



Zukunft der Binnenentwässerung: Strategische Ausrichtung in Zeiten des Wandels

Eine Betrachtung für das Verbandsgebiet des I. Entwässerungsverbandes Emden

Impressum

Diese Broschüre ist im Rahmen des BMU-geförderten Forschungsprojektes *KLEVER – Klimaoptimiertes Entwässerungsmanagement im Verbandsgebiet Emden* entstanden. An der Erarbeitung der Inhalte waren neben dem Projektteam der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, der Jade Hochschule und der Firma Küste und Raum folgende Kooperationspartner beteiligt: I. Entwässerungsverband Emden, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Landkreis Aurich und Stadt Emden.

Förderung

Gefördert durch:



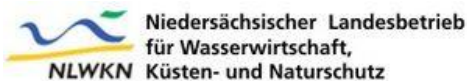
Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektteam



Kooperationspartner



Text

Dipl.-Ing. Jan Spiekermann
Dr. Frank Ahlhorn
Apl. Prof. Dr. Helge Bormann
M.Sc. Jenny Kebschull

Universität Oldenburg
Küste und Raum
Jade Hochschule
Jade Hochschule

Layout

Jan Spiekermann

Fotos

I. Entwässerungsverband Emden und Jan Spiekermann

Diagramme

Helge Bormann und Jenny Kebschull

Karten & Schaubilder

Karla Schulze und Jan Spiekermann

Druck

flyerheaven GmbH & Co.KG, Oldenburg
Auflage: 1000

Oldenburg, Oktober 2018

Kontakt

Dr. Peter Schaal
Universität Oldenburg
peter.schaal@uol.de
+49 (0) 441 / 798-4689

Apl. Prof. Dr. Helge Bormann
Jade Hochschule
helge.bormann@jade-hs.de
+49 (0) 441 / 7708-3775

Weitere Informationen

<https://uol.de/KLEVER>

1	Hintergrund und Zielsetzung von KLEVER	2
2	Betrachtungsraum – Das Verbandsgebiet des I. Entwässerungsverbandes Emden	4
3	Historische Entwicklung der Entwässerung im Verbandsgebiet des I. EVE	8
4	Funktionsweise des Entwässerungssystems im Verbandsgebiet des I. EVE	12
5	Hydrologische Auswirkungen von Klimawandel Meeresspiegelanstieg und Versiegelung	22
6	Akteursbeteiligung im Rahmen von KLEVER	28
7	Anforderungen an das Entwässerungsmanagement im Verbandsgebiet des I. EVE	30
8	Potenzielle Maßnahmen zur Anpassung des Entwässerungssystems und –managements	34
9	Bewertung der Maßnahmenbereiche durch die beteiligten Akteure	36
10	Konkretisierung von Maßnahmenoptionen durch die beteiligten Akteure	39
11	Quantifizierung der Wirksamkeit definierter Maßnahmenoptionen	40
12	Ausblick: Wege zu einem klimaoptimierten Entwässerungsmanagement	44
	Anhang: Erläuterungen zu den potenziellen Maßnahmenbereichen	46

1 Hintergrund und Zielsetzung von KLEVER

Die anthropogen gesteuerte Entwässerung der eingedeichten Niederungsgebiete entlang der Nordseeküste bildet seit Jahrhunderten eine zentrale Voraussetzung für die Nutzung der Küstenregion als Kulturlandschaft und Siedlungsraum. Im Laufe der Zeit ist eine komplexe Entwässerungsinfrastruktur entstanden, die von Entwässerungsverbänden und Sielachten betrieben und unterhalten wird.

Als besonders anspruchsvoll stellt sich die Entwässerungssituation im Gebiet des I. Entwässerungsverbandes Emden (I. EVE) dar, dessen Geländeoberfläche zu rund einem Drittel unterhalb von Normalhöhen-Null liegt. Aufgrund der Topographie des Verbandsgebietes kann lediglich während kurzer Tideniedrigwasserphasen im natürlichen Gefälle in die Außenems entwässert werden (Sielbetrieb). In den übrigen Zeiträumen – d. h. bei höheren Tidewasserständen – ist die Entwässerung dagegen nur durch Pumpeneinsatz möglich (Schöpfbetrieb). Ohne eine funktionierende Entwässerung würde es im Verbandsgebiet regelmäßig zu großflächigen Überschwemmungen kommen.

Trotz des erreichten Ausbauzustandes des Entwässerungssystems gerät die Binnenentwässerung im Verbandsgebiet des I. EVE bei extremen Wettersituationen wie Sturmfluten und langanhaltenden Dauerregenperioden bereits heutzutage an ihre Kapazitätsgrenzen. Aufgrund der Folgen des Klimawandels (Veränderung der Niederschlagsverhältnisse, Meeresspiegelanstieg) sowie durch fortschreitende Flächenversiegelungen werden sich die Belastungen des Systems künftig zusätzlich erhöhen.

Vor diesem Hintergrund bestanden die Zielsetzungen des KLEVER-Projektes insbesondere darin,

- 1) mit Hilfe modellgestützter Szenarienanalysen die zu erwartenden Auswirkungen der sich ändernden Einflussfaktoren auf die Binnenentwässerung im Verbandsgebiet des I. EVE zu untersuchen,
- 2) im Rahmen eines projektbegleitenden Beteiligungsprozesses denkbare Maßnahmenoptionen zur Anpassung des Entwässerungssystems und -managements zu identifizieren und diese einer multikriteriellen Bewertung zu unterziehen,
- 3) ausgewählte Maßnahmenoptionen hinsichtlich ihrer potenziellen Wirksamkeit zu quantifizieren.

Ein wichtiges Element des projektbegleitenden Beteiligungsprozesses stellte das KLEVER-Akteursforum dar, dem neben den beteiligten Kooperationspartnern weitere regionale Akteure aus den Bereichen Wasserwirtschaft, Naturschutz, Landwirtschaft, Binnenfischerei, Tourismus, Raumplanung und Katastrophenschutz angehörten.



Lage des Verbandsgebietes

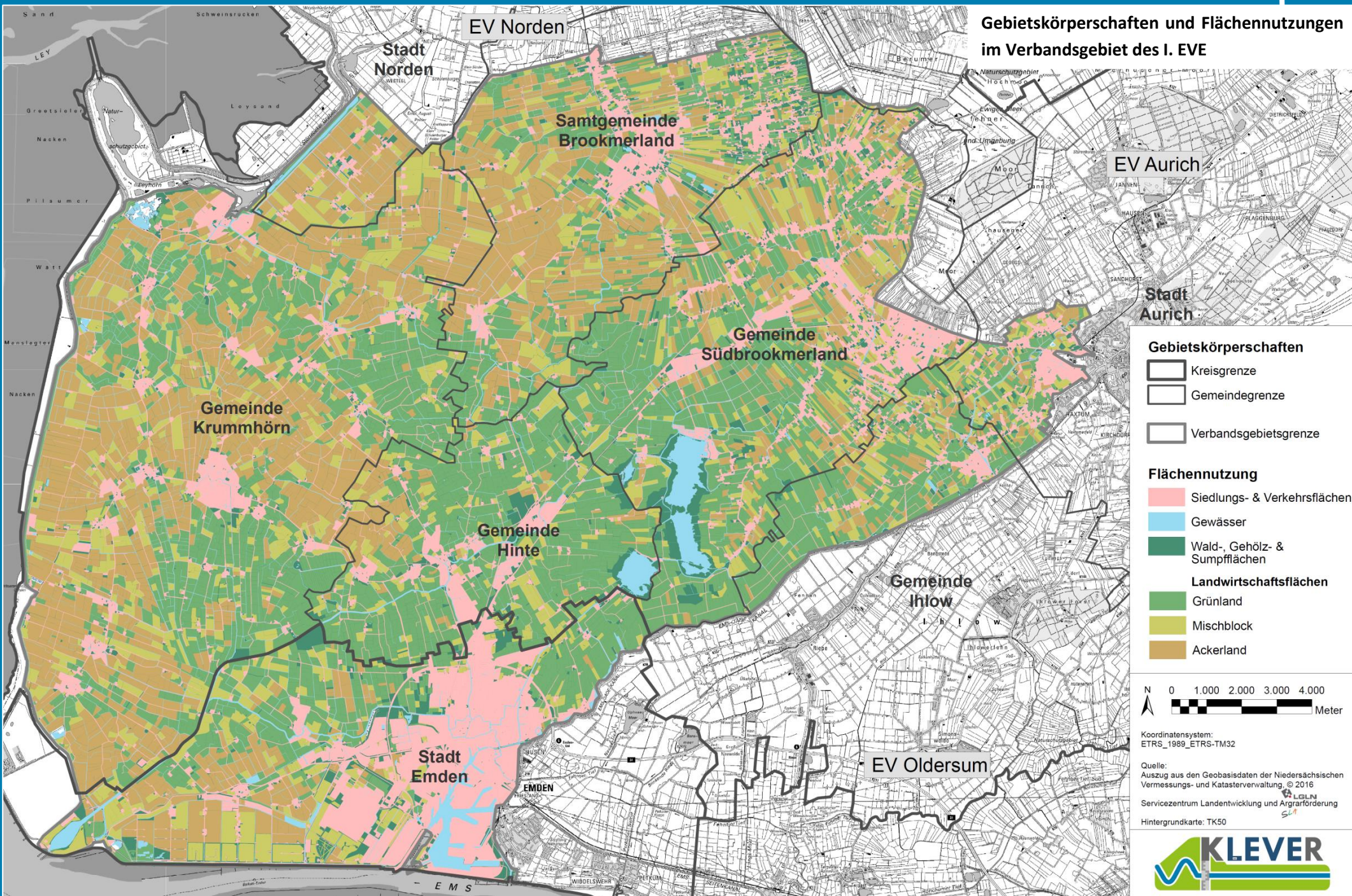
Das Verbandsgebiet des I. Entwässerungsverbandes Emden (I. EVE) liegt innerhalb des Landkreises Aurich und der kreisfreien Stadt Emden in der Region Ostfriesland im Nordwesten Niedersachsens. Es erstreckt sich im Süden und Westen entlang der Küstendeichlinie von Emden über Greetsiel bis Leybucht polder, wird im Nordosten von den Entwässerungsverbänden Norden und Aurich begrenzt und im Südosten durch den Ems-Jade-Kanal vom Entwässerungsverband Oldersum getrennt. Zum Verbandsgebiet gehören die Gemeinden Krummhörn, Hinte, Brookmerland und Südbrookmerland, rund zwei Drittel des Stadtgebietes von Emden sowie kleine Teilbereiche der Stadtgebiete von Aurich und Norden und des Gemeindegebietes von Ihlow (s. Karte).

Flächennutzungen

Das Verbandsgebiet des I. EVE, in dem etwa 100.000 Einwohner leben, umfasst rund 465 km² (ohne Deichvorlandflächen). Mit einem Anteil von 77 % wird der Großteil des Gebietes landwirtschaftlich genutzt, etwa 17 % entfallen auf Siedlungs- und Verkehrsflächen. Wasserflächen (Seen und Gewässer II. Ordnung) nehmen rund 4 % der Fläche ein, während der Anteil an Wald-, Gehölz- und Sumpfflächen insgesamt bei knapp 2 % liegt (s. Karte).

Die Böden bestehen überwiegend aus Kalk-, Klei- und Knickmarschen, die in Richtung des Geestrandes zum Teil in Moormarschen und Erdmoore übergehen. Im Bereich des Geesthangs im östlichen Verbandsgebiet dominieren Gleye, Podsol und anthropogene Böden.

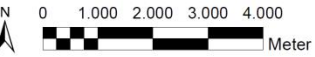




Gebietskörperschaften und Flächennutzungen im Verbandsgebiet des I. EVE

- Gebietskörperschaften**
- Kreisgrenze
 - Gemeindegrenze
 - Verbandsgebietsgrenze

- Flächennutzung**
- Siedlungs- & Verkehrsflächen
 - Gewässer
 - Wald-, Gehölz- & Sumpfflächen
 - Landwirtschaftsflächen**
 - Grünland
 - Mischblock
 - Ackerland



Koordinatensystem:
ETRS_1989_ETRS-TM32

Quelle:
Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2016

Servicezentrum Landentwicklung und Agrarförderung

Hintergrundkarte: TK50



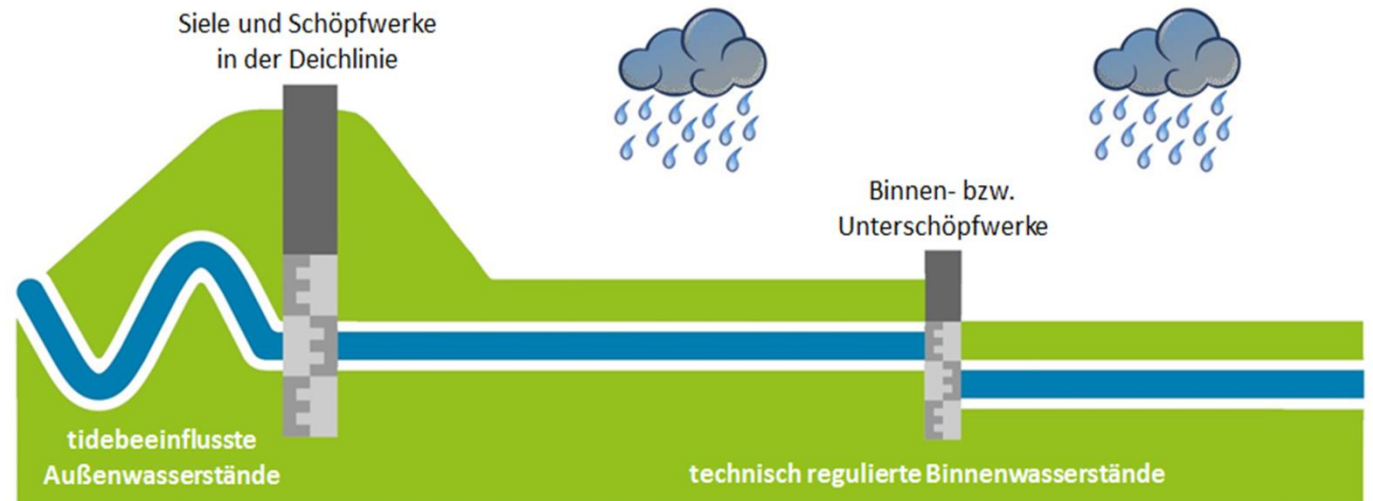
Topographie

Die Geländeoberfläche des Verbandsgebietes liegt überwiegend sehr niedrig. Mehr als ein Drittel der Flächen befinden sich unterhalb von Normalhöhen-Null (NHN), mit dem tiefsten Punkt bei ca. -2,5 m NHN im Bereich des trocken gelegten Freepsumer Meeres. Rund ein weiteres Drittel des Gebietes bewegt sich nur knapp oberhalb von Normalhöhen-Null im Bereich bis +1,00 m NHN, gefolgt von etwa 15 % Flächenanteil im Bereich von +1,00 m bis +2,00 m NHN. Lediglich am Geesthang im östlichen Teil des Verbandsgebietes, in aufgeschütteten bzw. aufgespülten Bereichen des Stadtgebietes von Emden sowie in den historischen Wurtensiedlungen erreichen die Geländehöhen auf einer Fläche von ebenfalls ca. 15 % Werte oberhalb von +2,00 m NHN bis hin zu +7,00 m NHN (s. Karte).

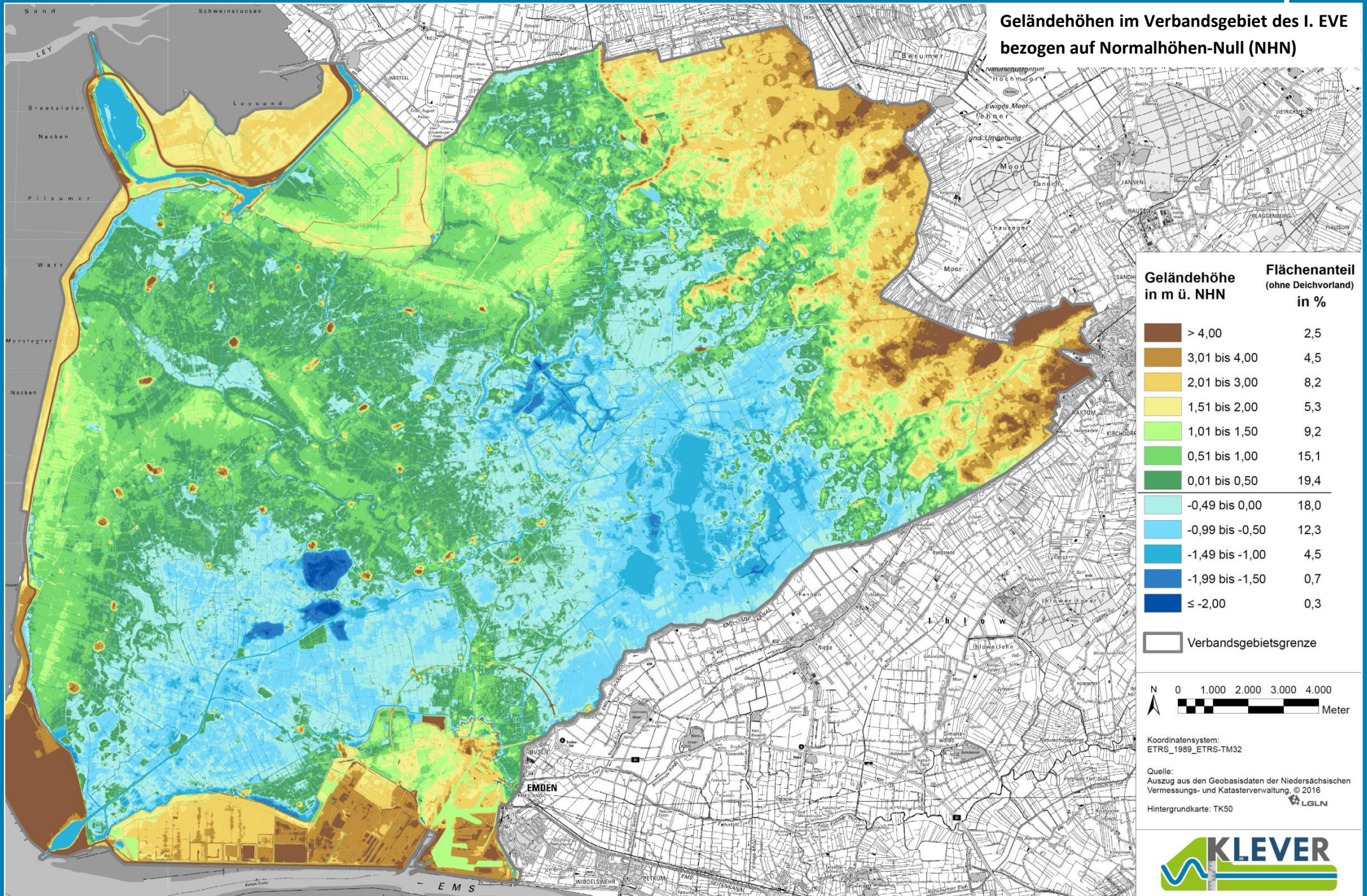
In den aufsedimentierten Deichvorlandbereichen liegt die Geländeoberfläche überwiegend bei Höhen um +2,00 m NHN. Im Bereich des aufgespülten Rhysumer Nackens erreichen die Geländehöhen Werte von bis zu +10,00 m NHN.

