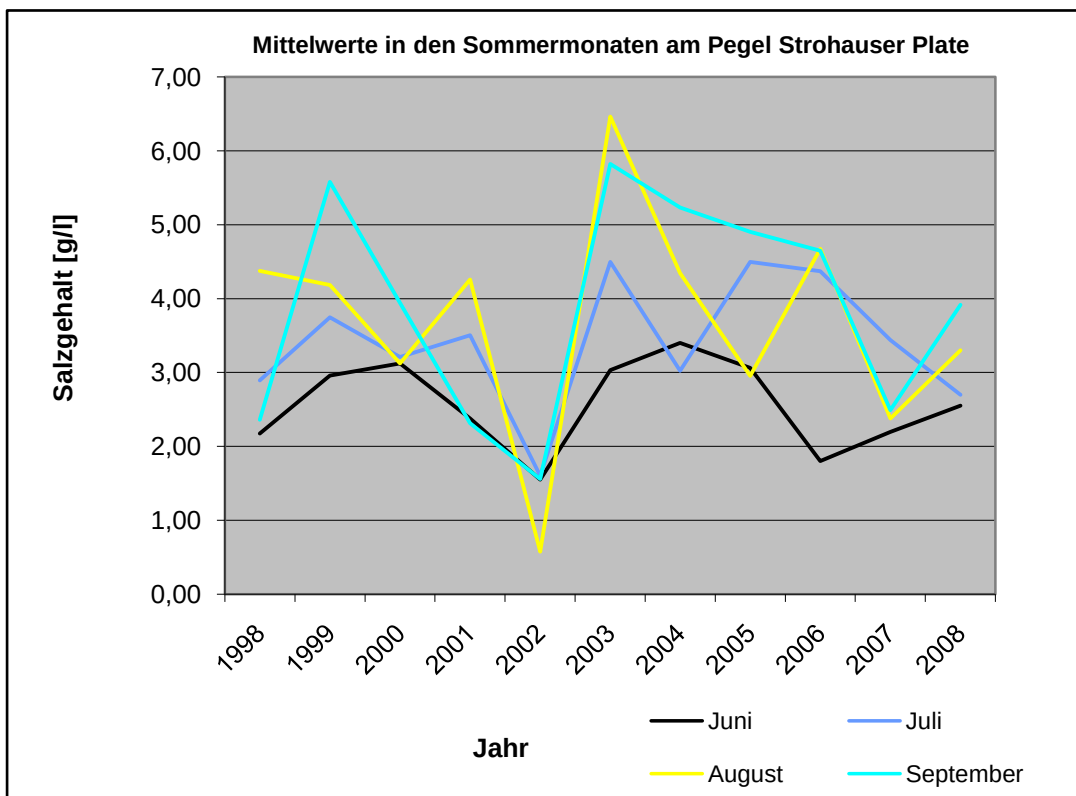
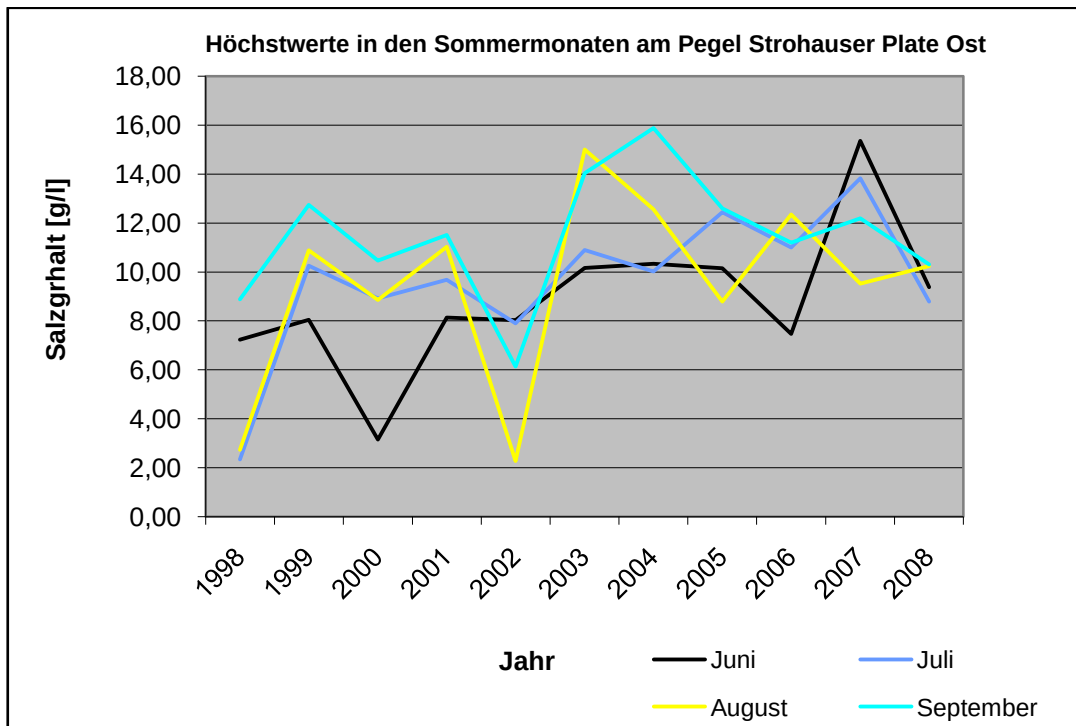
A XIII: Graphische Darstellung der Mittel- und Höchstwerte am Pegel Rechtenfleth