Entwässerung

Die Entwässerung des Verbandsgebietes stellt eine Grundvoraussetzung für die Besiedlung und die landwirtschaftliche und gewerbliche Nutzung dieser Region dar. Aufgrund der topographischen Gegebenheiten würde es in den eingedeichten Küstenniederungen ohne ein zuverlässiges Wassermanagement regelmäßig zu großflächigen Überschwemmungen kommen. Nur mit Hilfe des bestehenden Entwässerungssystems können überschüssige Niederschlagsmengen abgeführt und kritische Hochwassersituationen im Verbandsgebiet weitestgehend vermieden werden.



Grafik 1: Prinzip der Entwässerung in Küstenniederungen



Notwendigkeit der Entwässerung im Küstenraum

Der Bau einer durchgehenden Deichlinie an der Nordseeküste vor etwa 1000 Jahren brachte für die Menschen einerseits einen deutlich verbesserten Schutz vor Tidehochwassern und Sturmfluten, unterbrach andererseits aber auch den bis dahin existierenden kontinuierlichen Übergang zwischen Land und Meer. Binnendeichs anfallendes Niederschlagswasser konnte fortan nicht mehr auf natürlichem Wege in die Nordsee abfließen, so dass mit der Eindeichung der Küste gleichzeitig eine anthropogen gesteuerte Entwässerung des Deichhinterlandes erforderlich wurde.

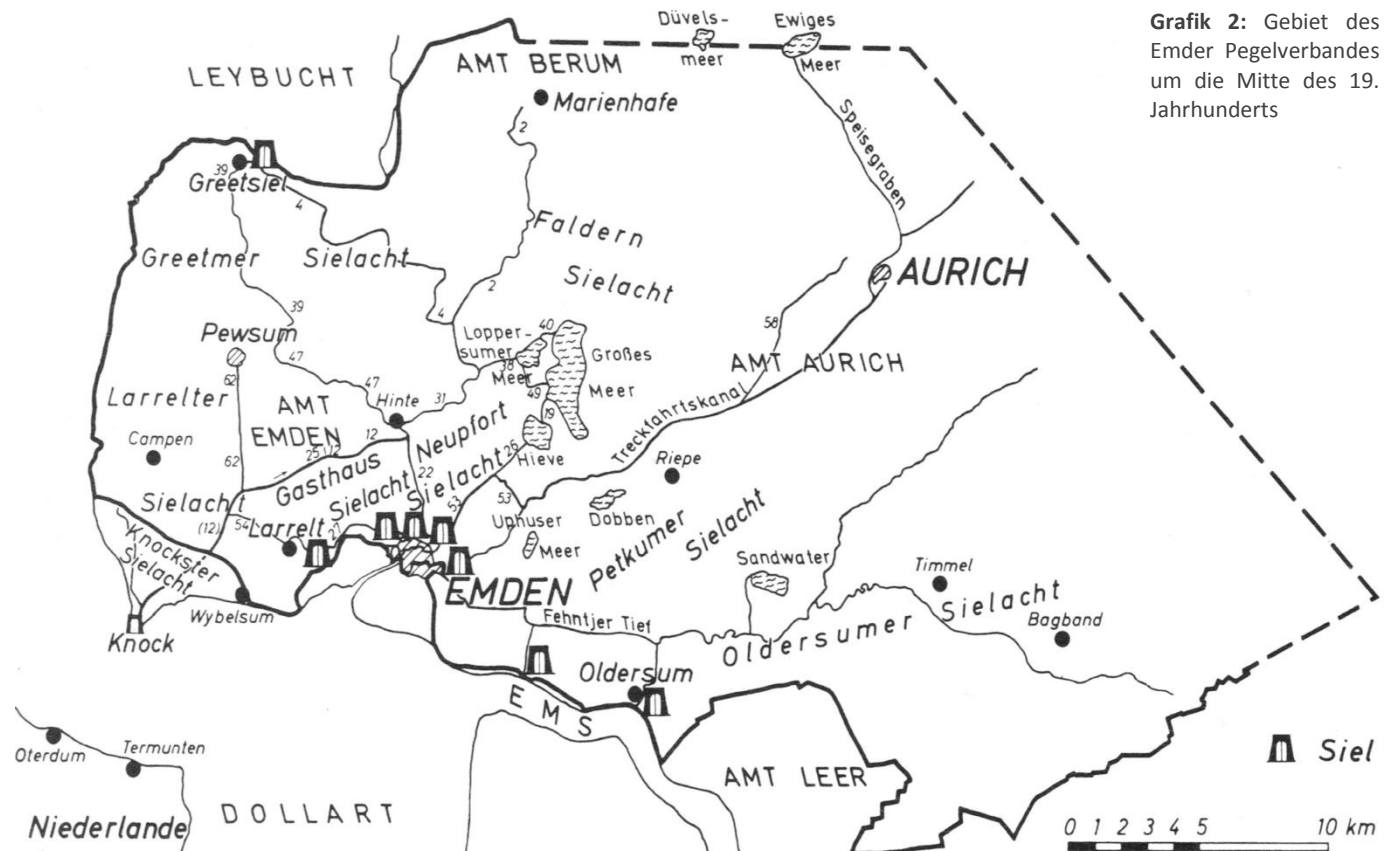
Anfänglich wurden einfache Sieltore aus Holz als Durchlässe in der Deichlinie errichtet, die sich im Rhythmus der Gezeiten selbsttätig öffneten und schlossen und dabei lediglich eine periodische Entwässerung ermöglichten. Mit der Intensivierung der landwirtschaftlichen und gewerblichen Nutzung sowie der zunehmenden Besiedlung der Küstengebiete nahmen die Anforderungen an die Entwässerungstechnik jedoch stetig zu. Um die Ableitung überschüssiger Wassermengen auch unabhängig von den Sielmöglichkeiten gewährleisten zu können, wurden ergänzend zu den moderner werdenden Sielbauwerken nach und nach Mündungsschöpfwerke errichtet, die durch Pumpenbetrieb eine permanente Regulierung der Binnenwasserstände ermöglichten.

In den besonders tief liegenden Niederungsbereichen wurden zudem eine Vielzahl an Unterschöpfwerksgebieten geschaffen, deren Entwässerung über lange Zeit durch windgetriebene Wasserschöpfwerke erfolgte. Vielfach wurden diese erst nach dem Zweiten Weltkrieg durch modernere und leistungsstärkere Schöpfwerke mit Elektroantrieb ersetzt. Mit diesem Modernisierungsprozess ging auch die Zusammenlegung und Vergrößerung von Unterschöpfwerksgebieten einher.

1879: Gründung des I. Entwässerungsverbandes Emden

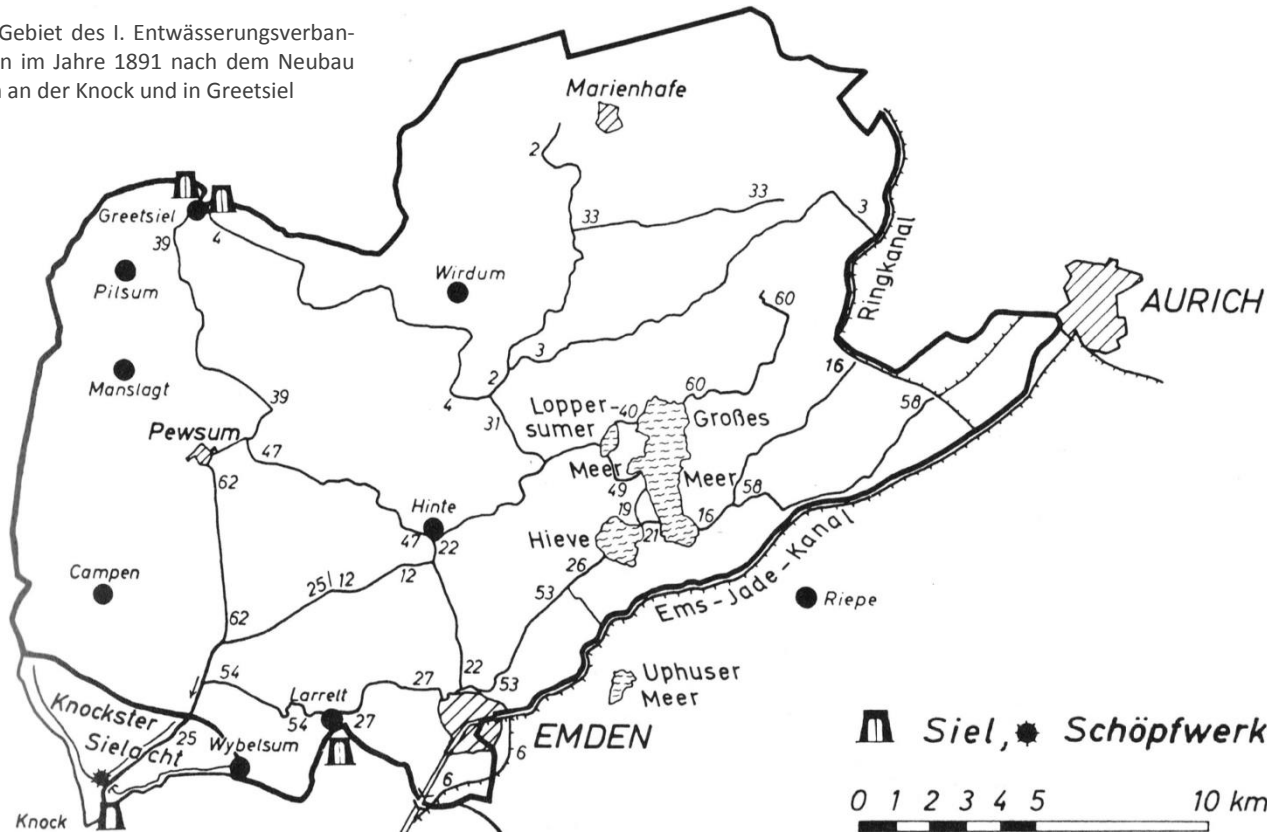
Der I. Entwässerungsverband Emden wurde am 30. April 1879 per Statut des Landes Preußen gegründet. Den Anlass gab der Bau des Ems-Jade-Kanals, der das damalige Gebiet des Emdener Pegelverbandes von 1801 (s. Grafik 2) durchtrennte und eine Neuordnung der Entwässerung erforderlich machte. Da die ursprünglich vorhandenen vier Emdener Siele mit der Errichtung des Kanals und der Abschleusung des Emdener Hafens wegfielen, war die Schaffung neuer Mündungsbauwerke erforderlich. Als Ersatz wurden mit dem Knockster Verbandssiel (1888) und dem Neuen Greetsieler Siel (1891) zwei zusätzliche

Sielstandorte geschaffen, die – neben den verbleibenden alten Sielen in Greetsiel und Larrelt – der Entwässerung des neu entstandenen Verbandsgebietes dienen sollten (s. Grafik 3). Schon bald zeigte sich aber, dass die festgelegten Sollpegelstände nur bei günstigen Siel- und Vorflutbedingungen, d. h. vorwiegend in den Sommermonaten, tatsächlich eingehalten werden konnten. Im Winterhalbjahr kam es dagegen in großen Bereichen des Verbandsgebietes, insbesondere in den Niederungen um das Große Meer, regelmäßig für mehrere Wochen oder Monate zu Überschwemmungen.



Grafik 2: Gebiet des Emdener Pegelverbandes um die Mitte des 19. Jahrhunderts

Grafik 3: Gebiet des I. Entwässerungsverbandes Emden im Jahre 1891 nach dem Neubau von Sielen an der Knock und in Greetsiel



1926: Anbindung des Verbandsgebietes nach Borssum

Zur Minderung bestehender Defizite wurde 1926 der *Gesamtplan für die Entwässerung des I. Emden Entwässerungsverbandes* erstellt. Der Plan sah vor, eine Verbindung der Gebiete rund um das Große Meer mit der Ems auf kürzestem Wege herzustellen. Hierzu wurde das Vorflutsystem des I. EVE durch einen Düker unter dem Ems-Jade-Kanal an den Emden Vorflutkanal und das Borssumer Siel angebunden. Mit dem zusätzlichen Bau und der Inbetriebnahme des Borssumer Schöpfwerkes im Jahr 1929 konnte schließlich eine spürbare Verbesserung der Entwässerungssituation im südlichen Teil des Verbandsgebietes erreicht werden.

Gleichzeitig entstanden aber neue wasserwirtschaftliche Anforderungen an den I. EVE, die sich nach und nach als zunehmend problematisch darstellten: Der Verband war im Rahmen des Gesamtplans dazu verpflichtet worden, im Bedarfsfall die Abflüsse aus dem Ems-Jade-Kanal aufzunehmen und über das Schöpfwerk Borssum in die Ems abzuführen. Ein solcher Bedarfsfall trat immer dann ein, wenn die Entwässerung des Ems-Jade-Kanals auf regulärem Wege über den Emden Hafen nicht möglich war.

Während es sich anfangs noch um vereinzelte Ereignisse mit relativ überschaubaren Wassermengen handelte, änderte sich die Situation ab 1960 gravierend. Immer häufiger wurden aus dem Ems-Jade-Kanal große Mengen

an Wasser zum I. EVE abgeschlagen, die wiederholt zu kritischen Wasserständen und Überschwemmungen im Verbandsgebiet beitrugen. Die Ursache für den vermehrten Wasserabschlag lag vor allem in der strikteren Regulierung des Wasserstands im Emden Hafen, die immer weniger Spielräume für eine temporäre Absenkung unter den Sollpegel bot und so die Möglichkeiten der Hochwasseraufnahme aus dem Ems-Jade-Kanal zunehmend einschränkte. Erschwerend kam hinzu, dass die stark voranschreitende Siedlungsentwicklung im Gebiet des Entwässerungsverbandes Aurich, dessen Wasser vollständig in den Ems-Jade-Kanal abgeleitet wird, zu einer stetigen Zunahme der Abflüsse führte. Die Lösung dieser Problematik wurde schließlich ab Mitte der 1960er Jahre im Rahmen der Neuordnung der Hauptvorflut im Südgebiet (siehe nächste Seite) angegangen.



ehemalige Wasserschöpfmühle Rheidermeer

1955: Neuordnung der Hauptvorflut im Nordgebiet

Aufgrund der fortschreitenden Verlandungsprozesse in der Leybucht, die zu immer stärkeren Einschränkungen der Sielmöglichkeiten an den beiden Sielstandorten in Greetsiel führten, wurde 1955 der *Entwurf zur Neuordnung der Hauptentwässerung im Nordgebiet des I. Entwässerungsverbandes Emden* beschlossen. Kernstück des Vorhabens war der Bau des Schöpfwerks in Greetsiel, das 1957 in Betrieb genommen wurde. Bis 1959 folgte die Erweiterung der beiden zugehörigen Hauptvorflutwege Altes und Neues Greetsieler Sieltief und bis 1963 der Ausbau weiterer Vorflutgewässer im Nordgebiet.

Die starke Verschlickung des Greetsieler Außentiefs führte letztlich dazu, dass das Alte und das Neue Siel 1958 bzw. 1967 komplett aufgegeben und verschlossen wurden, so dass in Greetsiel fortan nur über das neu geschaffene Schöpfwerk entwässert werden konnte. Erst mit dem *Küstenschutz-Projekt Leybucht* konnten die beiden Greetsieler Siele ab 1996/97 wieder reaktiviert werden.

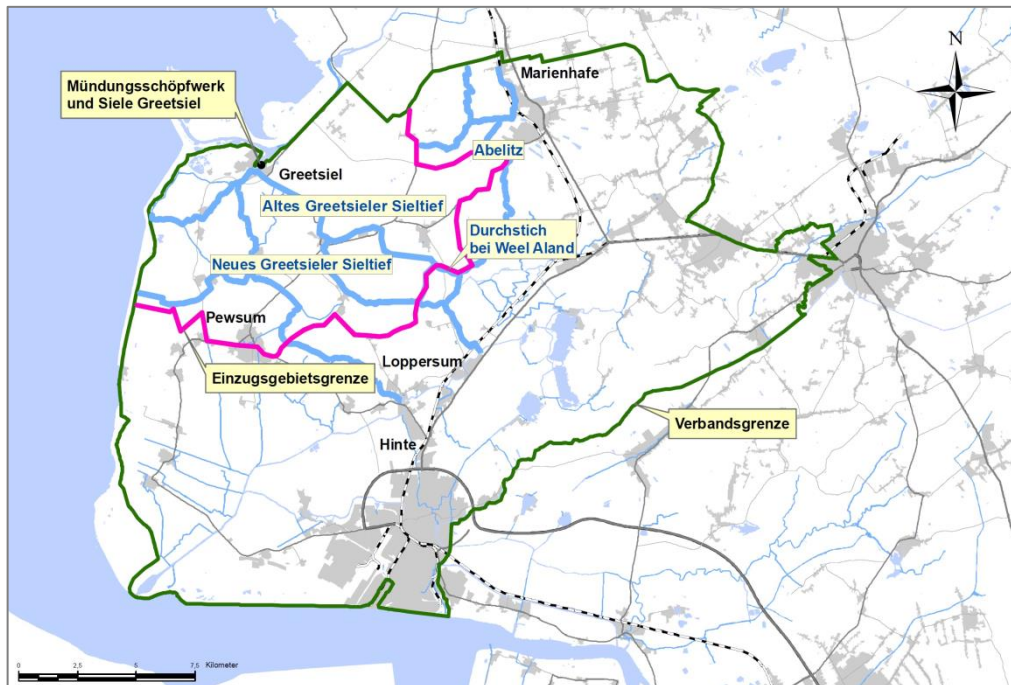


Seilzugbagger aus den 1950er Jahren

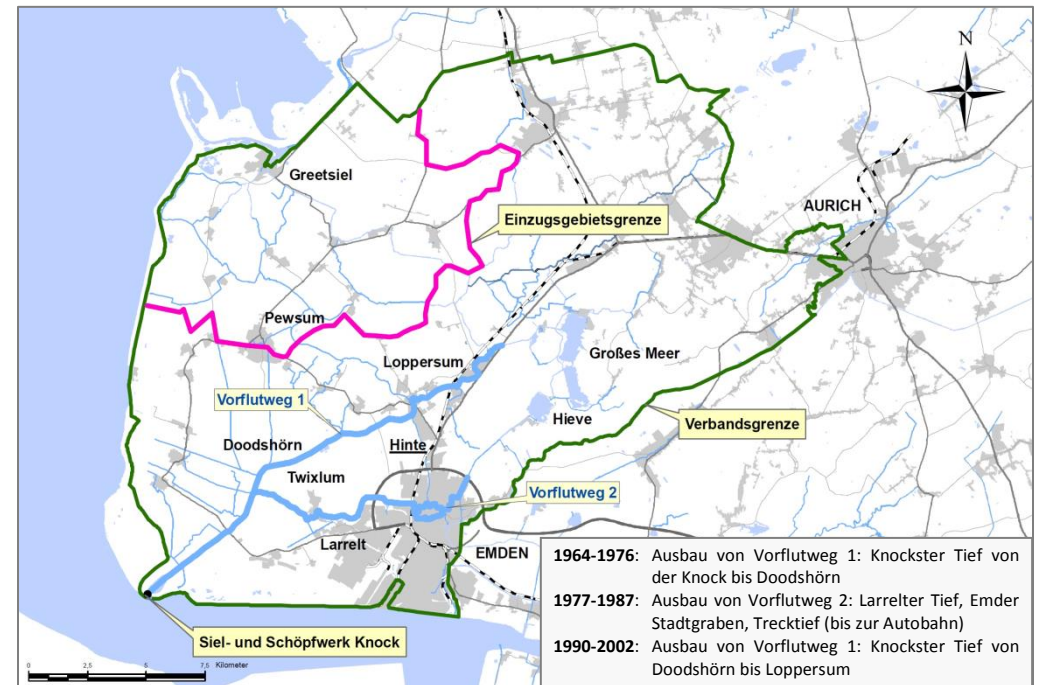
1964: Neuordnung der Hauptvorflut im Südgebiet

Eine wesentliche Grundlage für den Ausbauzustand des heutigen Entwässerungssystems bildete schließlich der umfassende *Entwurf für die Neuordnung der Hauptvorflut im Südgebiet des I. Entwässerungsverbandes Emden und für das Niederschlagsgebiet des Ems-Jade-Kanals* aus dem Jahr 1964. Der Entwurf sah vor, die im Zuge des Gesamtplans von 1926 vorgenommene Anbindung des Verbandsgebietes an das Siel und Schöpfwerk in Borssum (siehe Seite 9) rückgängig zu machen und die ursprüngliche Trennung zwischen der Entwässerung des Verbandsgebietes und des Ems-Jade-Kanals wiederherzustellen.

Hierzu sollte der Standort Borssum für den I. EVE aufgegeben und fortan allein für die Ableitung der Abflüsse aus dem Ems-Jade-Kanal genutzt werden. Zur Sicherstellung



Grafik 4: Neuordnung und Ausbau der Hauptvorflut im Nordgebiet des I. EVE



Grafik 5: Neuordnung und Ausbau der Hauptvorflut im Südgebiet des I. EVE



Saugbagger
im Knockster Tief

und Verbesserung der Entwässerung des Verbandsgebietes wurde stattdessen das erheblich leistungsstärkere Siel- und Schöpfwerk an der Knock geplant, das 1969 fertiggestellt und in Betrieb genommen wurde. Das Knockster Verbandssiel wurde im Zuge dessen geschlossen.

Um das Wasser aus dem südlichen Verbandsgebiet zum neu errichteten Mündungsbauwerk an der Knock abführen zu können, beinhaltete der Entwurf von 1964 zudem die Schaffung zweier ausreichend dimensionierter Vorflutwege: Der Vorflutweg 1 mit einer Länge von ca. 23 km erstreckt sich über das Knockster Tief und den Oberlauf des Alten Greetsieler Sieltiefs bis in die Abelitz hinein. Oberhalb von Loppersum zweigt der Vorflutweg in Form des Oberlaufs des Knockster Tiefs zudem zum Großen Meer ab. Der Vorflutweg 2 verläuft auf einer Länge von ca. 16 km vom Kleinen Meer (Hieve) über das Kurze Tief, das Trecktief, den Emder Stadtgraben und das Larrelter Tief, bevor er etwa 6 km vor dem Mündungsbauwerk Knock in den Vorflutweg 1 (Knockster Tief) einmündet.

Zur Herstellung der erforderlichen Abflussquerschnitte wurden an den Vorflutwegen ab 1965 aufwändige Gewässerausbaumaßnahmen durchgeführt, die letztlich erst im Jahr 2002 vollständig abgeschlossen werden konnten. Ausgebaut wurden am Vorflutweg 1 der Bereich vom Mündungsbauwerk an der Knock bis nördlich der Ortschaft Loppersum und am Vorflutweg 2 der Abschnitt bis zur Autobahn am nordöstlichen Stadtrand von Emden (s. Grafik 5). Als Bemessungsgrundlage für die Querschnittserweiterungen wurde eine Abflussspende von $120 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ (plus einem Zuschlag für die Baugebiete der Stadt Emden) zugrunde gelegt. Eine besondere Herausforderung stellten die zum Teil sehr schwierigen Ausbaubedingungen innerhalb der engen Ortslagen in Hinte, Loppersum, Twixlum, Larrelt und der Stadt Emden dar.

Die zeitlichen Verzögerungen beim Ausbau der Vorflutwege trugen dazu bei, dass die im Entwurf von 1964 vorgesehene Übergabe des Siel- und Schöpfwerks Borssum vom I. EVE an das Land Niedersachsen zwecks ausschließ-



Querschnittserweiterung im Ortsbereich



Neue Brücke über das Knockster Tief in Hinte

licher Nutzung zur Ableitung der Abflüsse aus dem landeseigenen Bauwerk Ems-Jade-Kanal erst 1997 endgültig vollzogen wurde. Bis heute wurde allerdings keine komplette bauliche Trennung der Systeme vorgenommen, so dass die grundsätzliche Möglichkeit besteht, im Bedarfsfall einerseits Wasser aus dem Ems-Jade-Kanal in das Verbandsgebiet abzuschlagen und über das Mündungsbauwerk an der Knock abzuleiten bzw. andererseits das Siel- und Schöpfwerk Borssum zur Unterstützung der Entwässerung des Verbandsgebietes zu nutzen.

Niederschlagsgebiet und Abflussmengen

Das Verbandsgebiet des I. Entwässerungsverbandes Emden umfasst bis unmittelbar an die Küstenlinie heran eine Fläche von insgesamt rund 490 km². Nach Abzug der für die Binnenentwässerung irrelevanten Deichvorländer sowie des gesondert entwässernden Emders Hafengebiete ergibt sich ein tatsächliches **Niederschlagsgebiet** (Einzugsgebiet) von ca. 460 km².

Die innerhalb dieses Gebietes anfallenden **Abflussmengen** sind im Wesentlichen abhängig von der Niederschlagsverteilung und -intensität, der Wasseraufnahme- und Speicherfähigkeit der Böden sowie der Vegetationsaktivität und Verdunstung. In kleinem Maße tragen zudem Fremdwasserzuflüsse, wie der permanente Wasserzustrom aus Kläranlagen, zur Abflussbildung in den Vorflutern bei.

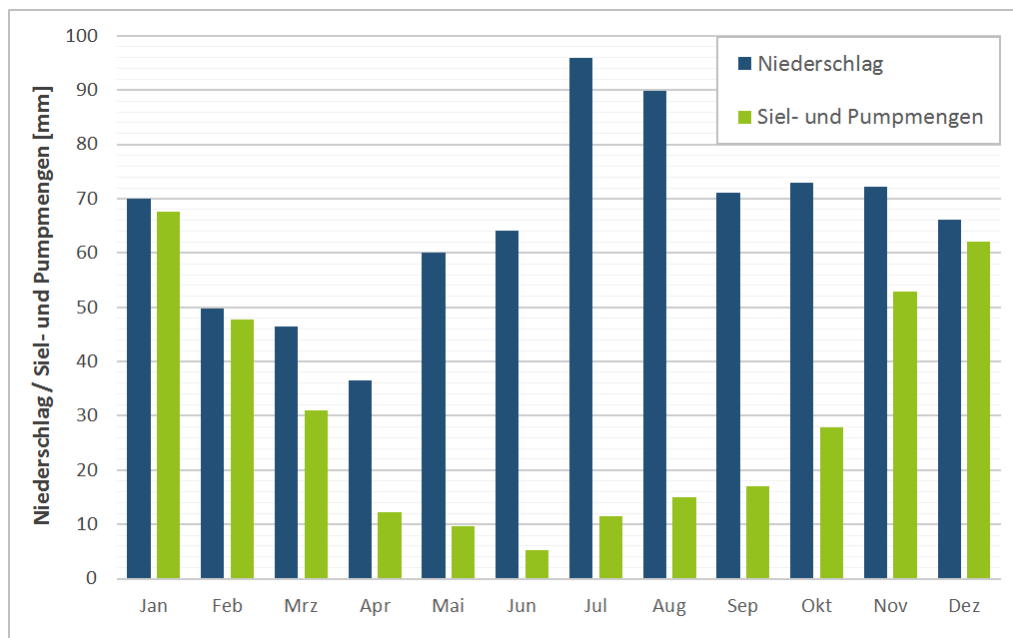
Wie Grafik 6 veranschaulicht, unterliegen die Abflüsse jahreszeitlichen Schwankungen und sind – entgegen der Niederschlagsmengen – in den Sommermonaten erheblich geringer als im Winterhalbjahr. Zudem lassen sich deutliche Unterschiede in den jährlichen Abflussmengen beobachten (s. Grafik 7).

Gewässersystem und Zielwasserstände

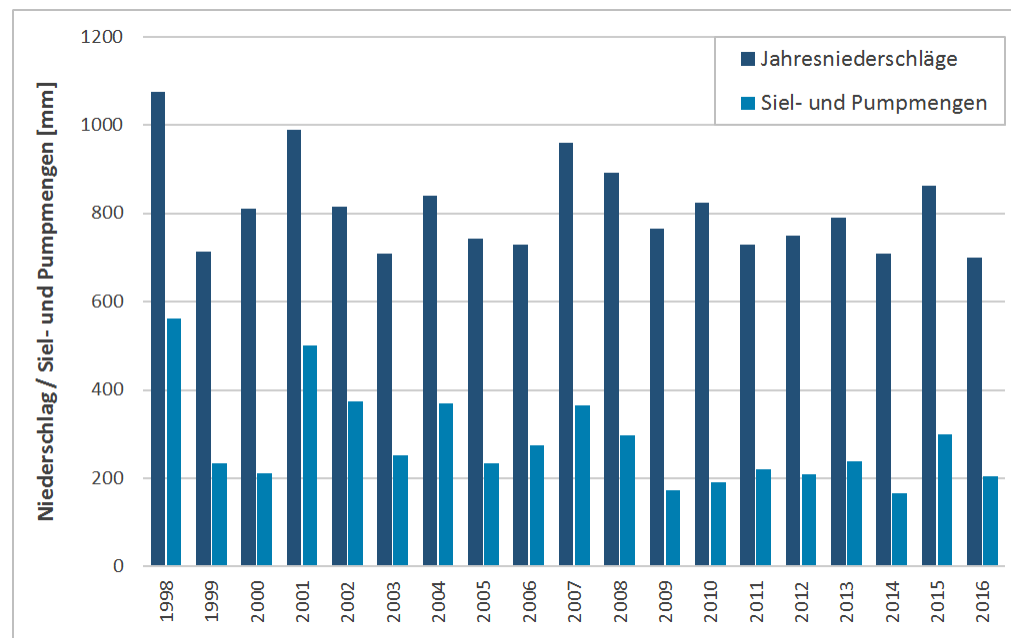
Das Verbandsgebiet ist von einem engmaschigen, überwiegend künstlich angelegten **Gewässernetz aus Gräben, Schloten, Tiefs und Kanälen** durchzogen, mit dem der Gebietsabfluss zu den Mündungsbauwerken in der Deichlinie abgeleitet wird (s. Karte auf Seite 20). Während der nordwestliche Bereich des Verbandsgebietes (ca. 110 km²) in erster Linie nach Greetsiel entwässert wird, werden die Abflüsse des sonstigen Verbandsgebietes (ca. 350

km²) zur Knock abgeführt. Aufgrund der zahlreichen Querverbindungen innerhalb des Vorflutsystems gibt es jedoch keine klare Trennlinie hinsichtlich der Entwässerungsrichtung. In der Praxis hängt der tatsächliche Fließweg des Wassers vom Betrieb der Mündungsbauwerke, der Verteilung der Niederschläge im Gebiet, der Windrichtung und dem Unterhaltungszustand der Vorfluter ab.

Das vom I. EVE unterhaltene Gewässernetz hat eine Länge von insgesamt ca. 1110 km, davon 950 km Gewässer II. Ordnung und 160 km Gewässer III. Ordnung. Sämtliche Verbandsgewässer sind in einem sogenannten Lagerbuch verzeichnet, das neben den Gewässernamen und -nummern detaillierte Informationen zur Geländehöhe, zur Sohltiefe und -breite, zur Böschungsneigung sowie zu im Gewässer vorhandenen Bauwerken, Durchlässen oder Leitungen enthält.



Grafik 6: Mittlere monatliche Niederschlags- und Abflusshöhen (Siel- und Pumpmengen) im Zeitraum von 2002 bis 2016 im Verbandsgebiet des I. EVE



Grafik 7: Höhe der Jahresniederschläge im Vergleich zu den jährlichen Abflüssen (Siel- und Pumpmengen) im Verbandsgebiet des I. EVE im Zeitraum 1998 bis 2016

Neben den Verbandsgewässern gibt es im Gebiet zahlreiche weitere Gewässer III. Ordnung (Gräben) mit einer Gesamtlänge von mehreren tausend Kilometern, die ebenfalls der Entwässerung dienen, aber nicht vom Entwässerungsverband, sondern von den jeweiligen Grundstückseigentümern zu unterhalten sind.

Für das Hauptvorflutsystem sind bestimmte **Zielwasserstände (Binnenpeile)** festgelegt, die über eine gezielte Steuerung der Entwässerung gewährleistet werden sollen. Sie liegen bei -1,27 m NN im Sommer (April/Mai bis September) und -1,40 m NN im Winter (Oktober bis April). In Bereichen des Vorflutsystems, in denen Niederungs- und Unterschöpfwerksgebiete durchquert werden, sind die Vorflutgewässer verwallt, um Ausuferungen und Überschwemmungen zu verhindern. In den Gewässern der Unterschöpfwerksgebiete werden entsprechend niedrigere Zielwasserstände gehalten (s. Seite 16).

Da das Gelände abgesehen von den Geesthangbereichen am östlichen Rand des Verbandsgebietes sehr flach ist, kann für die **Vorflutregelung** in weiten Teilen kein wirksames Geländegefälle genutzt werden. In den Niederungsflächen, die sich von der südwestlichen Küste (Knock) bis unmittelbar an den Geestrand über eine Länge von rund 27 km quer durch das Verbandsgebiet erstrecken, stellt sich ein entsprechendes **Fließgefälle** in den Gewässern erst bei Siel- oder Pumpenbetrieb der Mündungsbauwerke an der Knock und in Greetsiel ein. Aufgrund der langen **Fließstrecke** dauert es jedoch relativ lange, bis dies zu einer Wasserstandssenkung in den weiter entfernt gelegenen Gewässern (z. B. im Bereich um das Große Meer) führt. Bei starken Niederschlagsereignissen kann es daher dazu kommen, dass trotz vollständiger Auslastung der Siel- bzw. Schöpfwerkskapazitäten der Mündungsbauwerke die Wasserstände in den weiter östlich gelegenen Bereichen des Verbandsgebietes zunächst noch weiter ansteigen. Zusätzlich verstärkt wird dieser Effekt bei starkem Wind aus westlichen Richtun-



Knockster Tief

gen, der zu einem Windstau in den Gewässern führt und den Abfluss in Richtung der Mündungsbauwerke behindert.

Aufgrund der beschriebenen Trägheit des Systems orientiert sich die Steuerung des Siel- und Schöpfwerksbetriebs der Mündungsbauwerke an den weiter landeinwärts gelegenen **Binnenpegeln** „Bedekaspeler Marsch“ östlich des Großen Meeres (für das Mündungsbauwerk Knock) bzw. „Longwehr“ in der Nähe der Ortschaft Wirdum (für die Mündungsbauwerke in Greetsiel).

In Teilbereichen des Verbandsgebietes kommt es bereits ab einem **Hochwasserstand** von -0,90 m NN zu Beeinträchtigungen und Schädigungen (Überschwemmungen, Wassereintritt in Keller, Rückstau von Kleinkläranlagen etc.). Aus diesem Grund steht als Spielraum für die Wasserstandsregulierung in den Vorflutgewässern lediglich ein **Freibord von maximal 50 cm** zur Verfügung. Der I. EVE arbeitet für den maßgebenden Pegel Bedekaspeler Marsch daher mit folgenden **Hochwasser-Alarmstufen**:

0	unkritischer Wasserstand	unter -1,20 m NN
1	leicht erhöhter Wasserstand	-1,20 bis -1,10 m NN
2	erhöhter Wasserstand	-1,10 bis -1,00 m NN
3	stark erhöhter Wasserstand	-1,00 bis -0,90 m NN
4	kritischer Wasserstand	über -0,90 m NN



Mündungsbauwerke an der Knock und in Greetsiel

Die Abflüsse aus dem Verbandsgebiet des I. EVE werden über die in der Deichlinie befindlichen Mündungsbauwerke in Greetsiel und an der Knock in die Außenems abgeführt (s. Karte auf Seite 20). Aufgrund der niedrigen Zielwasserstände (Peile) im Verbandsgebiet kann lediglich während kurzer Tideniedrigwasserphasen durch natürliches Gefälle im Sielbetrieb entwässert werden. In den übrigen Zeiträumen – d. h. bei höheren Tidewasserständen – ist die Entwässerung dagegen nur mit Hilfe von energie- und kostenintensivem Pumpeneinsatz im Schöpfwerksbetrieb möglich.