Rechtenfleth



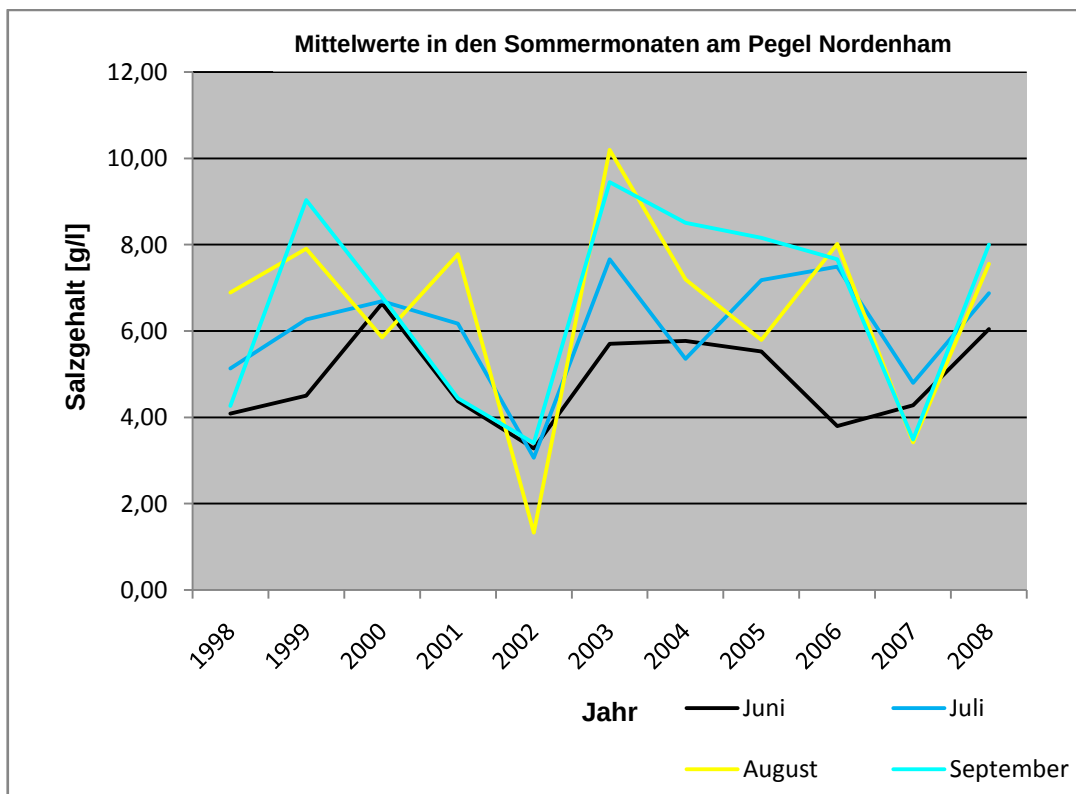
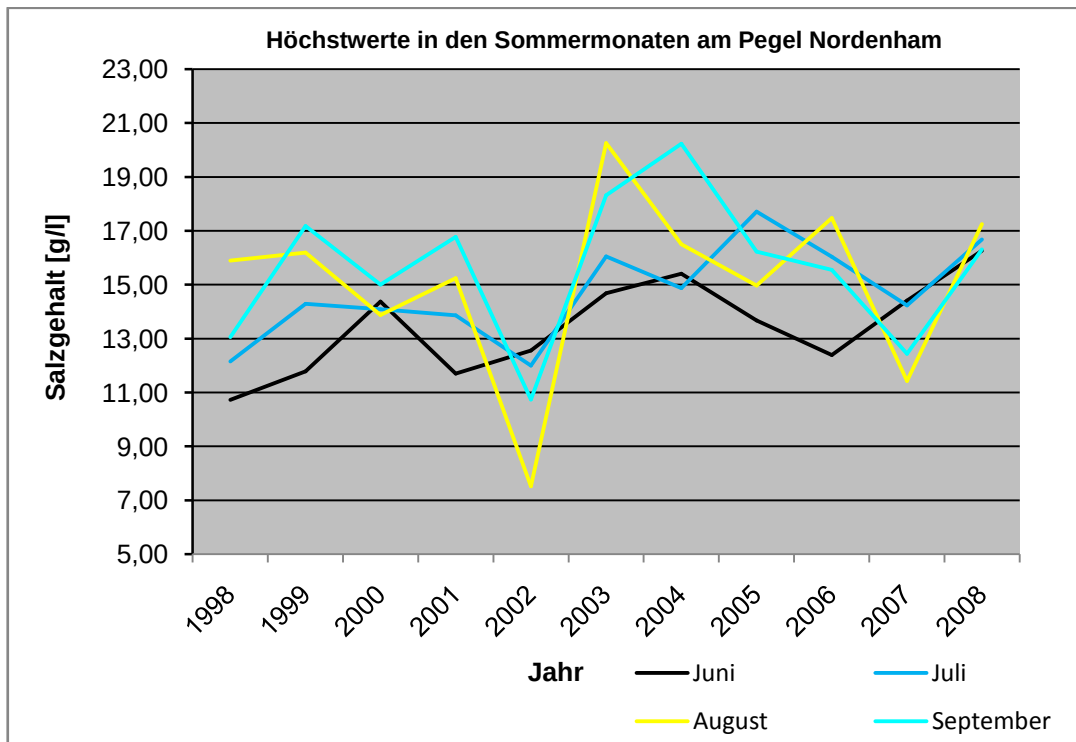
A XIV: Graphische Darstellung der Mittel- und Höchstwerte am Pegel