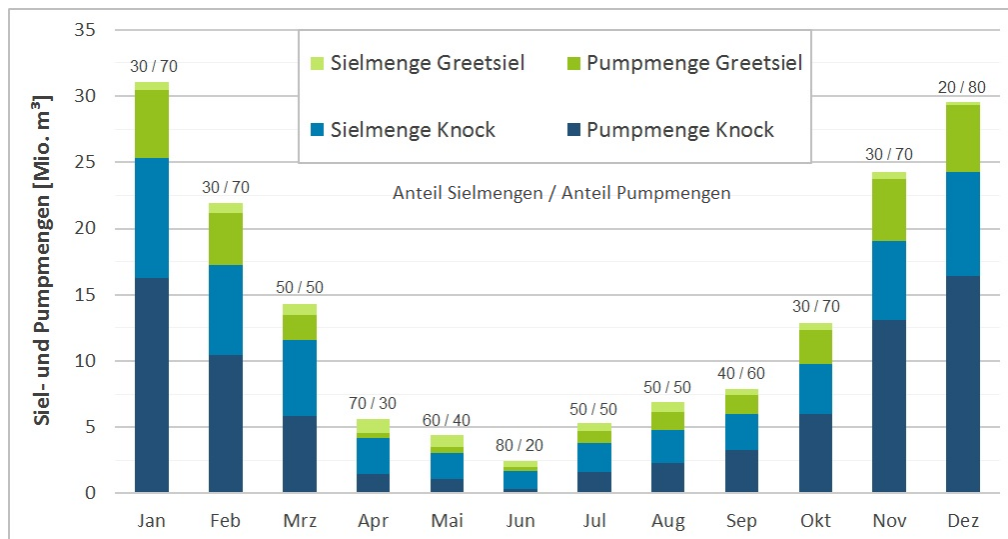
Die Grafik 10 verdeutlicht am Beispiel des Mündungsbauwerks Knock die grundlegenden **Rahmenbedingungen des Siel- und Schöpfwerksbetriebs**: Während im Verbandsgebiet ein Sommerpeil von -1,27 m NN und ein Winterpeil von -1,40 m NN gehalten werden, beläuft sich das mittlere Tideniedrigwasser (MTnw) in der Außenems im Bereich der Knock auf rund -1,60 m NN. Die geringen

Differenzen zwischen den Binnen- und Außenwasserständen lassen grundsätzlich nur relativ kurze Öffnungszeiten der Sieltore bei Ebbe zu. Schon bei leicht erhöhten Tideniedrigwasserständen, die infolge von Windstau bei stärkeren Westwindlagen insbesondere in den Wintermonaten häufiger auftreten, kann bereits überhaupt nicht mehr gesielt werden. Die Entwässerung ist dann nur noch im Schöpfwerksbetrieb möglich. Das mittlere Tidehochwasser (MThw) liegt an der Knock bei rund +1,40 m NN und steht damit 2,67 m bzw. 2,80 m über dem Sommer- bzw. Winterpeil des Verbandsgebietes. Bei mittleren Sturmfluten betragen die Wasserstandsunterschiede 4 bis 5 m; beim bisher höchsten gemessenen Sturmflutwasserstand an der Knock am 1. November 2006 lag die Differenz zwischen Binnen- und Außenwasserstand sogar bei deutlich über 6 m.

Im Zeitraum 2002 bis 2016 wurden pro Jahr durchschnittlich rund 165 Mio. m³ Wasser über die Mündungsbau-

werke abgeleitet, davon 70 % über die Knock und 30 % über Greetsiel. Das **Verhältnis von Siel- und Pumpmengen** lag dabei an der Knock im Jahresmittel bei ca. 40 % zu 60 % und in Greetsiel bei ca. 30 % zu 70 % (2011-2016). Der jeweilige Anteil der Siel- und Pumpmengen wird neben den Tidewasserständen auch von der Höhe der Abflüsse bestimmt. Wie Grafik 8 zeigt, ist ein saisonales Muster zu erkennen: Während die geringen Abflüsse im Sommerhalbjahr zu etwas mehr als der Hälfte innerhalb geeigneter Tidezeitfenster gesielt werden können, müssen die erheblich größeren Abflussmengen des Winterhalbjahres zu rund zwei Dritteln gepumpt werden.

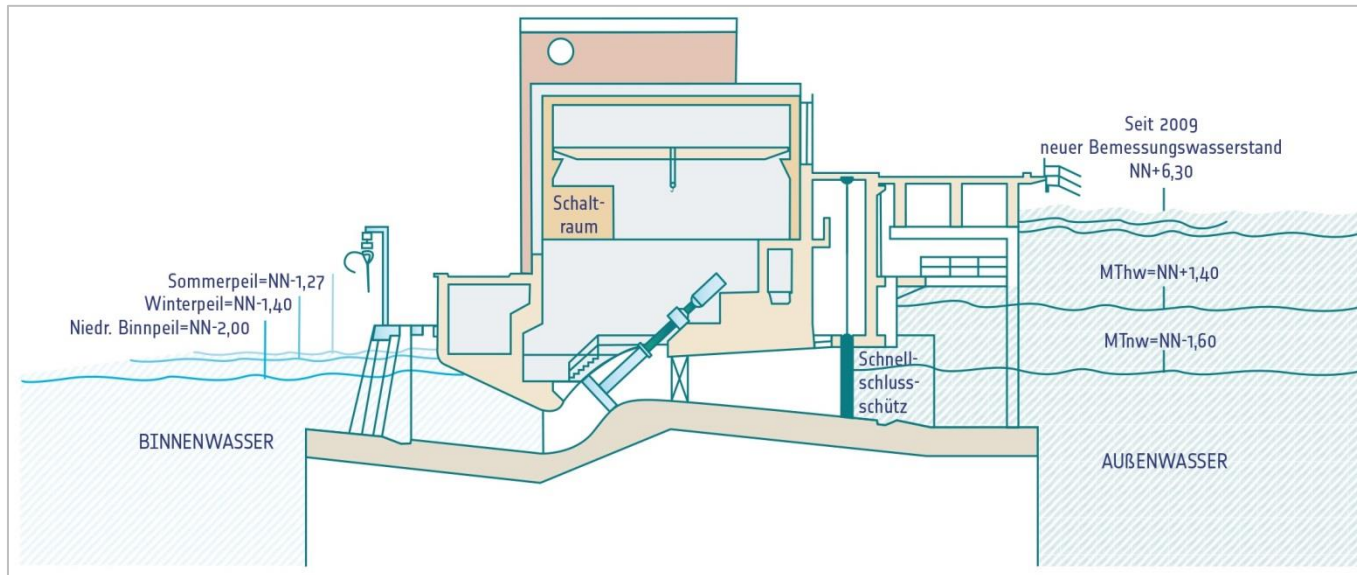
Besonders deutlich wird der Einfluss der Abflusshöhe auf den Siel- und Pumpmengenanteil bei detaillierter Betrachtung der abflussstärksten Monate (s. Grafik 9). In diesen Monaten betrug der durchschnittliche Anteil der gepumpten Abflussmengen ca. 83 %; in vier der zehn Monate lag er sogar bei über 90 %.



Grafik 8: Mittlere monatliche Siel- und Pumpmengen im Zeitraum 2002 bis 2016 an den Mündungsbauwerken Knock und Greetsiel

Rang	Datum	Abfluss [Mio. m ³]	Pumpmenge [Mio. m ³]	Sielmenge [Mio. m ³]	Pumpanteil [%]	Sielanteil [%]
1	Dez 2011	62	61	2	99	1
2	Jan 2007	55	48	7	87	13
3	Jan 2004	53	30	23	56	44
4	Feb 2002	52	49	3	94	6
5	Jan 2012	50	44	6	88	12
6	Feb 2004	48	39	9	81	19
7	Nov 2015	46	44	2	96	4
8	Jan 2002	41	29	12	71	29
9	Nov 2013	41	37	4	90	10
10	Dez 2003	40	26	14	65	35

Grafik 9: Siel- und Pumpmengen/-anteile der zehn abflussstärksten Monate im Zeitraum 2002 bis 2016



Grafik 10: Schematische Darstellung der Binnen- und Außenwasserstände am Siel- und Schöpfwerk Knock

Mündungsbauwerk an der Knock

Das **Siel- und Schöpfwerk Knock** wurde 1969 in Betrieb genommen. Es verfügt über **zwei Sielläufe von jeweils 11,5 m Breite**. Zudem besitzt es vier Pumpen mit einer maximalen Förderleistung von je $15 \text{ m}^3/\text{s}$, so dass insgesamt eine **Schöpfwerkskapazität von $60 \text{ m}^3/\text{s}$** vorhanden ist. Bei einer geodätischen Förderhöhe von $2,9 \text{ m}$ reduziert sich der Förderstrom der vier Pumpen auf insgesamt $50 \text{ m}^3/\text{s}$, bei einer geodätischen Förderhöhe von $5,0 \text{ m}$ sinkt er auf $38 \text{ m}^3/\text{s}$.

Die **Motorleistung der Pumpen** liegt bei je 600 kW ; d. h. bei Parallelbetrieb aller vier Pumpen bei insgesamt $2,4 \text{ MW}$. Ende 2017 wurde an der Knock eine **verbandseigene Windkraftanlage** mit einer Nennleistung von $2,3 \text{ MW}$ in Betrieb genommen, deren Strom bei Bedarf direkt in das Schöpfwerk eingespeist werden kann und auf diese Weise die bisherige Energieversorgung der Pumpen über das Stromnetz in Teilen ersetzt bzw. ergänzt.



Siel- und Schöpfwerk Knock



Pumpen im Schöpfwerk Knock

Mündungsbauwerke in Greetsiel

In Greetsiel gibt es mit dem **Alten Siel** (erbaut 1798) mit einer Breite von 4,85 m und dem **Neuen Siel** (erbaut 1891) mit einer Breite von 5,5 m zwei benachbarte Sielbauwerke, die in den 1950/60er Jahren aufgrund der Verschlickung des Greetsieler Außentiefs zunächst aufgegeben werden mussten, im Zusammenhang mit dem *Küstenschutz-Projekt Leybucht* in den Jahren 1996/97 aber wieder in Betrieb genommen werden konnten.

Das im Jahr 1957 neben dem Neuen Siel errichtete **Schöpfwerk** verfügt über drei Pumpen mit einer Förderleistung von jeweils 4,5 m³/s und besitzt damit eine **Gesamtleistung von 13,5 m³/s**. Die Motorleistung der Pumpen liegt bei jeweils 200 kW, d. h. in Summe bei 600 kW.

Seit Anfang der 1990er Jahre werden die Abflüsse über die Mündungsbauwerke in Greetsiel nicht mehr direkt in die Außenems abgeleitet, sondern in das vorgelagerte **Speicherbecken Leyhörn**, das im Zuge des *Küstenschutz-Projektes Leybucht* entstand (s. Seite 18).



Neues Siel und Schöpfwerk in Greetsiel

Unterschöpfwerksgebiete

Rund ein Drittel der Flächen im Verbandsgebiet des I. EVE liegen unterhalb von Normalhöhen-Null (s. Karte auf Seite 7), davon große Bereiche nur knapp oberhalb und einige Teilgebiete sogar unterhalb der Zielwasserstände des Hauptvorflutsystems von -1,27 m NN im Sommer bzw. -1,40 m NN im Winter (s. Karte auf Seite 21). Um diese Flächen vor Überschwemmungen schützen und dadurch intensiver nutzen zu können, sind im Laufe der Zeit eine größere Anzahl von Unterschöpfwerksgebieten entstanden, in deren Gewässern je nach Geländehöhe entsprechend niedrigere Zielwasserstände (Peile) zwischen -1,65 m NN und -3,00 m NN gehalten werden. Aus diesen Gebieten wird überschüssiges Wasser zunächst mit Hilfe der Unterschöpfwerke in das höher gelegene Vorflutsystem befördert, von wo aus es dann über die Mündungsbauwerke abgeführt wird.

Im Verbandsgebiet des I. EVE befinden sich 22 Unterschöpfwerke, die Gebiete unterschiedlicher Größe (zwischen 15 ha und mehr als 1900 ha) entwässern. Die Gesamtfläche aller Unterschöpfwerksgebiete beträgt rund 9500 ha, was in etwa einem Fünftel des Verbandsgebietes entspricht. Der Großteil davon entfällt auf die Gebiete der vier Hauptunterschöpfwerke Kleine Knockster Sielacht, Longewehr, Victorburer Meede und Forlitz-Blaukirchen (s. Karte auf Seite 20).

Die Pumpen-Einschaltpunkte der Unterschöpfwerke liegen je nach Zielwasserstand (Peil) der einzelnen Gebiete im Bereich zwischen -1,45 m NN und -2,70 m NN. Zur Bemessung der jeweiligen Pumpenleistung der Unterschöpfwerke wurde in der Regel eine Abflussspende in Höhe von 200 l/s*km² (bzw. 2 l/s*ha) zugrunde gelegt.



Altes Siel in Greetsiel

Stauanlagen am Großen Meer

Eine besondere Bedeutung und Funktion im Wassermanagement kommt dem Großen Meer zu. Mit Hilfe der im Zeitraum von 2009 bis 2012 errichteten und vom I. EVE betreuten Stauanlagen an den vier Zu- und Abflüssen kann dort seither eine gezielte **Hochwasserrückhaltung** betrieben werden. Bei normalem Abflussgeschehen, d. h. in der überwiegenden Zeit des Jahres, sind die jeweils 8 m breiten Stauanlagen durchgehend geöffnet und das Große Meer ist mit dem Vorflutsystem verbunden. Im Falle von Hochwassersituationen besteht jedoch die Möglichkeit, die vier Stauanlagen zum Zeitpunkt des höchsten Wasserstandes zu schließen und das Wasser bis zu einer maximalen Einstauhöhe von -1,10 m NN (d. h. 30 cm oberhalb des Winterpeils von -1,40 m NN) temporär im Großen Meer zurückzuhalten.

Die Schaffung der Voraussetzungen für einen zeitweisen Einstau des Großen Meeres erfolgte vorrangig unter ökologischen Gesichtspunkten. Ziel war es, die Wasserversorgung der Röhrichte und die Selbstreinigungskräfte des Großen Meeres durch die Wiederherstellung einer natürlicheren Wasserstandsdynamik zu verbessern.

Gleichzeitig ergaben sich durch die Maßnahme Synergien für die Wasserwirtschaft: Nach überschlägigen Berechnungen des I. EVE bietet das Große Meer bei maximalem Einstau auf -1,10 m NN ein **Speichervolumen von bis zu 1 Mio. m³**. Die befristete Rückhaltung dieser Wassermenge im Großen Meer ermöglicht es, die Hochwasserstände im Vorflutsystem des übrigen Verbandsgebietes schneller wieder abzusenken. Zudem kann das Ende eines Rückhalteereignisses, d. h. die Öffnung der Stauanlagen, nach

Möglichkeit so gewählt werden, dass das zwischengespeicherte Wasser aus dem Großen Meer am Mündungsbauwerk Knock gesiegt werden kann und nicht gepumpt werden muss. Auf diese Weise können der Energieverbrauch und damit die Stromkosten für die Entwässerung reduziert werden.

Schnittstellen zu benachbarten Verbandsgebieten

Das Verbandsgebiet des I. EVE stellt ein abgegrenztes Einzugsgebiet dar, dessen Vorflutsystem von denen der umliegenden Entwässerungsgebiete getrennt ist. Lediglich am **Speicherbecken Leyhörn** sowie im Bereich des sogenannten „**Emder Wasserzirkus**“ bestehen Schnittstellen zu den benachbarten Entwässerungsverbänden Norden bzw. Aurich und Oldersum (s. nächste Seite).



Großes Meer

Steuerungs- und Fernüberwachungstechnik

Der I. EVE verfügt für die wichtigsten technischen Anlagen im Verbandsgebiet über eine moderne Steuerungs- und Fernüberwachungstechnik, die im Zeitraum 2010 bis 2015 grundlegend modernisiert wurde. Neben den Mündungsbauwerken sind die vier Hauptunterschöpfwerke, die Stauanlagen am Großen Meer sowie die vorhandenen Pegel eingebunden.



Stauanlage am Großen Meer

Speicherbecken Leyhörn

Das Speicherbecken Leyhörn wird gemeinsam durch die **Entwässerungsverbände Emden und Norden** genutzt. Es ist über die Verbindungsgewässer Leyhörner Sieltief und Störtebekerkanal an die **Siele und Schöpfwerke in Greetsiel und Leybuchtziel** angebunden (s. Karte auf Seite 20). Während der I. EVE lediglich einen Teil seines Verbandsgebietes (ca. 110 km²) auf diesem Wege entwässert, leitet der EV Norden die Abflüsse seines gesamten Verbandsgebietes (ca. 240 km²) in das Speicherbecken ab. Aus dem Speicherbecken wird das Wasser schließlich über das **Sperrwerk Leysiel** mit Hilfe von drei je 10 m breiten Sielläufen in die Außenems abgeführt. Da es sich beim Speicherbecken und Sperrwerk um landeseigene Bauwerke handelt, ist für Betrieb und Unterhaltung der **NLWKN** zuständig.

Der **Zielwasserstand im Speicherbecken** ist auf -1,40 m NN bis -1,60 m NN festgelegt. In der Praxis liegen die Wasserstände tatsächlich jedoch häufig darüber. Insbesondere bei erhöhten Tideniedrigwasserständen in der Außenems kann der angestrebte Pegelstand im Speicherbecken aufgrund fehlender Sielmöglichkeiten am Sperrwerk Leysiel nicht gehalten werden. Zudem hat die Kutterflotte des Greetsieler Hafens bestimmte Ansprüche an den Tiefgang der durch das Speicherbecken verlaufenden Fahrinne, die aufgrund der starken Verschlickung mit den angestrebten Zielwasserständen kollidieren. Eine (regelmäßige) Ausbaggerung der Fahrinne, die – bei vorhandenen Sielmöglichkeiten – tiefere Wasserstände im Speicherbecken erlauben würde, lässt sich aus genehmigungsrechtlichen (Naturschutzgebiet) und finanziellen Gründen nur schwierig realisieren.

Für den **I. Entwässerungsverband Emden** bieten sich aufgrund eines lediglich zeitweise vorhandenen geringen Gefälles zwischen den Zielwasserständen im Verbandsgebiet (-1,27 m NN im Sommer und -1,40 m NN im Winter) und dem Pegelstand im Speicherbecken nur sehr eingeschränkte Sielmöglichkeiten. Schon bei leicht erhöhten Wasserständen im Speicherbecken müssen die abzuführenden Wassermengen über das Schöpfwerk Greetsiel hineingepumpt werden. Vorteilhaft ist, dass das Schöpfwerk dann nicht gegen wechselnde Tidewasserstände pumpen muss, sondern – abgesehen von außergewöhnlichen Einstauhöhen im vorgelagerten Speicherbecken – vorwiegend bei relativ geringen geodätischen Förderhöhen arbeiten kann.

Im **Entwässerungsverband Norden** liegen die Sommer- und Winterpeile mit -0,80 m NN bzw. -1,00 m NN deutlich höher, so dass am Leybuchtziel bessere Sielmöglichkeiten bestehen und dort im Verhältnis seltener gepumpt werden muss als in Greetsiel.

Bei einem zeitlichen Aufeinandertreffen großer Abflussmengen aus den beiden Verbandsgebieten und langanhaltend hoher Sturmflutwasserstände in der Außenems, die ein Sielen am Sperrwerk über längere Zeit nicht zulassen, kann es zu **Engpässen im Speicherbecken** kommen. Da über die Schöpfwerke in Greetsiel und Leybuchtziel nur bis zu einem bestimmten Grenzwasserstand ins Speicherbecken hineingepumpt werden kann, wäre für die beiden Entwässerungsverbände daher im **Extremfall** keine Entwässerung auf diesem

Wege mehr möglich. Während der I. EVE in einem solchen Falle zumindest weiterhin über das Siel- und Schöpfwerk Knock entwässern könnte, bestünde für den EV Norden, der nur über das Mündungsbauwerk Leybuchtziel verfügt, keine andere Möglichkeit, überschüssiges Wasser aus seinem Verbandsgebiet abzuführen.



Außenmühe des Sperrwerks Leysiel

„Emder Wasserzirkus“

Der Begriff „Emder Wasserzirkus“ wird als Umschreibung für die komplexe Vorflutsituation im Bereich der Stadt Emden verwendet. Hier treffen mit dem Emden Hafen, den landeseigenen Anlagen Ems-Jade-Kanal, Verbindungskanal und Emden Vorflutkanal sowie den angrenzenden Vorflutsystemen der Entwässerungsverbände Emden und Oldersum mehrere **Gewässer mit unterschiedlichen Wasserstandshaltungen** aufeinander, die über verschiedene **Schleusen-, Ablass- und Dükerbauwerke** miteinander verbunden sind (s. Grafik). Eine zentrale Rolle in diesem System spielt das **Mündungsbauwerk in Borssum**, das über ein Innen- und Außensiel sowie ein Schöpfwerk mit drei Pumpen von jeweils 8 bis 12 m³/s Förderleistung verfügt. Das Bauwerk wird als landeseigene Anlage vom **NLWKN** betrieben.

Das Siel- und Schöpfwerk Borssum dient in erster Linie der **Entwässerung des Ems-Jade-Kanals**, der sämtliche **Abflüsse aus dem Entwässerungsverband Aurich** aufnimmt. Im Regelfall werden die Abflussmengen des Ems-Jade-Kanals durch die Kesselschleuse und den Emden Hafen in die Ems abgeleitet. Sofern eine Entwässerung über diesen Weg mangels Fließgefälle nicht möglich ist, werden die Abflüsse über am Ems-Jade-Kanal bzw. am abzweigenden Verbindungskanal befindliche Ablassbauwerke in den Emden Vorflutkanal abgeschlagen und von dort aus über das Schöpfwerk Borssum in die Ems abgeführt. Dies ist insbesondere dann erforderlich, wenn

- aufgrund zu hoher Tidewasserstände in der Ems eine Entwässerung über die Schleusen des Emden Hafens unmöglich ist oder
- durch Windstau der Wasserstand des Ems-Jade-Kanals vor der Kesselschleuse unter den Zielwasserstand des Emden Hafens abfällt und somit kein wirksames Fließgefälle in Richtung Hafen mehr vorhanden ist.

Neben seiner eigentlichen Aufgabe kann das Siel- und Schöpfwerk Borssum in Ausnahmesituationen auch zur **Unterstützung der Entwässerungsverbände Emden und Oldersum** eingesetzt werden. Für den I. EVE besteht in einem solchen Fall die grundsätzliche Möglichkeit, durch die unter dem Ems-Jade-Kanal verlaufende Dükerverbindung zwischen Borssumer Kanal und Emders Vorflutkanal gewisse Mengen an Wasser zum Siel- und Schöpfwerk Borssum abzuleiten. Eine ähnliche Option gibt es auch für den EV Oldersum, der über das Ablassbauwerk an der Borssumer Schleuse im Notfall ebenfalls Wasser in den Emders Vorflutkanal und damit zum Schöpfwerk Borssum abführen kann.

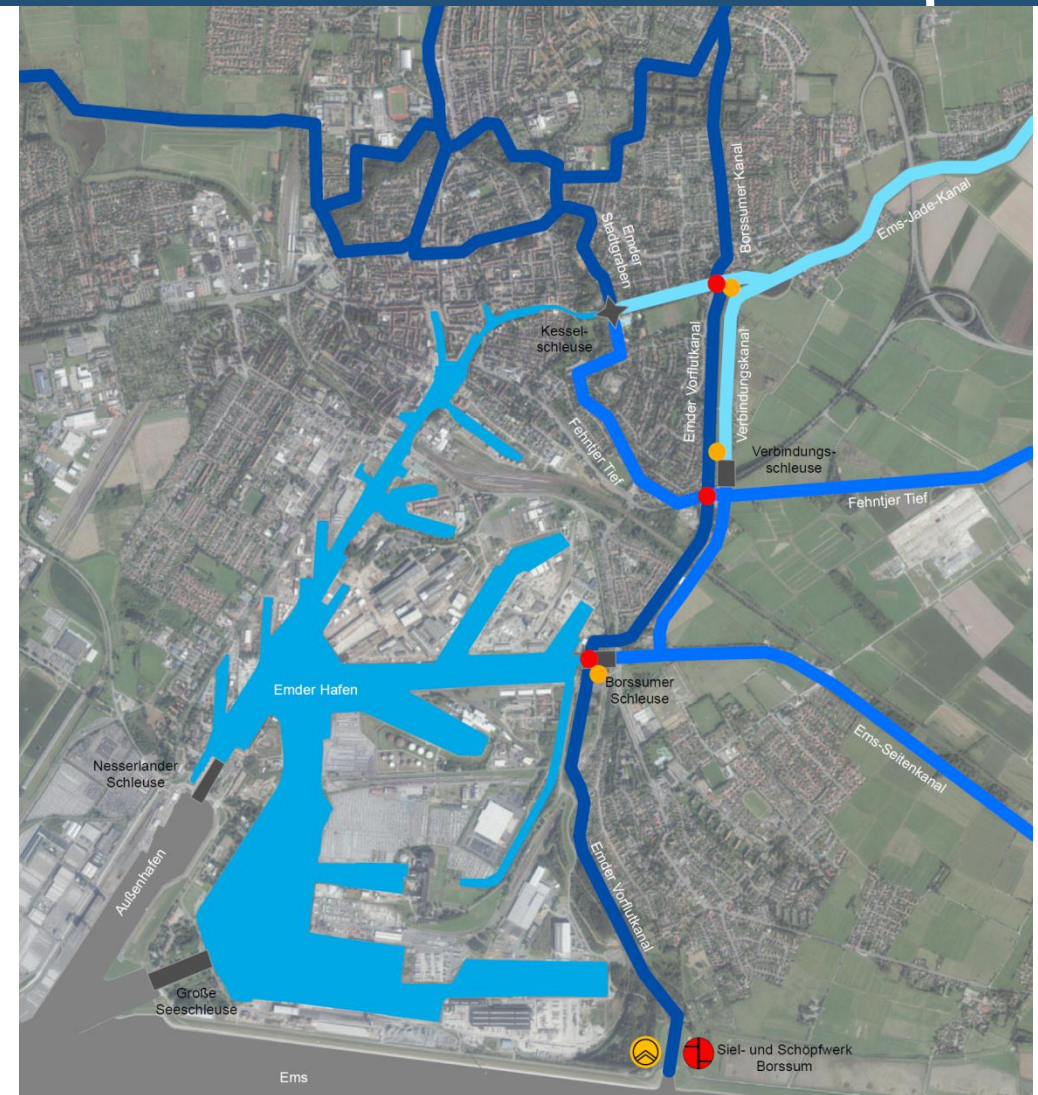
In umgekehrter Weise können die Entwässerungsverbände Emden und Oldersum im Bedarfsfall zur **Entlastung des Schöpfwerks Borssum** beitragen. Dies kann dadurch erfolgen, dass überschüssiges Wasser aus dem Ems-Jade-Kanal in die angrenzenden Vorflutgewässer der Entwässerungsverbände abgeschlagen und über deren Mündungsbauwerke entwässert wird. Der Wasserabschlag aus dem Ems-Jade-Kanal zu den Entwässerungsverbänden ist über folgende Wege möglich:

- Abschlag über die Kesselschleuse zum I. EVE (Emder Stadtgraben) oder zum EV Oldersum (Fehntjer Tief),
- Abschlag über die Verbindungsschleuse zum EV Oldersum (Fehntjer Tief),
- Abschlag über die Ablassbauwerke in den Emders Vorflutkanal und von dort aus durch den Düker zum I. EVE (Borssumer Kanal)

Des Weiteren bestehen innerhalb dieses Systems Möglichkeiten zum **Wasseraustausch zwischen den Entwässerungsverbänden Oldersum und Emden**. Aufgrund der unterschiedlichen Zielwasserstände in den jeweiligen Vorflutsystemen sind die Voraussetzungen für den EV Oldersum dabei deutlich günstiger. Für ihn ist es möglich, sowohl über die Kesselschleuse als auch über das Ablassbauwerk an der Borssumer Schleuse (und die Dükerverbindung unter dem Ems-Jade-Kanal) im bestehenden Gefälle Wasser in das benachbarte Emders Verbandsgebiet abzuführen. Der I. EVE könnte aufgrund der niedrigeren Zielwasserstände in seinem Vorflutsystem dagegen nur bei Hochwassersituationen über die Kesselschleuse Wasser in das Fehntjer Tief ableiten.



(Innen-)Siel und Schöpfwerk in Borssum



Bauwerke

- Schleuse
- Ablass
- Düker
- Siel
- Schöpfwerk

Zielwasserstände in den Teilsystemen (m ü. NN)

- Ems-Jade-Kanal: +1,25 (Sommer), +1,20 (Winter)
- Emders Hafen: +1,10 (ganzjährig)
- EV Oldersum: -1,05 (Sommer), -1,20 (Winter)
- Emders Vorflutkanal: -1,27 (Sommer), -1,40 (Winter)
- I. EV Emden: -1,27 (Sommer), -1,40 (Winter)
- Ems

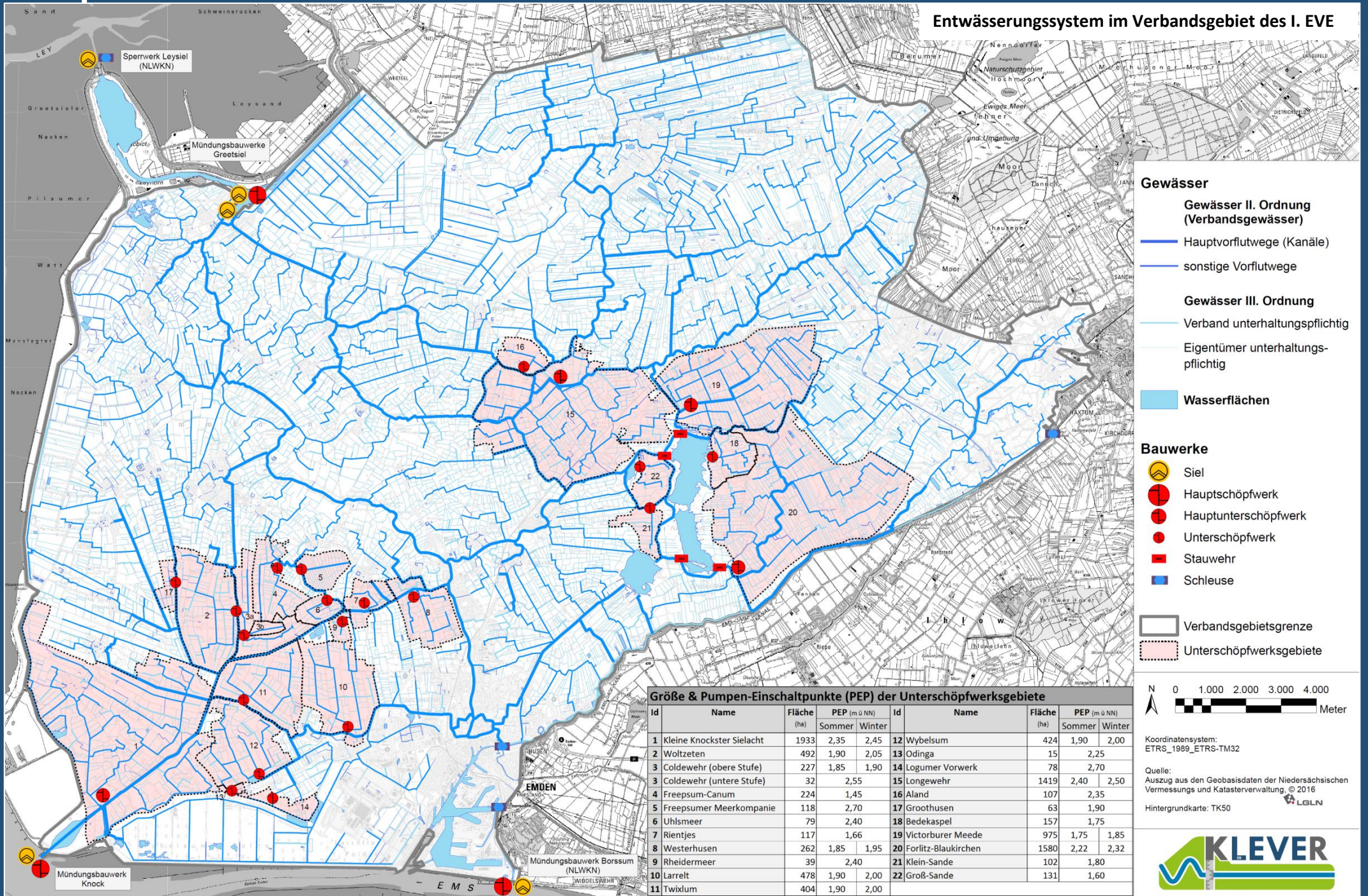


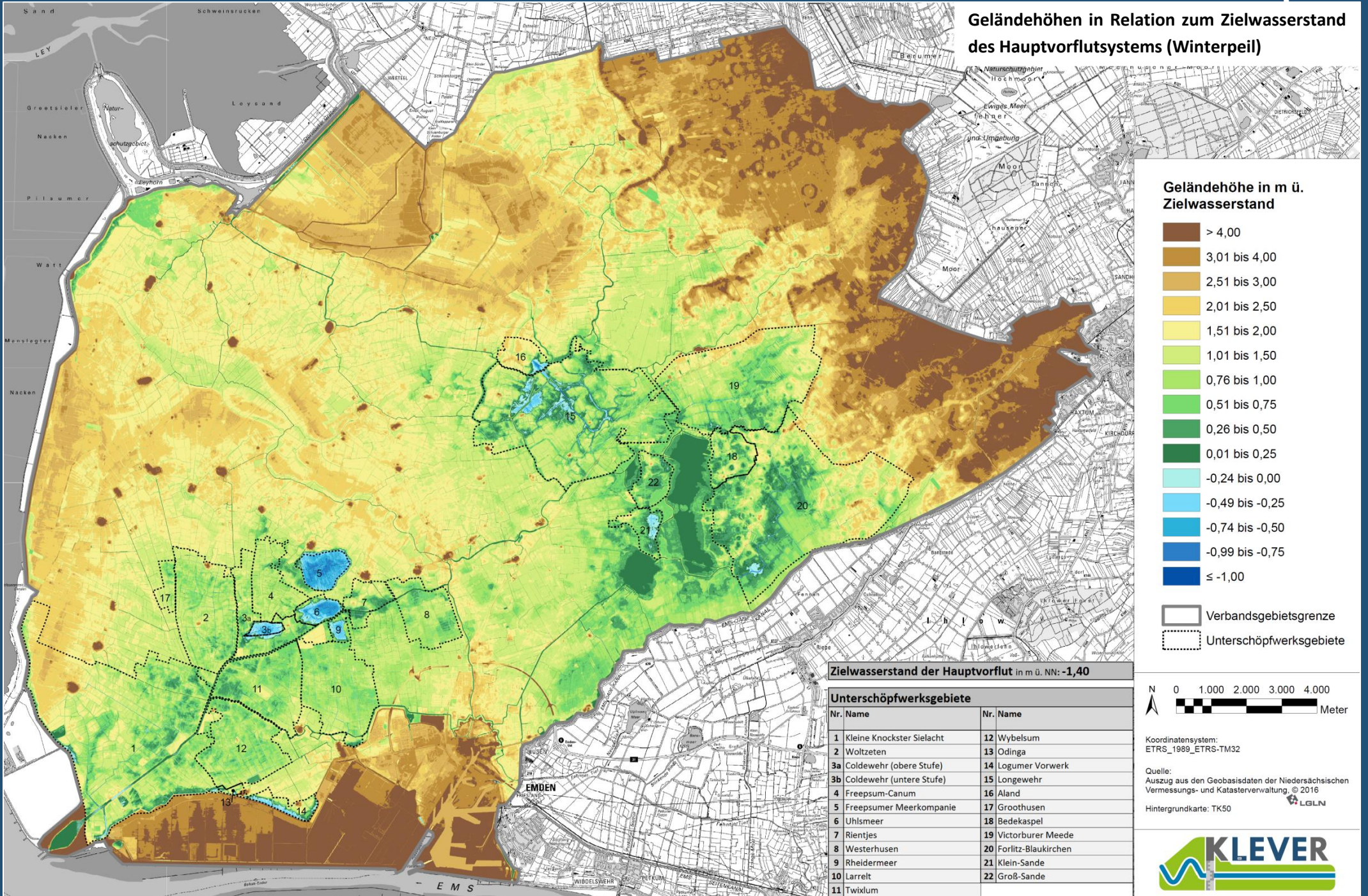
Koordinatensystem:
ETRS_1989_ETRS-TM32

Hintergrundkarte: OSM



4 Funktionsweise des Entwässerungssystems im Verbandsgebiet des I. EVE





Geländehöhen in Relation zum Zielwasserstand des Hauptvorflutsystems (Winterpeil)

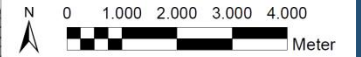
Geländehöhe in m ü. Zielwasserstand

- > 4,00
- 3,01 bis 4,00
- 2,51 bis 3,00
- 2,01 bis 2,50
- 1,51 bis 2,00
- 1,01 bis 1,50
- 0,76 bis 1,00
- 0,51 bis 0,75
- 0,26 bis 0,50
- 0,01 bis 0,25
- 0,24 bis 0,00
- 0,49 bis -0,25
- 0,74 bis -0,50
- 0,99 bis -0,75
- ≤ -1,00

Verbandsgebietsgrenze
 Unterschöpfwerksgebiete

Zielwasserstand der Hauptvorflut in m ü. NN: **-1,40**

Unterschöpfwerksgebiete	
Nr. Name	Nr. Name
1 Kleine Knockster Sielacht	12 Wybelsum
2 Woltzeten	13 Odinga
3a Coldeweher (obere Stufe)	14 Logumer Vorwerk
3b Coldeweher (untere Stufe)	15 Longeweher
4 Freepsum-Canum	16 Aland
5 Freepsumer Meerkompanie	17 Groothusen
6 Uhlmeer	18 Bedekaspel
7 Rientjes	19 Victorburer Meede
8 Westerhusen	20 Forlitz-Blaukirchen
9 Rheidemeer	21 Klein-Sande
10 Larrelt	22 Groß-Sande
11 Twixlum	



Koordinatensystem: ETRS_1989_ETRS-TM32
 Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2016
 Hintergrundkarte: TK50



Stetiger Wandel

Aktuell steht die Region vor mehreren wasserwirtschaftlichen Herausforderungen. Globale (z. B. der Klimawandel) und regionale Veränderungen (z. B. die Zunahme der Flächenversiegelung) verursachen Folgen, an die sich die Region anpassen muss.