Strohauser Plate Ost

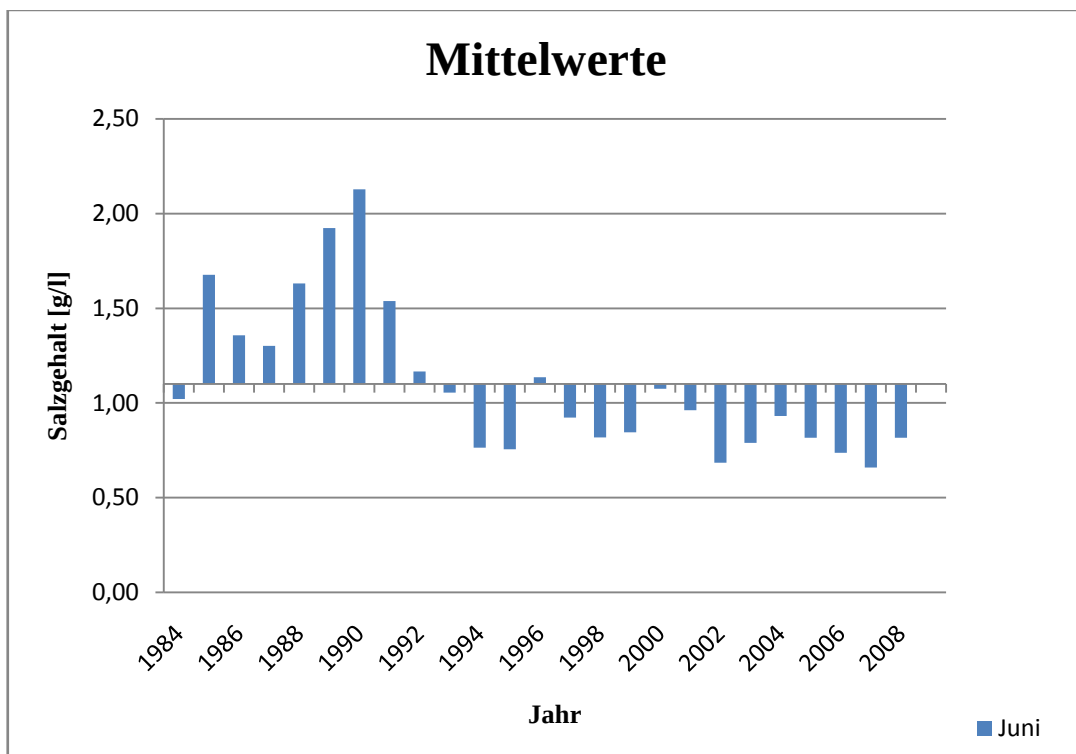
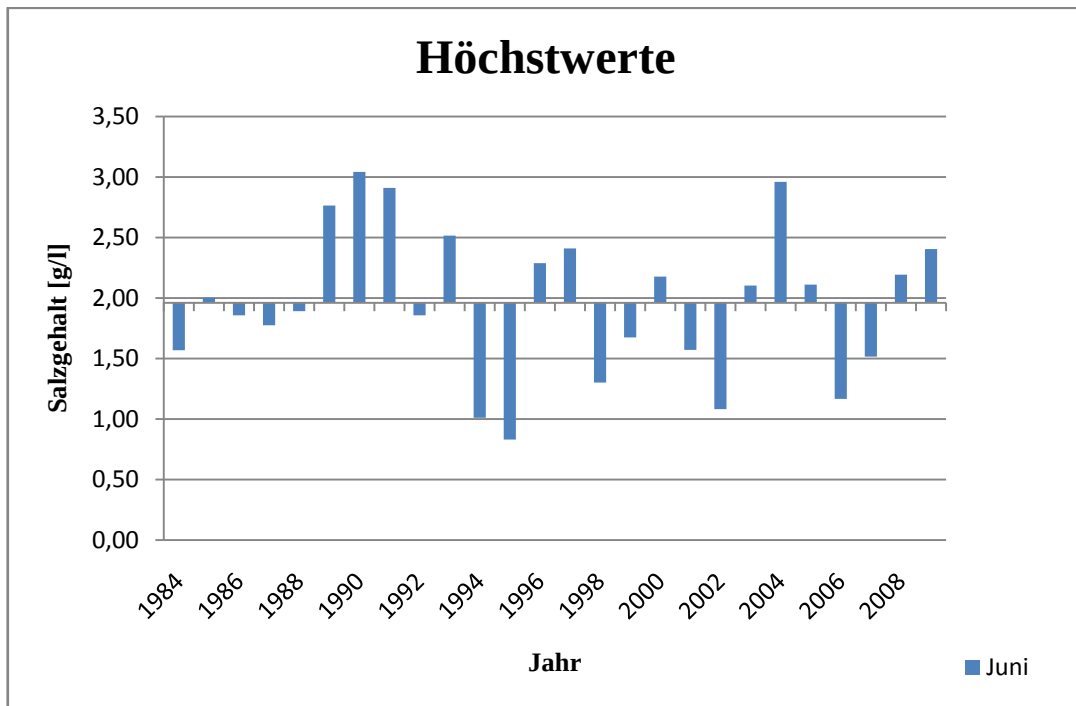