Die Wetteraufzeichnungen der letzten 100 Jahre zeigen eindeutige Temperatur- und Niederschlagsveränderungen. Die Klimaforschung, die mithilfe mathematischer Modelle den Blick in die Zukunft wagt, bestätigt diese Veränderungen und geht von einer Beschleunigung des Temperaturanstiegs und einer weiteren Zunahme von Extremwetterereignissen aus.

Durch die Erkenntnisse aus der weltweiten Klimaforschung können Veränderungen für Regionen vorhergesagt werden. Dies hat eine große gesellschaftliche Bedeutung. Die Menschen sind den Naturgewalten nicht unvorbereitet ausgeliefert, sondern können frühzeitig gemeinsam Anpassungsmaßnahmen planen. Diese sollen sowohl der Vorbereitung auf und dem Schutz vor Verän-

derungen dienen als auch Entwicklungspotenziale für die Region bieten.

Der folgende Abschnitt behandelt mögliche Veränderungen des Klimas und deren Konsequenzen für den Wasserhaushalt im Verbandsgebiet des I. Entwässerungsverbandes Emden. Zudem werden weitere Einflüsse, wie der Meeresspiegelanstieg, die Geländesenkung und die zunehmende Flächenversiegelung hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Entwässerung betrachtet.

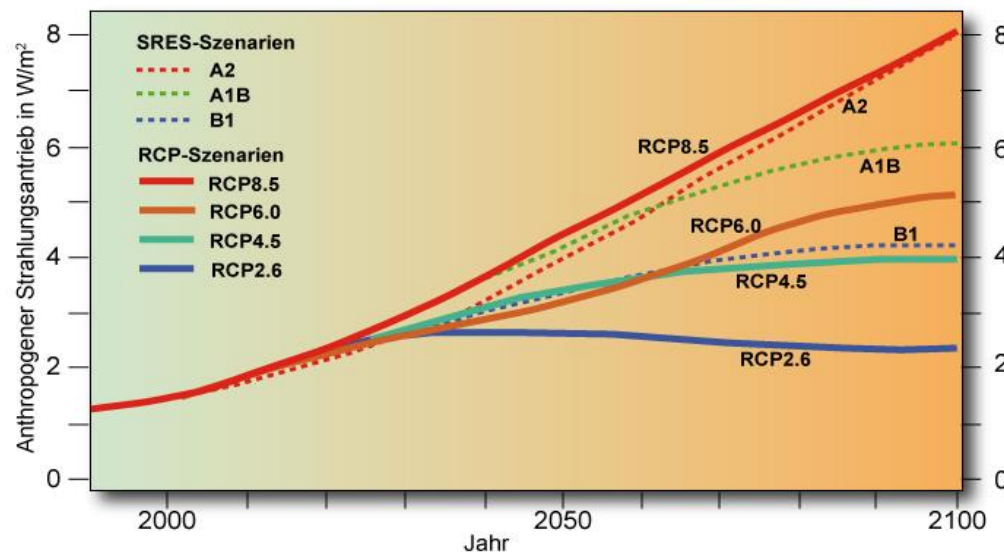
Klimamodelle – ein Blick auf die Theorie

Die globalen Klimamodelle beschreiben die physikalischen Prozesse in der Atmosphäre, in den Ozeanen und auf der Landoberfläche und können die Klimaentwicklung der Vergangenheit abbilden. Eine wichtige Größe in den Klimamodellen ist die Emission von Treibhausgasen, die Haupttreiber der Klimaerwärmung sind. Um die Klimaentwicklung für die Zukunft darstellen zu können, werden somit Annahmen über die zukünftigen Treibhausgasemis-

sionen gebraucht. Diese sind wiederum von der wirtschaftlichen Entwicklung, dem Wachstum der Bevölkerung oder der Nutzung unterschiedlicher Energieformen (fossil, erneuerbar) sowie der Effektivität der Klimapolitik abhängig.

Da diese unterschiedlichen Entwicklungen nicht vorhersehbar sind, werden sie durch Szenarien (= plausible zukünftige Entwicklungspfade) beschrieben. Die Klimamodelle werden für verschiedene Szenarien durchgerechnet (s. Grafik 11). Dabei steht das Szenario A1B für eine sozioökonomische Entwicklung, wie wir sie aktuell erleben. Die Szenarien, die in den jüngsten Sachstandsbericht des Weltklimarats (IPCC, 2013) eingegangen sind, enthalten erstmals mit dem RCP2.6 ein Szenario, das eine erfolgreiche Klimapolitik widerspiegelt. Für dieses Szenario werden die Einhaltung des 2-Grad-Ziels, die erfolgreiche Aufforstung und die Reduzierung aller Treibhausgase angenommen. Somit bewegt sich das Spektrum der möglichen Szenarien zwischen einem erfolgreichen Klimaschutz (Szenario RCP2.6, optimistisch), einer Entwicklung wie sie aktuell zu beobachten ist (Szenario A1B, realistisch) und einer Verschlechterung der Entwicklung (Szenarien RCP8.5 oder A2, pessimistisch).

Um globale Klimaänderungen auf die unterschiedlichen Regionen der Welt zu übertragen, werden regionale Klimamodelle genutzt, die in der Berechnung örtliche topographische Gegebenheiten berücksichtigen. Die drei in diesem Projekt verwendeten regionalen Klimamodelle wurden speziell für Klimaprojektionen in Mitteleuropa entwickelt. Die für KLEVER verwendeten regionalen Klimamodelle sind mit den Szenarien RCP8.5, RCP4.5, A2, A1B und B1 gerechnet worden. Die Analysen stützen sich damit auf ein Modellensemble aus drei regionalen Klimamodellen (REMO, WETTREG und XDS) und fünf unterschiedlichen Szenarien.



Grafik 11: Globale Klimaszenarien: Strahlungsantrieb verschiedener Klimaszenarien des IPCC

Veränderungen von Temperatur und Niederschlag

Durch die Auswertung der Projektionen der regionalen Klimamodelle können spezifische Aussagen für den zu erwartenden Klimawandel bestimmter Regionen, wie z. B. dem Verbandsgebiet des I. EVE, getroffen werden. Im Rahmen von KLEVER wurden vor allem die Veränderungen der beiden Klimagrößen Temperatur und Niederschlag betrachtet, die den größten Effekt auf die Abflussbildung und damit auf die Anforderungen an die Binnenentwässerung haben. Daneben beeinflussen auch die Veränderungen von Strahlung, Windgeschwindigkeit und Luftfeuchte die Abflussbildung.

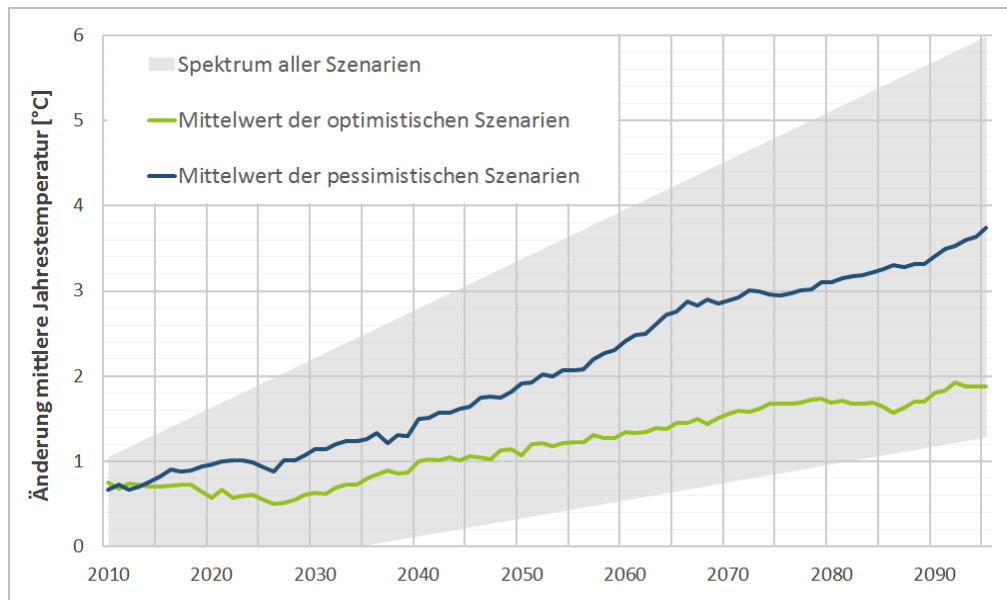
Die Szenariorechnungen der regionalen Klimamodelle zeigen, dass bis zum Ende des 21. Jahrhunderts mit einem Anstieg der Jahresmitteltemperatur gerechnet werden kann (s. Grafik 12). Die *optimistischen* Szenarien ge-

hen von einer Erwärmung um ca. 2 °C bis zum Ende des Jahrhunderts aus, die *pessimistischen* Szenarien sogar von bis zu 4 °C. Der Temperaturanstieg wird sich dabei wahrscheinlich auf alle Monate gleichermaßen auswirken.

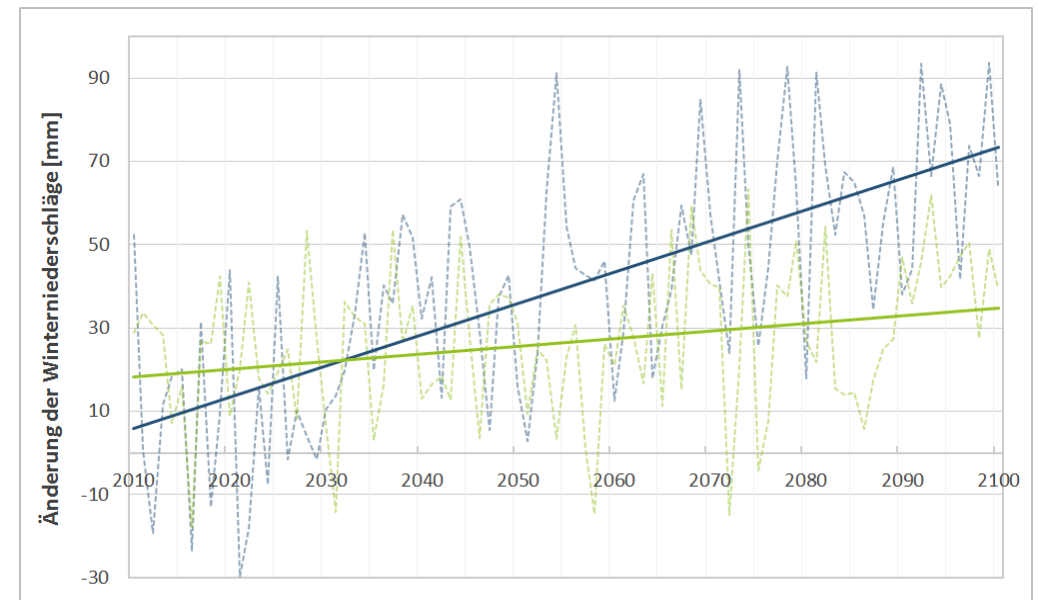
Während der mittlere Jahresniederschlag in den Projektionen bis zum Jahr 2100 fast konstant bleibt, ist eine deutliche Veränderung der Saisonalität zu erkennen. Es ist davon auszugehen, dass die Winterniederschläge im Mittel zu- und die Sommerniederschläge abnehmen werden. Für die Wintermonate Dezember, Januar und Februar wird je nach Projektion ein Anstieg des Niederschlags zwischen 30 und 70 mm erwartet (s. Grafik 13). Gerade in diesen Monaten kommt aber bereits heute der größte Teil der Niederschläge direkt zum Abfluss, da die Ver-

dunstung gering und die Wassersättigung des Bodens hoch ist. Der zu erwartende Anstieg wird somit zu entsprechend höheren Abflussspenden führen.

Auch wenn es im Sommer voraussichtlich insgesamt trockener werden soll, werden vergleichsweise mehr Starkregenereignisse erwartet. Diese kurzen Platzregen können auf begrenztem Raum in sehr kurzer Zeit große Niederschlagsmengen bringen. Der Grund für die zu erwartende Zunahme solcher Ereignisse ist die aufgeheizte Atmosphäre, die eine größere Menge Wasserdampf aufnehmen kann. Bei einer schnellen Abkühlung kommt es dann zu erheblichen Starkniederschlagsereignissen. Die regionalen Klimamodelle projizieren für die Zukunft des Weiteren eine zunehmende Wahrscheinlichkeit für andere Extreme wie Gewitterzellen oder Tornados.



Grafik 12: Projizierte Veränderung der Jahresmitteltemperatur im Vergleich zum Kontrollzeitraum, gemittelt für optimistische (grün) und pessimistische Szenarien (blau)



Grafik 13: Projizierte Veränderung der Winterniederschläge (Dez/Jan/Feb) im Vergleich zum Kontrollzeitraum: Jahressummen der Winterniederschläge (gestrichelt) und linearer Trend (durchgezogen), gemittelt für optimistische (grün) und pessimistische Szenarien (blau)

Veränderung des Meeresspiegels

Die globalen Klimamodelle berechnen neben den atmosphärischen Veränderungen auch den Einfluss der Klimaänderungen auf die Ozeane. Steigende Temperaturen bewirken, dass sich Wasser ausdehnt. Dadurch wird an vielen Küsten auf der Welt ein steigender Meeresspiegel beobachtet. Auch abschmelzendes Wasser der Inlandeis- und Gletscher trägt zum Meeresspiegelanstieg bei. Von 1880 bis 2009 ist der Meeresspiegel im globalen Mittel um ca. 21 cm gestiegen. Dieser Trend wird sich in Zukunft fortsetzen und wahrscheinlich beschleunigen.

Der globale Meeresspiegelanstieg wirkt sich aufgrund der Meeresströmungen und der Küstenmorphologie regional unterschiedlich aus. Für die Analysen hinsichtlich der künftigen Entwicklung im Bereich des Verbandsgebietes des I. EVE wurden die regionalen Modellrechnungen der IPCC-Szenarien RCP4.5 und RCP8.5 ausgewertet. Jedes Szenario wird dabei von einer Vielzahl von Klimamodellen quantifiziert. Im Rahmen von KLEVER wurden sowohl die Mittelwerte aller Modelle (Ensemble-Mittelwert) als auch die 95%-Perzentile (Wert, der von 5 % der Modelle überschritten wird) für die Szenarien betrachtet. Würde allein der Mittelwert betrachtet, müsste davon ausgegangen werden, dass etwa die Hälfte der Modelle einen höheren Meeresspiegelanstieg projiziert als der Mittelwert aller Modelle. Da unbekannt ist, welches der Modelle die Zukunft am besten „vorhersagen“ kann, läge das Risiko dann bei 50 %, dass der Meeresspiegelanstieg im Rahmen der Folgenabschätzung und Maßnahmenplanung unterschätzt wird. Bei der Betrachtung des 95%-Perzentils beträgt dieses Risiko nur 5 %.

Die betrachteten Projektionen zeigen für die Nordseeküste einen zu erwartenden Meeresspiegelanstieg zwischen 50 und 110 cm bis zum Ende des Jahrhunderts (s. Grafik 17 auf Seite 26). Mit einbezogen wurde bei diesen Werten bereits die Landsenkung, die zu einer relativen Erhö-

hung des Meeresspiegels führt. Sie wurde bei den Analysen mit einer Senkungsrate von 1 mm/Jahr berücksichtigt.

Für die Entwässerung im Verbandsgebiet sind speziell die Tideniedrigwasser-Phasen von entscheidender Bedeutung. Sinkt der Wasserstand in der Ebbe weniger tief ab, wird die Entwässerung im Sielzug eingeschränkt, und es muss auf den Pumpenbetrieb ausgewichen werden.

Veränderung der Flächenversiegelung

Neben den globalen Einflüssen ist das Verbandsgebiet des I. EVE auch von regionalen Veränderungen betroffen. Hierzu gehört die Flächenversiegelung, unter der die Umwandlung von unbebauten Flächen (z. B. landwirtschaftliche Flächen) in Siedlungs- und Verkehrsflächen zu verstehen ist. Die Versiegelung reduziert die Infiltration von Niederschlag in den Boden. Der Niederschlag wird nicht im Boden gespeichert und steht damit nicht für die Verdunstung oder die Versickerung zur Verfügung. Versiegelte Flächen erhöhen das Hochwasserrisiko, da ein großer Teil des Niederschlags direkt zum Abfluss kommt.

Der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsflächen hat im Verbandsgebiet des I. EVE von 1979 bis 2015 von ca. 10 % auf rund 16 % zugenommen. Um die Folgen zukünftiger Flächenversiegelungen abschätzen zu können, wurden drei Szenarien entwickelt: Das erste Szenario spiegelt die aktuelle Versiegelungsrate wieder und setzt diese linear bis 2100 fort. Das zweite Szenario basiert auf der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie, die eine Begrenzung der Neuversiegelung auf 30 ha/Tag (deutschlandweit) vorsieht. Das dritte Szenario beruht auf der Forderung der Europäischen Kommission, ab 2050 keine Neuversiegelung ohne Entsiegelung an anderer Stelle zuzulassen (Netto-Null-Versiegelung).

Abschätzung der Auswirkungen der Klima- und Landnutzungsszenarien auf die Abflussbildung

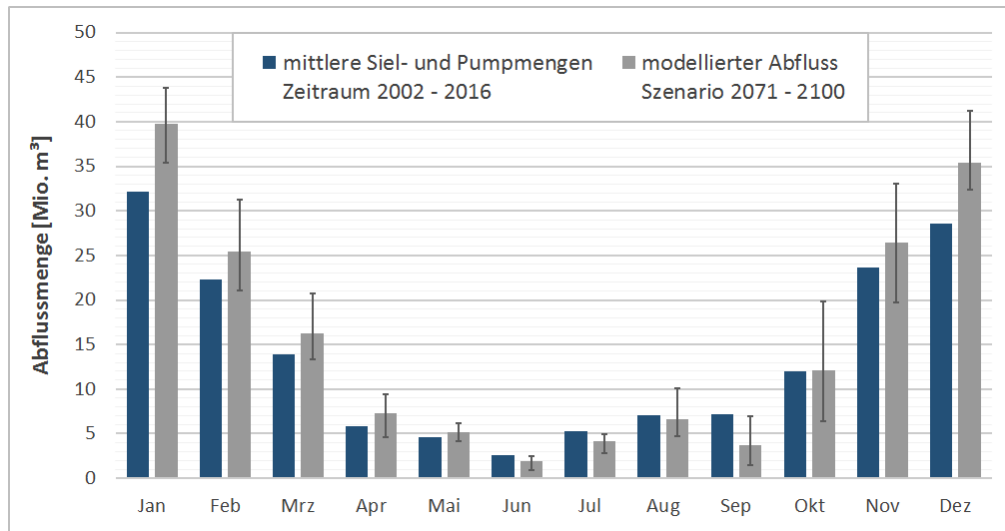
Um die potenziellen Auswirkungen der Szenarien auf den Wasserhaushalt abzuschätzen, können hydrologische Modelle eingesetzt werden. Voraussetzung dafür ist, dass sich solche Modelle für die Vergangenheit als ausreichend valide erweisen. Zur Abschätzung der mit den Klima- und Landnutzungsszenarien einhergehenden hydrologischen Veränderungen im Verbandsgebiet des I. EVE wurde das Wasserhaushaltsmodell SIMULAT nach vorausgegangener Kalibrierung und Validierung eingesetzt.