A XV: Graphische Darstellung der Mittel- und Höchstwerte am Pegel

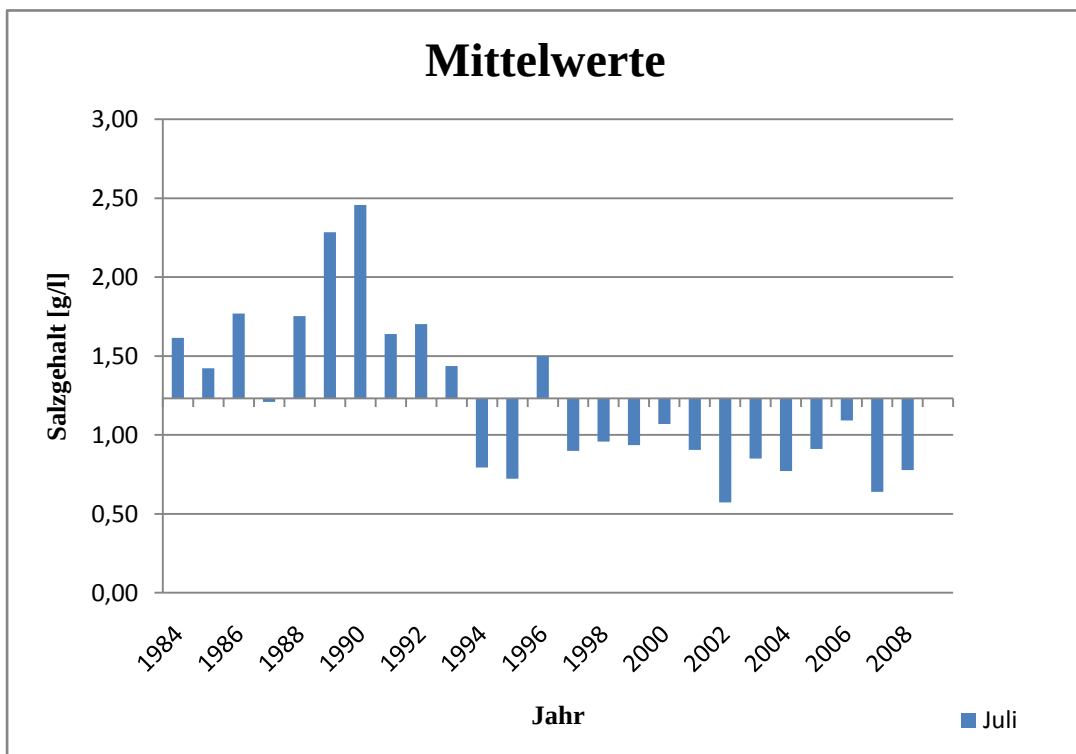
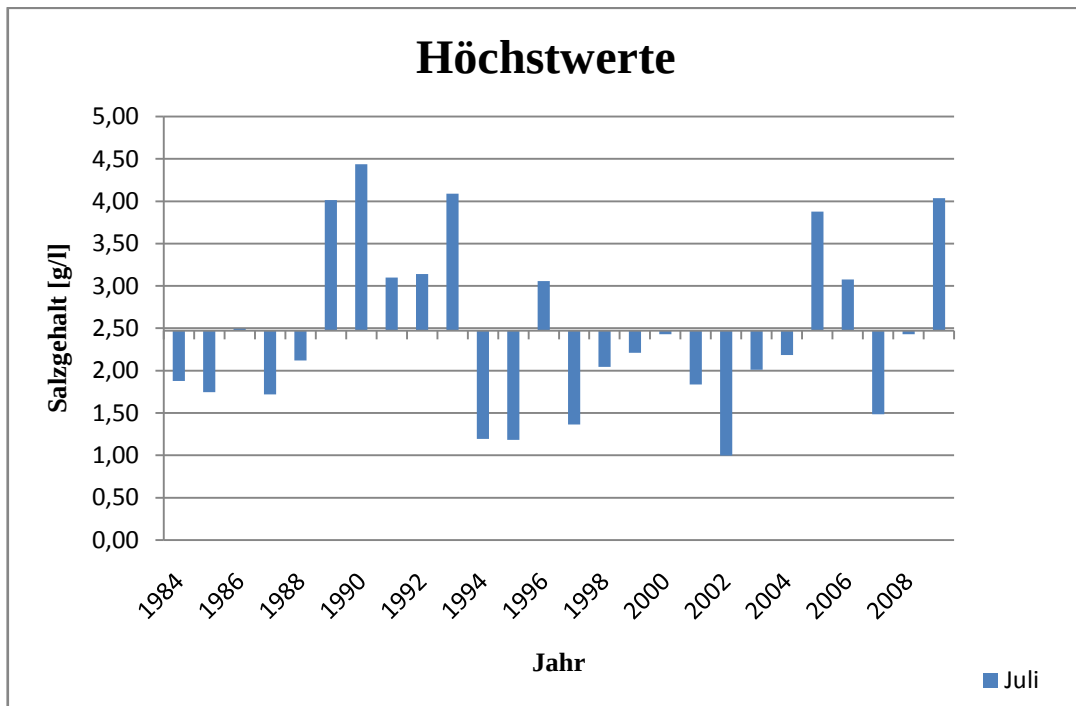
Nordenham



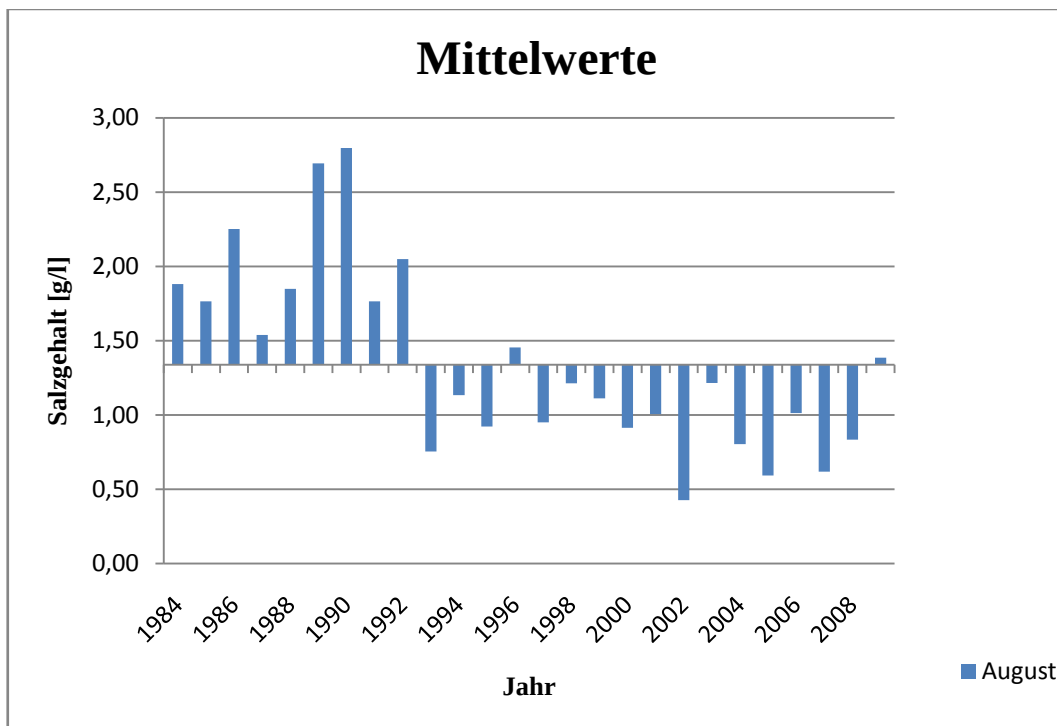
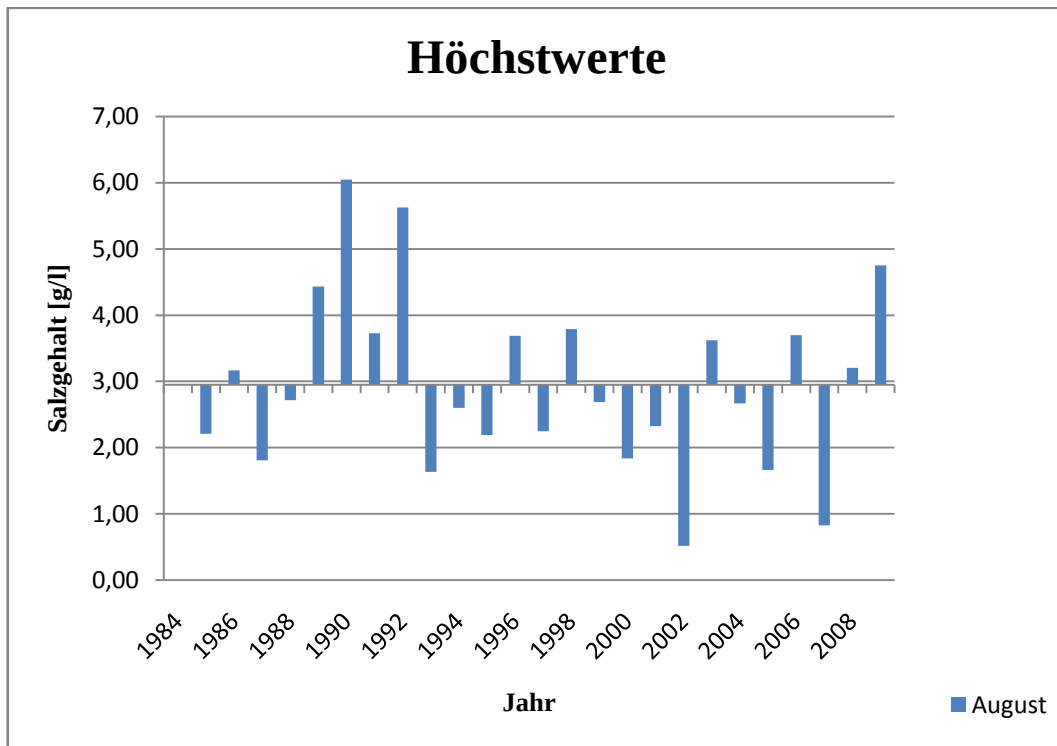
A XVI: Abweichungen vom langjährigen Mittel am Pegel Brake im Monat Juni