Im Rahmen von KLEVER wurden die auf Seite 22 genannten regionalen Klimaszenarien als Antrieb für das hydrologische Modell verwendet und mit dem Kontrollzeitraum basierend auf Messdaten der vergangenen Jahrzehnte verglichen. Von Interesse waren vor allem Änderungen im Hinblick auf die Saisonalität der Abflussbildung sowie im Hinblick auf Extremereignisse, die das Entwässerungssystem auf eine Belastungsprobe stellen können.

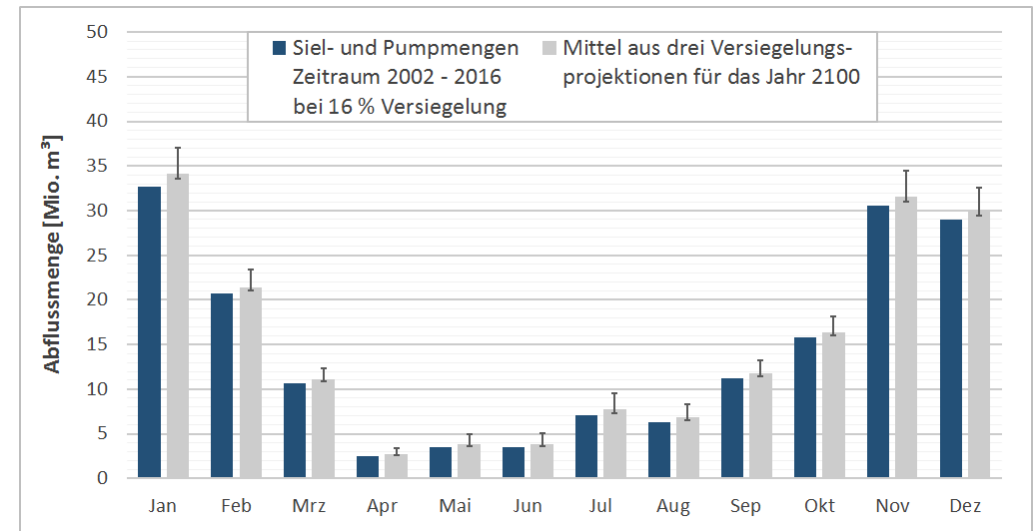
Im Wesentlichen sind auf Basis der Simulationen als **Folgen des Klimawandels** zu erwarten:

- eine leichte Zunahme der jährlichen Abflussspende von etwa 11 % (moderate Szenarien) bis 13 % (pessimistische Szenarien) bis Ende des 21. Jahrhunderts,
- eine deutliche Zunahme der Abflussbildung im Winter: in der abflussreichen Jahreszeit ist bis Ende des 21. Jahrhunderts mit einem Anstieg der Abflussbildung um ca. 18 % (moderate Szenarien) bis 26 % (pessimistische Szenarien) zu rechnen, während die Abflussbildung im Sommer abnimmt (s. Grafik 14),
- eine deutliche Verstärkung extremer Abflussereignisse, bezogen auf Wochen- und Tageswerte (s. Grafik 16)

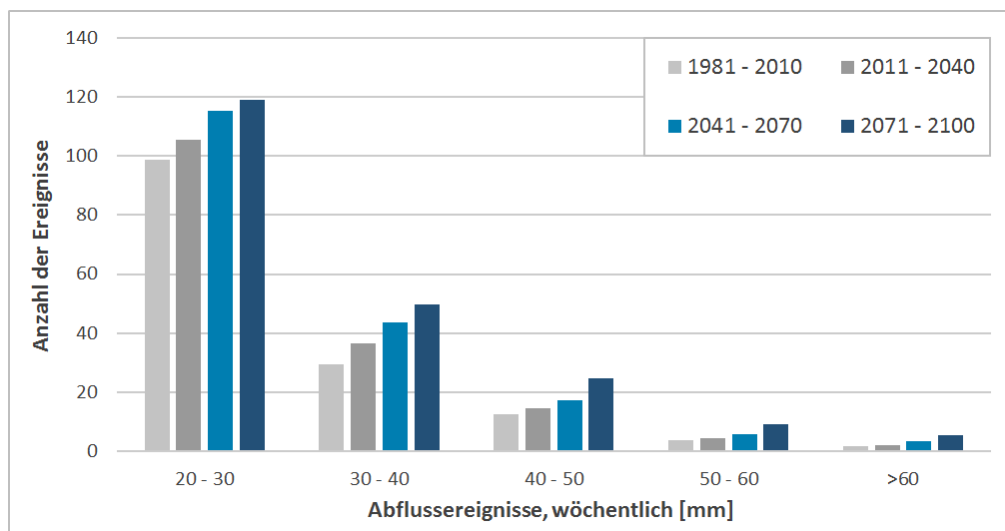
Die Abschätzungen für die mittleren und saisonalen Veränderungen sowie für Extremereignisse zeigen deutlich, dass künftig klimabedingt von erschwerten Entwässerungsbedingungen im Gebiet des I. EVE auszugehen ist.



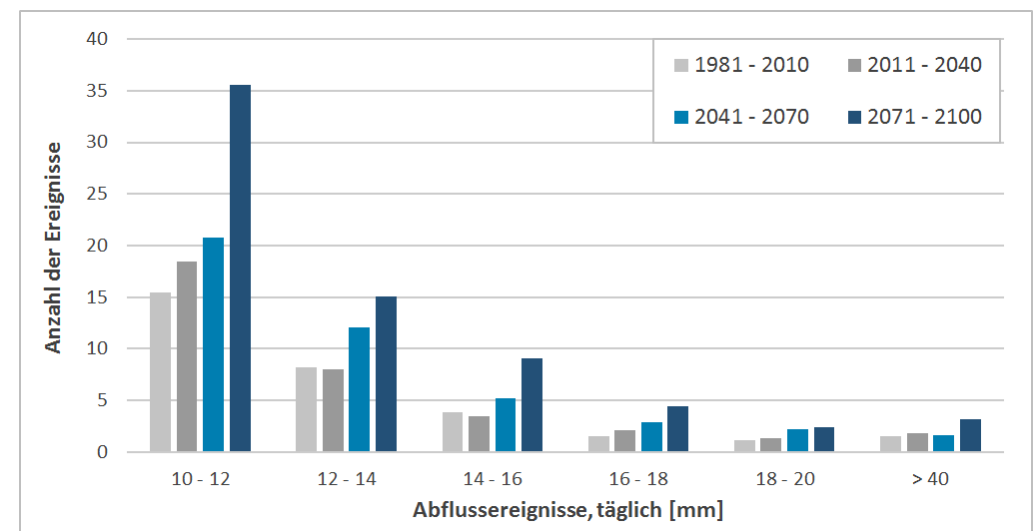
Grafik 14: Modellbasierte Abschätzung der Veränderung der saisonalen Abflussbildung im Verbandsgebiet des I. EVE durch den Klimawandel (blau: Mittelwert der Siel- und Pumpmengen aus Messungen (2002-2016); grau: Mittel des modellierten Abflusses der Klimaszenarien (2071-2100) mit Angabe der Spannweite der unterschiedlichen Szenarien)



Grafik 15: Modellbasierte Abschätzung der Veränderung der saisonalen Abflussbildung im Verbandsgebiete des I. EVE durch Versiegelung (blau: Mittelwert modellierter Abfluss aus Kontrollzeitraum (2002-2016) mit 16 % Versiegelung; grau: Mittelwert modellierter Abfluss aus drei Versiegelungsszenarien (18 %, 20 % und 28 % Versiegelung bis 2100) mit Angabe der Streuung aus den drei Szenarien)



Grafik 16: Modellbasierte Abschätzung der Veränderung der Abflussbildung von Extremereignissen im Verbandsgebiete des I. EVE basierend auf den drei eher pessimistischen Szenarien A1B, A2 und RCP8.5 (links: Änderungssignale wöchentlicher Abflusssummen; rechts: Änderungssignale täglicher Abflusshöhen)



Überlagert werden diese Änderungssignale von den Auswirkungen zunehmender **Flächenversiegelungen**. Die Effekte der berechneten Szenarien für eine Zunahme der Versiegelung sind im Vergleich zu den Klimateffekten zwar von untergeordneter Bedeutung, können aber gerade in den Wintermonaten die zukünftige Entwässerungsproblematik noch verschärfen. Infolge der zunehmenden Versiegelung ist im Verbandsgebiet des I. EVE mit einer Zunahme der Abflussbildung von monatlich bis zu 5 % zu rechnen (Ensemble-Mittelwert). Im Falle einer linear fortschreitenden Flächenversiegelung wäre bis Ende des 21. Jahrhunderts mit einem Anstieg der Abflussbildung von 12 % zu rechnen. Während diese Zunahme das Abflussdefizit in den Sommermonaten überwiegend kompensieren kann, ist von November bis Mai damit zu rechnen, dass sowohl der Klimawandel als auch die zunehmende Versiegelung die Abflussbildung erhöht.

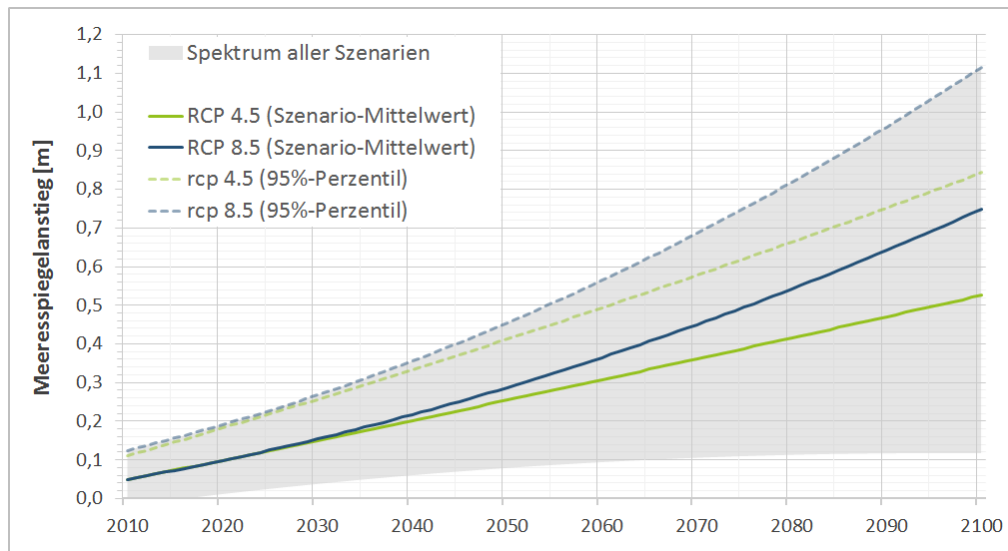
Abschätzung der Auswirkungen der Meeresspiegelanstiegs-Szenarien auf die Sielkapazitäten

Für eine Bestimmung der zukünftigen Sielkapazitäten wird in der Regel der mittlere Tideniedrigwasserstand (MTnw) der Meeresspiegelanstiegs-Szenarien mit dem Binnenwasserstand verglichen. Sobald das MTnw diesen übersteigt, wird davon ausgegangen, dass das Sielen nicht mehr möglich ist. Je nach Szenario würde bei dieser Annahme zwischen 2040 (95%-Perzentil des RCP8.5) und 2060 (50%-Perzentil des RCP4.5) im Verbandsgebiet des I. EVE keine Sielkapazität mehr bestehen.

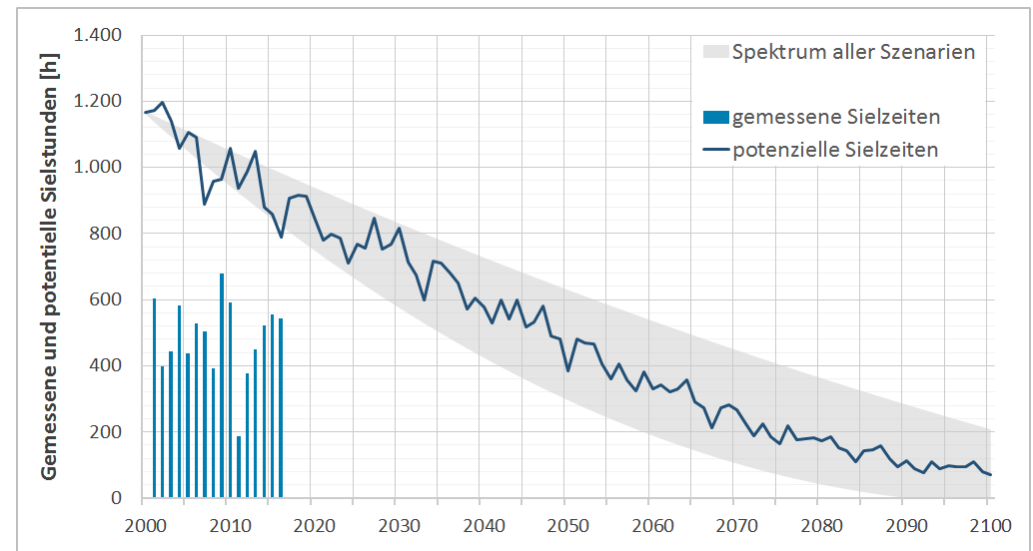
Da aber in der Realität Tideniedrigwasserstände aufgrund der äußeren Einflüsse (Sonnen-/Mondtide, Wind- und Strömungsverhältnisse etc.) variabel sind, wurden im Rahmen von KLEVER die Szenarien des Meeresspiegelanstiegs mit einer hochaufgelösten Tidekurve des Siel- und

Schöpfwerks Knock überlagert und anschließend jährliche Summen der Sielzeiten aus dem Abgleich jeder einzelnen Tide mit dem Binnen-Zielwasserstand berechnet. Die Auswertung dieses Ansatzes ergibt, dass sich die potenziellen Sielzeiten je nach Szenario bis 2040/2060 halbieren werden, und dass bis spätestens 2060/2080 kaum noch Sielkapazitäten bestehen werden (s. Grafik 18).

Vor dem Hintergrund des Zeithorizonts von Anpassungsplanungen dürfen Anpassungsoptionen damit nicht mehr auf Entwässerung über die Siele vertrauen. Zum Ende des 21. Jahrhunderts wird ausschließlich nur noch über Schöpfwerke in die Außenems bzw. in die Nordsee entwässert werden können.



Grafik 17: Auswertung der IPCC-Szenarien-Ensembles des Meeresspiegelanstiegs für die Deutsche Bucht. Der grau hinterlegte Bereich zeigt das Spektrum aller Szenarien. Die dargestellten Szenario-Mittelwerte (durchgezogen) und 95%-Perzentile (gestrichelt) wurden verwendet, um die zukünftigen Sielmöglichkeiten bei entsprechenden Meeresspiegelhöhen abzuschätzen (siehe Grafik 18).



Grafik 18: Berechnung potenzieller Sielzeiten bis 2100 für das Siel- und Schöpfwerk Knock anhand der Auswertung des IPCC-Szenarien-Ensembles des Meeresspiegelanstiegs für die Deutsche Bucht und der Binnen-Zielwasserstände im Verbandsgebiet. Der grau hinterlegte Bereich zeigt das Spektrum aller Szenarien der potenziellen Sielzeiten. In dunkelblau ist der Mittelwert der vier Szenarien dargestellt. Die blauen Balken veranschaulichen die genutzten Sielzeiträume an der Knock von 2001 bis 2016.

Die

Die Abschätzung der Auswirkungen von Klimawandel, Flächenversiegelung und Meeresspiegelanstieg macht deutlich, dass sich die Effekte gerade in schwierigen Entwässerungssituationen aufaddieren. Die Binnenentwässerung wird künftig mit zusätzlichen Herausforderungen konfrontiert sein. Es sind innovative Ansätze erforderlich, um den Status quo der Entwässerung aufrecht zu erhalten.

Kurz & bündig:

- Zunahme der Abflussspende im Winter durch den Klimawandel um 18 bis 26 %,
- Zunahme der Abflussspende durch Flächenversiegelung um 5 bis 12 %,
- Addition der Effekte von Klimawandel und Versiegelung im Winterhalbjahr,
- Verstärkung von extremen Abflussereignissen (Hochwasserrisiko),
- Meeresspiegelanstieg in der Deutschen Bucht zwischen 0,5 und 1,1 m bis 2100,
- starke Einschränkung der Sielmöglichkeiten spätestens ab Mitte des Jahrhunderts

6 Akteursbeteiligung im Rahmen von KLEVER

Die Notwendigkeit der Entwässerung der Küstenniederungen ist in den vorangegangenen Kapiteln erläutert worden. Die Entwässerung ermöglicht das Leben und Wirtschaften in diesen Regionen und muss verschiedenen Ansprüchen und Interessen gerecht werden. Die im nachfolgenden Kapitel 7 dargestellten Anforderungen an das Entwässerungssystem und -management im Verbandsgebiet des I. EVE verdeutlichen dies.

Aufgrund der enormen regionalen Bedeutung der Entwässerung sind zahlreiche Akteure aus unterschiedlichen Handlungsbereichen in direkter oder indirekter Weise von der Thematik betroffen (s. Grafik 19). Um das Entwässerungssystem und -management bestmöglich an die zukünftigen Veränderungen und Entwicklungen (s. Kapitel 5) anzupassen, ist es daher unabdingbar, alle relevanten Institutionen in einen Ideenfindungsprozess zur Entwicklung geeigneter Anpassungsoptionen einzubeziehen.



Grafik 19: Betroffene Handlungsbereiche

hen. Aus diesem Grund wurde im Rahmen von KLEVER ein projektbegleitender Beteiligungsprozess durchgeführt, in den Vertreterinnen und Vertreter der in Grafik 20 aufgeführten Institutionen aus den Handlungsbereichen Wasserwirtschaft, Naturschutz, Landwirtschaft, Binnenfischerei, Tourismus/Freizeit, Raumplanung und Katastrophenschutz eingebunden waren. Zur Ermittlung der zu beteiligenden Institutionen wurde zu Beginn des Projektes eine Akteursanalyse vorgenommen.