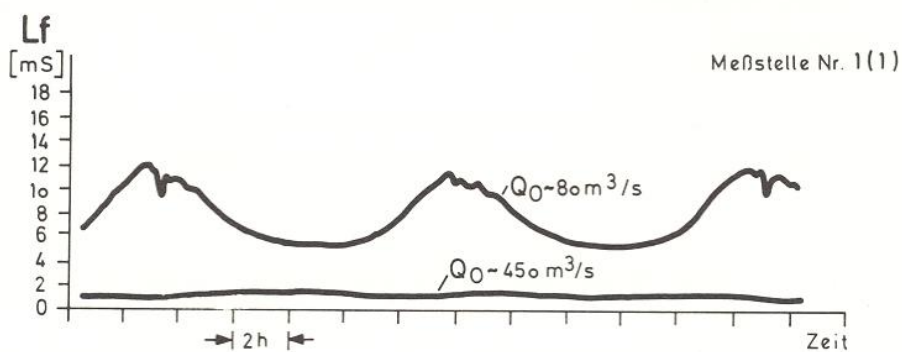
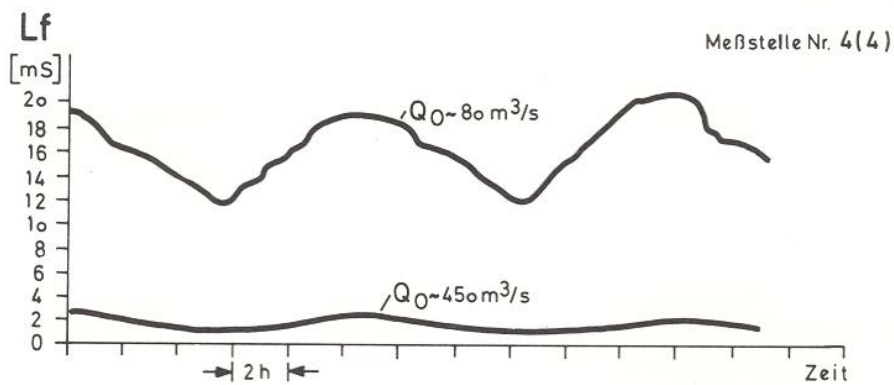
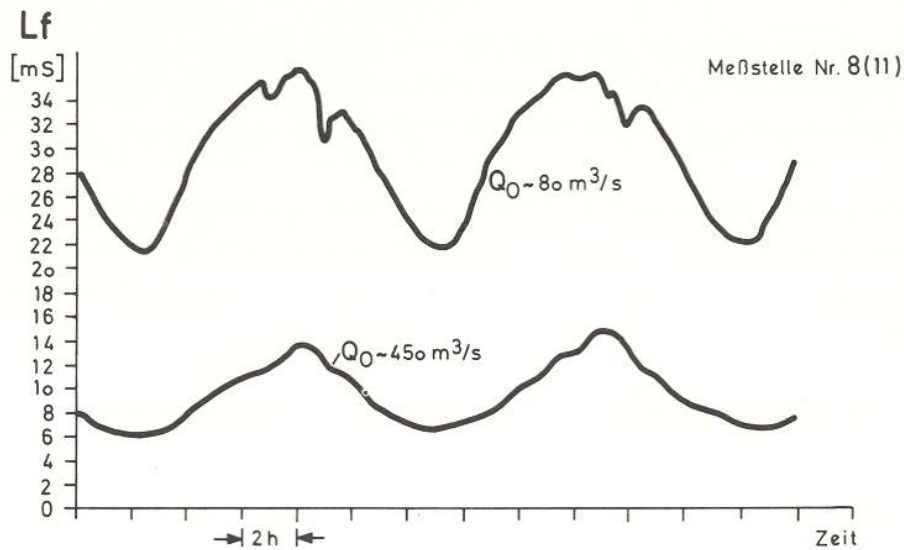
**A XVII: Abweichungen vom langjährigen Mittel am Pegel Brake im
Monat Juli**



A XVIII: Abweichungen vom langjährigen Mittel am Pegel Brake im Monat August



A XIX: Abhängigkeit von Ganglinien der Leitfähigkeit und des Oberwasserabflusses



Erläuterungen:

Q_0 = Abfluß am Pegel Intschede

Meßstellen: 1(1) = Elsfleth, 4(4) = Strohauser Plate, 8(11) = Bremerhaven

KUNZ H. 1979: Automatische Meßsysteme zur Steuerung und Kontrolle der Ableitung von Wärme sowie Radioaktivität in die Weser durch das Kernkraftwerk Unterweser In: WASSERWIRTSCHAFTSAMT BRAKE (UNTERWESER) (Hrsg.): Berichte zum KKV-Meßprogramm Wasser, H. 2, 96 S.

A XX **Auszug aus der Satzung des Deichverbandes Osterstader Marsch**

§ 35

Beitragsverhältnis

- A (1) Die Beitragslast verteilt sich auf die beitragspflichtigen Mitglieder im Verhältnis der Vorteile, die sie von der Durchführung der Aufgabe des Verbandes haben, und der Lasten, die der Verband auf sich nimmt, um von seinen Mitgliedern schädigende Einwirkungen abzuwenden oder um ihnen Leistungen abzunehmen. Vorteile sind auch die Erleichterung einer Pflicht des Mitgliedes und die Möglichkeit, die Maßnahmen des Verbandes zweckmäßig und wirtschaftlich zu nutzen (Vorteilsprinzip). Die im Zusammenhang mit der Hebung der Beiträge entstehenden Verwaltungskosten werden je zur Hälfte nach dem Einheitswertmaßstab bzw. nach der Anzahl der beitragspflichtigen Mitglieder verteilt.

Die Mitgliedsbeiträge errechnen sich danach wie folgt:

$$\frac{EW\ 1 \times (HA - \frac{1}{2} VK) + \frac{1}{2} VK}{EW\ 2 \quad E} = \text{Beitrag}$$

In dieser Formel bedeuten:

EW 1	=	gewichteter Einheitswert oder Ersatzeinheitswert
HA	=	Ansatz der erforderlichen Beitragseinnahmen nach dem ordentlichen Haushalt
VK	=	Verwaltungskosten (Hebungskosten)
EW 2	=	Summe aller gewichteten Einheits- und Ersatzeinheitswerte
E	=	Anzahl der beitragspflichtigen Mitglieder

- (2) Grundsätzlich sind die vom Finanzamt ermittelten Einheitswerte maßgeblich.

Ersatzeinheitsbewertungen werden in folgenden Fällen durchgeführt:

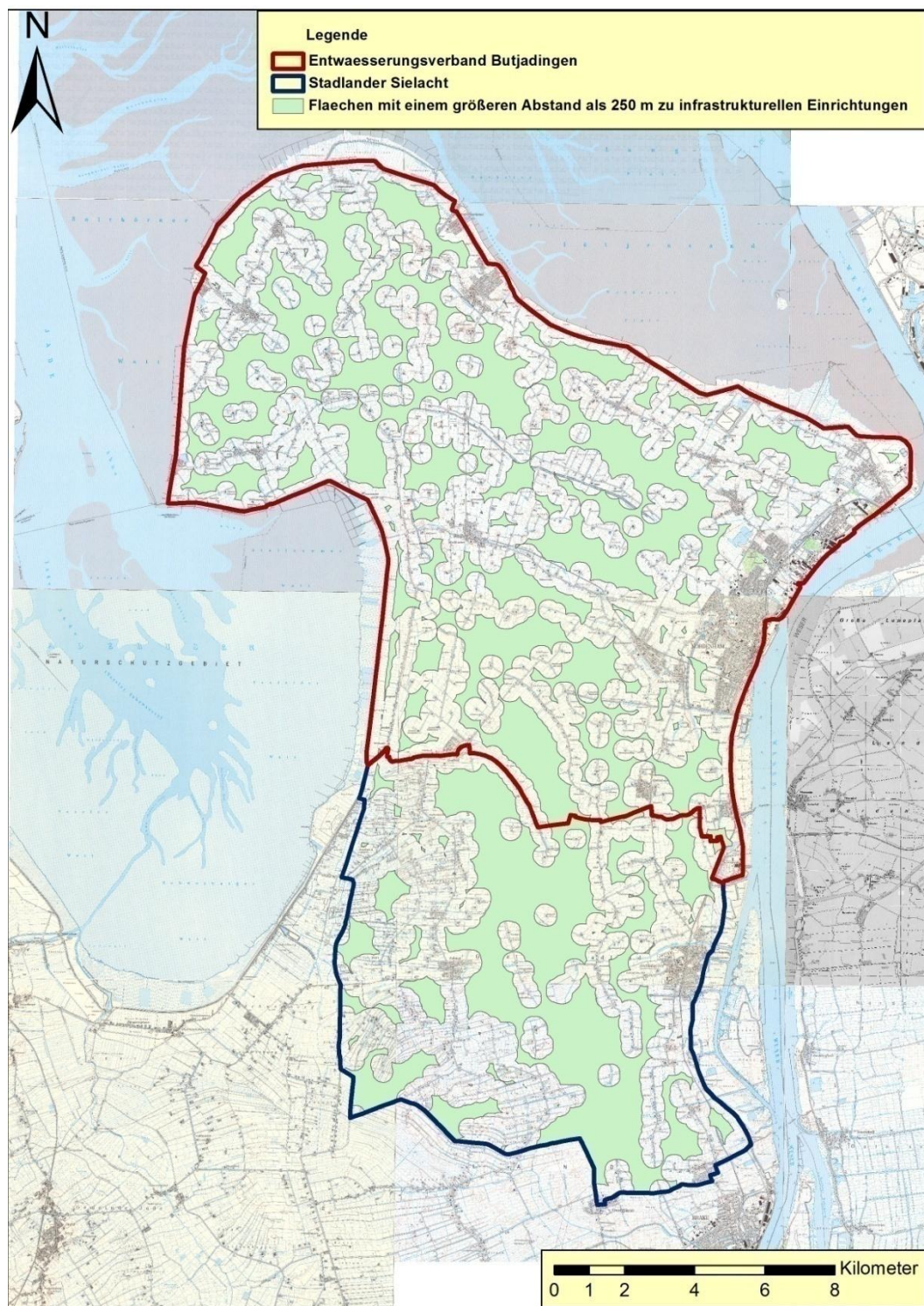
- Bei Grundstücken, für die ein Einheitswert noch nicht festgesetzt worden ist bzw. noch nicht vorliegt, werden die Durchschnittswerte der nach der Nutzungsart vergleichbaren Flächen im Verbandsgebiet multipliziert mit dem Flächeninhalt zugrunde gelegt. Die Einzelheiten ergeben sich aus Anlage IV, die Bestandteil dieser Satzung ist.
stimmen Grundsätzen ermittelt. Ist der so ermittelte Teileinheitswert größer als der vom Finanzamt festgesetzte (Gesamt-)Einheitswert, wird dieser als Ersatz-einheitswert zugrunde gelegt.
- Bei der Ermittlung der Ersatzeinheitswerte für im öffentlichen Eigentum stehende nicht einheitsbewertete Gemeinbedarfsflächen (insbesondere Verkehrsflächen) wird der durchschnittliche Einheitswert pro m² aller einheitsbewerteten Flächen im Verbandsgebiet multipliziert mit der jeweiligen Gemeinbedarfsfläche zugrunde gelegt.
- Der vergleichbare Durchschnittseinheitswert wird in den Fällen der Buchstaben a) und b) getrennt für land- und forstwirtschaftliche Flächen und nicht land- und forstwirtschaftliche Flächen ermittelt. Die Ermittlung der Durchschnittswerte erfolgt unter Berücksichtigung der Anlage IV.

Eine Fortschreibung der Ersatzeinheitsbewertung findet erstmals im Jahre 2002 und danach in Abständen jeweils von fünf Jahren statt.

- (3) Die Einheits- und Ersatzeinheitswerte der Flächen im Verbandsgebiet werden mit nachfolgenden Faktoren gewichtet:
- | | |
|--|-------|
| a) der nicht land- und forstwirtschaftlichen Flächen unter NN + 6,00 m | x 1,0 |
| b) der land- und forstwirtschaftlichen Flächen unter NN 6,00 m | x 1,0 |
| c) der nicht land- und forstwirtschaftlichen Flächen in Insellage über NN + 6,00 m | x 0,2 |
| d) der land- und forstwirtschaftlichen Flächen in Insellage über NN + 6,00 m | x 0,1 |
| e) der Flächen in Grenzlage über NN + 6,00 m | x 0,0 |
| f) der Flächen der Sommerdeichpolder | x 0,0 |
- (4) Der Jahresbeitrag bemißt sich nach den Angaben per 01. Januar eines Veranlagungs-jahres, die dem Verband aufgrund der letzten Benachrichtigung über die Festsetzung von Einheitswerten des Finanzamtes oder aufgrund von Änderungsmitteilungen von Verbandsmitgliedern bekannt geworden sind.
- (5) Verbandsanlagen und verbandseigene Flächen, die den Aufgaben des Verbandes un-mittelbar dienen, wie zum Beispiel Deich-, Siel- und Schöpfwerksgrundstücke, sind von den Beiträgen befreit.

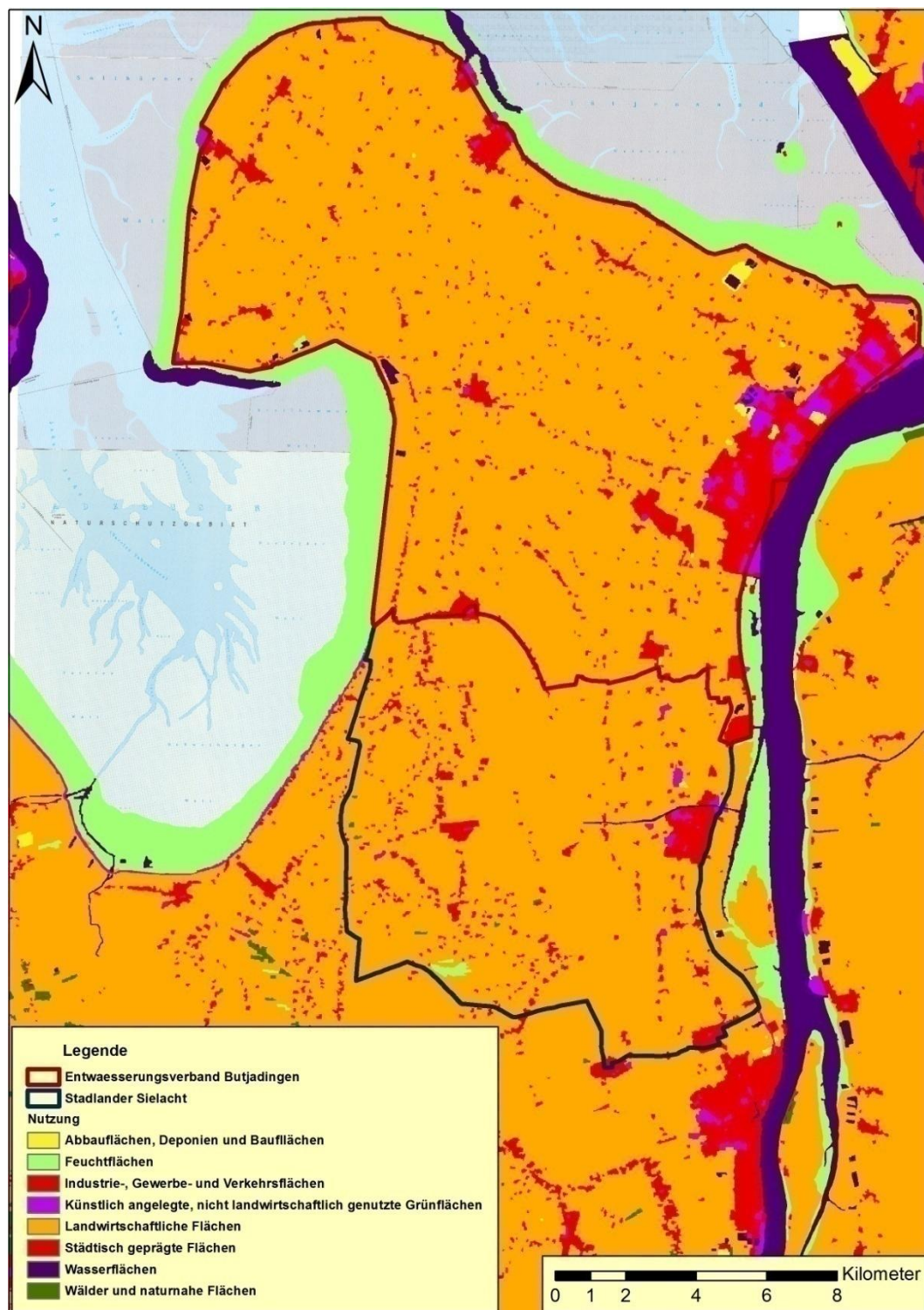
(WVG § 30)

XXI: Flächen im Untersuchungsgebiet mit einem Mindestabstand von 250m zu Infrastruktureinrichtungen



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf dem Shapefile des Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie sowie der Kartengrundlage des **LGN**

A XXII: Landnutzung im Untersuchungsgebiet



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf dem Shapefile des Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie sowie der Kartengrundlage des 

Danksagung

Bedanken möchte ich mich zuerst bei Prof. Dr. Helge Bormann für die Herausgabe des Themas und die hervorragende Betreuung während der kompletten Bearbeitungszeit. PD Dr. Holger Freund danke ich für die Übernahme der Funktion des zweiten Gutachters.

Dr. Kirsten Klaassen danke ich für die ausgezeichnete Atmosphäre im Büro sowie das immer offene Ohr und die Hilfe bei allen anfallenden Problemen.

An Herrn Pape und Herr Wulff von der Stadlander Sielacht; Herr Uffmann und Herrn Dunkhase vom Entwässerungsverband Butjadingen geht mein Dank für die Bereitstellung der Unterlagen und Hilfe bei meinen Fragen zur Funktionsweise des Wassermanagementsystems.

Herrn Lange vom WSA Bremerhaven und Herrn Krause NLWKN möchte ich für die Bereitstellung der Salinitätsdaten und die Beantwortung der dabei auftauchenden Probleme bedanken.

Bedanken möchte ich mich auch bei allen Freuden und Bekannten, die mich auf dem Weg begleitet haben und immer ein offenes Ohr für mich hatten.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken ohne die vieles in meinem Leben inkl. des Studiums nicht möglich gewesen wäre.

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Außerdem versichere ich, dass ich die allgemeinen Prinzipien wissenschaftlicher Arbeit und Veröffentlichung, wie sie in den Leitlinien guter wissenschaftlicher Praxis der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg festgelegt sind, befolgt habe.

Unterschrift