Der Beteiligungsprozess im Rahmen von KLEVER erfolgte in drei Phasen. Wichtigste Bausteine waren die Einzel- bzw. Kleingruppengespräche mit den Akteuren, die Diskussionen in den Akteursforen und die zum Ende der Projektlaufzeit durchgeführten Arbeitsgruppentreffen zur Konkretisierung der Ergebnisse aus den Foren. Im Folgenden werden die drei Beteiligungsphasen (s. Grafik 21) zum besseren Verständnis ausführlicher erläutert:

Beteiligungsphase 1: Für die gemeinsame Erarbeitung von Lösungsansätzen ist ein ausreichendes Systemverständnis wichtig. Nur wenn alle Beteiligten ihre gegenseitigen Ansichten transparent darstellen, können diese als Arbeitsgrundlage für die Entwicklung von Maßnahmenoptionen zur Anpassung der Entwässerung an zukünftige Herausforderungen dienen. In der ersten Beteiligungsphase wurden die Akteure in Einzel- bzw. Kleingruppengesprächen nach den aus ihrer Sicht bestehenden Anforderungen und Defiziten im Hinblick auf die Entwässerungspraxis befragt (s. Kapitel 7). Gleichzeitig wurden diese Gespräche dazu genutzt, um Anpassungsoptionen für das Entwässerungssystem und -management im Untersuchungsgebiet zu sammeln. Die zu einer Gesamtübersicht zusammengestellten Maßnahmenvorschläge (s. Kapitel 8) wurden anschließend in einem gemeinsamen Akteursforum allen Beteiligten vorgestellt.

Handlungsbereiche	beteiligte Institutionen/Organisationen
Wasserwirtschaft	I. Entwässerungsverband Emden, Deichacht Krummhörn, NLWKN (Betriebsstelle Aurich), Untere Wasserbehörden (Landkreis Aurich, Kreisfreie Stadt Emden), Bau- und Entsorgungsbetrieb Emden
Naturschutz	Untere Naturschutzbehörden (Landkreis Aurich, Kreisfreie Stadt Emden), NLWKN (Geschäftsbereich: Regionaler Naturschutz), Naturschutzverbände (NABU, BUND)
Landwirtschaft	Landwirtschaftlicher Hauptverein für Ostfriesland, Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Bezirksstelle Ostfriesland), Grünlandzentrum Niedersachsen/Bremen
Binnenfischerei	Bezirksfischereiverband für Ostfriesland
Tourismus/Freizeit	Wirtschaftsförderung, kommunale Touristikgesellschaften
Raumplanung	Amt für regionale Landesentwicklung Weser-Ems, Untere Raumordnungsbehörde (Landkreis Aurich), kommunale Planungs- und Bauämter
Katastrophenschutz	Katastrophenschutzbehörden (Landkreis Aurich, Kreisfreie Stadt Emden)

Grafik 20: Übersicht der im Beteiligungsprozess eingebundenen Institutionen (Zusammensetzung des KLEVER-Akteursforums)

Beteiligungsphase 2: In der zweiten Phase wurde ein multikriterielles Bewertungsverfahren durchgeführt, mit dem präferierte Maßnahmenbereiche für die Anpassung des Entwässerungsmanagements ermittelt werden sollten. Hierzu wurden die beteiligten Akteure im Rahmen erneuter Einzel- bzw. Kleingruppengespräche gebeten, eine Bewertung der in der ersten Phase identifizierten Maßnahmenbereiche vorzunehmen. Die Ergebnisse der resultierenden Präferenzermittlung (s. Kapitel 9) wurden anschließend im Akteursforum präsentiert. Im Rahmen von Gruppendiskussionen wurden Synergien und Konflikte bestimmter Maßnahmenbereiche im Hinblick auf die unterschiedlichen sektorspezifischen Anforderungen (s. Kapitel 7) erörtert.

Beteiligungsphase 3: Die von den Akteuren vorgeschlagenen Maßnahmenbereiche können eine Vielzahl differenzierter Maßnahmenoptionen umfassen, die sich z. B. hinsichtlich ihrer Verortung, Dimensionierung, Ausgestaltung und Wirkung unterscheiden. In der dritten Beteiligungsphase wurden zur weiteren Konkretisierung daher insgesamt drei Arbeitsgruppentreffen durchgeführt, die der Diskussion konkreter Realisierungsoptionen dienen (s. Kapitel 10). Da in den Arbeitsgruppen nicht sämtliche Maßnahmenbereiche gleichermaßen betrachtet werden konnten, wurde eine Vorauswahl auf Basis der in Phase 2 durchgeführten Präferenzermittlung getroffen.

Phase	Beteiligungsformate	Zielstellungen
1	Einzel-/Kleingruppengespräche	<ul style="list-style-type: none"> Identifikation der sektorspezifischen Anforderungen an das Entwässerungsmanagement Sammlung von Maßnahmenvorschlägen zur Anpassung des Entwässerungsmanagements
	Akteursforum mit Plenumsdiskussion	<ul style="list-style-type: none"> Vorstellung und Diskussion der kategorisierten Gesamtübersicht aller Maßnahmenvorschläge
2	Einzel-/Kleingruppengespräche	<ul style="list-style-type: none"> Präferenzermittlung der vorgeschlagenen Maßnahmenbereiche mit Hilfe eines multikriteriellen Bewertungsverfahrens
	Akteursforum mit Plenumsdiskussion	<ul style="list-style-type: none"> Vorstellung der Ergebnisse der Präferenzermittlung Diskussion von Synergie- und Konfliktpotenzialen im Hinblick auf die unterschiedlichen sektorspezifischen Anforderungen
3	Arbeitsgruppentreffen	<ul style="list-style-type: none"> Konkretisierung potenzieller Realisierungsoptionen für präferierte Maßnahmenbereiche

Grafik 21: Übersicht der Phasen, Formate und Zielstellungen des Beteiligungsprozesses



Das Entwässerungssystem und -management im Verbandsgebiet des I. EVE wird neben seiner primären Aufgabe, der Gewährleistung des Binnenhochwasserschutzes, mit einer Reihe weiterer, teils konfligierender Erwartungshaltungen konfrontiert (s. Grafik 22): Die Landwirtschaft fordert als größter Flächennutzer ein auf ihre Ansprüche zugeschnittenes Wassermanagement. Der Tourismus- und Freizeitsektor hat ein starkes Interesse an den Nutzungsmöglichkeiten der Gewässer für Bootsverkehr und Wassersportaktivitäten. Der Ökosystemschutz stellt besondere Anforderungen an die Gewässerökologie und den Landschafts- und Bodenwasserhaushalt.

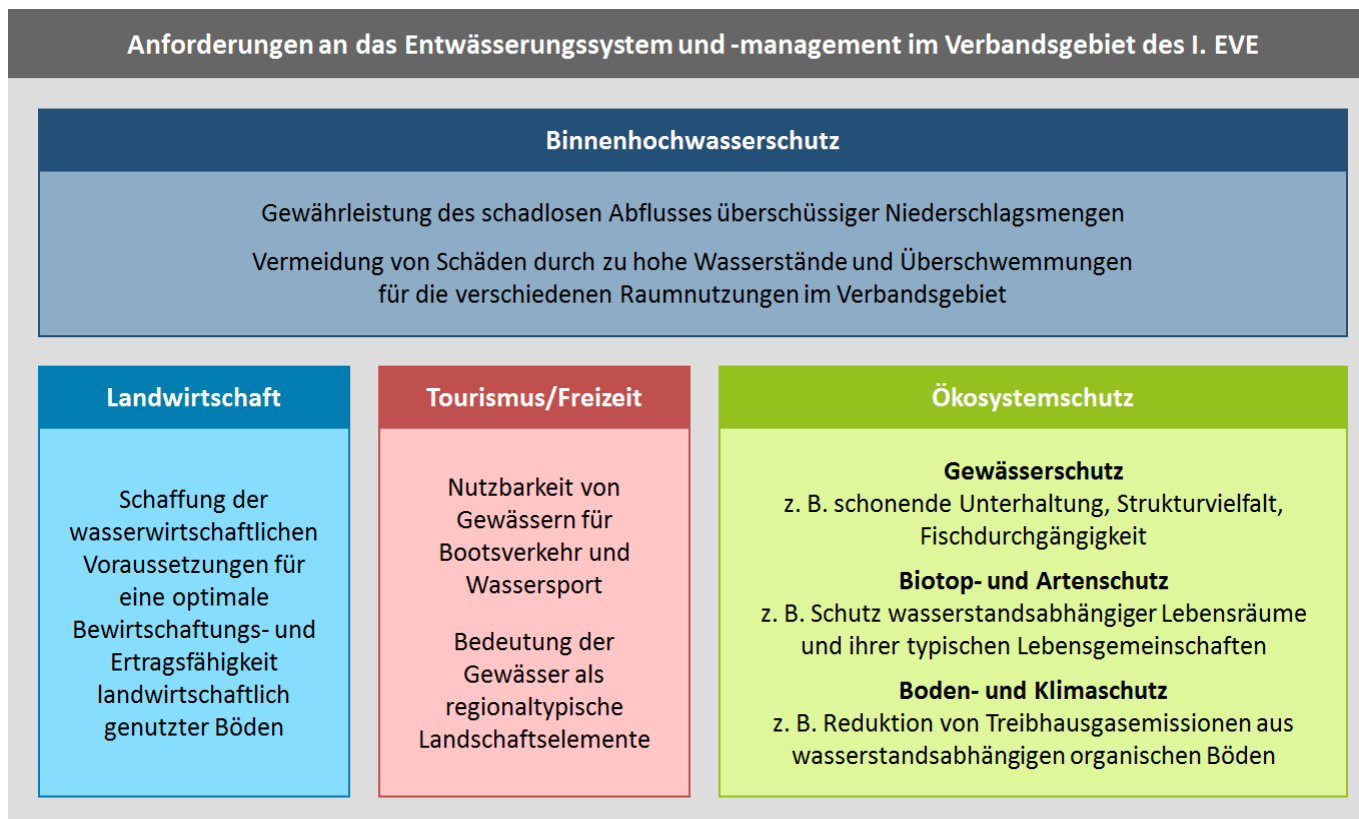
Im Rahmen der projektbegleitenden Akteursbeteiligung (s. Kapitel 6) wurden die jeweiligen Sichtweisen und Einschätzungen zum bestehenden Entwässerungssystem und -management abgefragt. Im Ergebnis zeigte sich, dass es zwar einen Grundkonsens für eine funktionierende Binnenentwässerung gibt, die Positionen hinsichtlich der konkreten Ausgestaltung jedoch mitunter deutlich auseinanderliegen. Im Folgenden sind die von den beteiligten Akteuren benannten Anforderungen und Defizite untergliedert nach den in Grafik 22 dargestellten Bereichen zusammenfassend dargestellt.

Binnenhochwasserschutz

Mit Hilfe des Entwässerungssystems werden überschüssige Wassermengen aus dem Verbandsgebiet in die Außenems abgeführt und definierte Zielwasserstände (Peile) in den Gewässern gehalten. Auf diese Weise können kritische Hochwasserstände und Überschwemmungen sowie daraus resultierende Schäden an den verschiedenen Raumnutzungen im Verbandsgebiet weitestgehend vermieden werden. Die künstliche Entwässerung und Wasserstandsregulierung ist aufgrund der topographischen Gegebenheiten von grundlegender Bedeutung für die Nutzung des Verbandsgebietes als Kulturlandschaft und Siedlungsraum.

Parallel zum massiven Ausbau des Entwässerungssystems seit den 1950/60er Jahren sind auch die gesellschaftlichen Erwartungshaltungen an das Entwässerungsmanagement und den Hochwasserschutz kontinuierlich gestiegen. Während es bis vor 50 Jahren noch zur Normalität gehörte, dass größere Niederungsbereiche mit extensiver landwirtschaftlicher Nutzung in den Wintermonaten für gewisse Zeit unter Wasser standen, wäre ein solches Szenario mit den heutigen Nutzungsansprüchen nicht mehr vereinbar. Die Intensivierung der Landwirtschaft und die zunehmende Ansiedlung von Industrie-, Gewerbe- und Wohnbauflächen auch in tiefliegenden Bereichen des Verbandsgebietes haben dazu geführt, dass Hochwassersituationen, die ehemals noch tolerierbar waren, heute ein deutlich höheres Schadenspotenzial aufweisen. Diese Entwicklungen haben dazu geführt, dass die Anforderungen an die Entwässerung im Laufe der Zeit stetig gewachsen sind.

Trotz des heutigen Ausbaus der Entwässerungsinfrastruktur im Verbandsgebiet des I. EVE stößt das System bei bestimmten Wetterlagen wiederkehrend an seine technischen Kapazitätsgrenzen. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn folgende Ereignisse zeitlich zusammentreffen:



Grafik 22: Übersicht der sektoralen Anforderungen an das Entwässerungssystem und -management im Verbandsgebiet des I. EVE

- großräumige und ergiebige Niederschläge, die auf bereits wassergesättigte Böden fallen und innerhalb kurzer Zeit besonders hohe Abflussmengen hervorrufen, sowie
- langanhaltende und starke Westwindlagen, die zu windstaubbedingten Abflussbehinderungen in den Vorflutgewässern und zu reduzierten Förderleistungen der Mündungsschöpfwerke aufgrund hoher Außenwasserstände führen.

In solchen Situationen trifft ein erhöhter Entwässerungsbedarf auf eine eingeschränkte Entwässerungskapazität, was zur Folge hat, dass die Binnenwasserstände im Verbandsgebiet trotz Dauerbetriebs der Schöpfwerkspumpen weiter ansteigen und mitunter kritische Marken erreichen. Besonders betroffen sind hiervon die tief gelegenen Einzugsgebiete des Hauptvorflutsystems im Bereich des Großen Meeres, da das Wasser von dort nur stark zeitverzögert zum Mündungsbauwerk an der Knock abfließt.

Um unter den skizzierten Bedingungen eine schadlose Ableitung überschüssiger Wassermengen zu gewährleisten und Schäden durch zu hohe Wasserstände und Überschwemmungen zu vermeiden, ist ein leistungsfähiges Entwässerungssystem und -management erforderlich. Von Seiten der verantwortlichen Akteure, allen voran dem I. EVE sowie den unteren Wasserbehörden, werden daher insbesondere folgende Anforderungen artikuliert:

- Schaffung der entwässerungstechnischen Voraussetzungen zur Gewährleistung der festgelegten Zielwasserstände im Vorflutsystem mit nur geringen Abweichungen,
- Sicherstellung einer regelmäßigen Gewässerunterhaltung zur Aufrechterhaltung der hydraulischen Abflussquerschnitte,
- Begrenzung des Gebietsabflusses durch Vermeidung zusätzlicher Flächenversiegelungen,
- Ausbau von Speicher- und Rückhaltekapazitäten für Niederschlagswasser innerhalb des Verbandsgebietes

Neben der Entwässerung des Gesamtgebietes spielt in lokaler Hinsicht auch die **Siedlungsentwässerung**, die in der Zuständigkeit der Städte und Gemeinden liegt, eine wichtige Rolle. Die Ableitung von Niederschlagsabflüssen aus den Siedlungsgebieten in das Vorflutsystem (Verbandsgewässer) erfolgt sowohl über offene Entwässerungsgräben als auch durch Verrohrungen und Kanalisationssysteme. Bei außergewöhnlichen Starkregenereignissen kann es dazu kommen, dass die Kapazitäten der vorhandenen Siedlungsentwässerungsanlagen überschritten werden und lokal begrenzte Rückstau- und Überflutungssituationen auftreten, die zu Schäden am Baubestand führen können. Um bestehende Defizite zu beheben verfolgen die zuständigen Akteure insbesondere folgende Ansatzpunkte:

- Unterhaltung, Instandsetzung, Neudimensionierung und Ausbau von Siedlungsentwässerungsanlagen,
- Umsetzung von Maßnahmen zur Regenwasserrückhaltung



Landwirtschaft

Mit rund drei Vierteln der Gesamtfläche wird das Verbandsgebiet des I. EVE zum überwiegenden Teil landwirtschaftlich genutzt. Während die Niederungsgebiete unterhalb von Normalhöhen-Null hauptsächlich der Grünlandnutzung dienen, dominiert auf den höher gelegenen Marschenböden der Ackerbau (s. Karte auf Seite 5).

Die grundsätzlichen Anforderungen der Landwirtschaft an das Entwässerungsmanagement bestehen darin, die wasserwirtschaftlichen Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass die landwirtschaftlich genutzten Flächen möglichst uneingeschränkt bewirtschaftet werden können und eine hohe Ertragsfähigkeit aufweisen. Aus landwirtschaftlicher Sicht sind hierzu regulierte Wasserstände erforderlich, die in der Vegetationsperiode ausreichend hoch für die Wasserversorgung der Pflanzen sind und im Winterhalbjahr niedrig genug liegen, um eine gute Durchlüftung und Befahrbarkeit der Böden zu gewährleisten.

Noch bis vor wenigen Jahrzehnten waren im Winter häufig viele landwirtschaftliche Flächen über Wochen oder Monate von starker Vernässung oder Überschwemmung betroffen, so dass ihre Nutzbarkeit deutlich eingeschränkt war. Erst mit dem zunehmenden Ausbau des Entwässerungssystems und der damit einhergehenden Verbesserung der ganzjährigen Regulierbarkeit der Wasserstände wurde die heutige intensive Form der Landwirtschaft mit ihren hohen weidewirtschaftlichen und ackerbaulichen Ertragspotenzialen möglich.

Anders als winterliche Nässeperioden stellt sommerliche Trockenheit für die Landwirtschaft im Verbandsgebiet nach Aussage der Akteure bislang kein größeres Problem dar. Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern oder aus dem Grundwasser zu landwirtschaftlichen Bewässerungszwecken waren unter den bisherigen Gegebenheiten daher nicht erforderlich. Dies könnte sich im Hinblick auf die zu erwartende klimawandelbedingte Abnahme

der sommerlichen Niederschlagsmengen (s. Kapitel 5) zukünftig jedoch möglicherweise ändern. Dann wäre der wasserwirtschaftliche Fokus der Landwirtschaft ggfs. nicht mehr allein auf die Entwässerung des Gebietes zu richten, sondern müsste im Sinne eines ganzheitlichen Wasserressourcenmanagements um den Aspekt der Speicherung von überschüssigem Niederschlagswasser für eine Nutzung in Trockenphasen erweitert werden. Dass diese Thematik an Relevanz gewinnen könnte, hat die extreme Dürreperiode im Sommer 2018 verdeutlicht.

Die am KLEVER-Projekt beteiligten Akteure aus dem Bereich der Landwirtschaft messen der Anpassung des Entwässerungssystems und -managements an die sich ändernden äußeren Einflüsse aus sektoraler Sicht grundsätzlich eine sehr hohe Bedeutung zu. Gleichzeitig wird jedoch befürchtet, dass die Realisierung von Anpassungsmaßnahmen mit Einschränkungen der bestehenden Bewirtschaftungsmöglichkeiten und mit Flächenverlusten für die wirtschaftenden Betriebe verbunden sein könnte.

Tourismus & Freizeit

Das eng verzweigte Gewässersystem der Küstenniederungen hat als elementarer Bestandteil des regionaltypischen Landschaftsbildes sowohl im Hinblick auf die touristische Nutzung und Vermarktung der Region als auch für die Naherholung und Freizeitgestaltung der einheimischen Bevölkerung eine wichtige Funktion. Neben verschiedenen Wassersportaktivitäten wie Segeln und (Kite-) Surfen, die in erster Linie auf dem Großen Meer und der Hieve (Kleines Meer) ausgeübt werden, ist vor allem die Nutzung der Kanäle und Tiefs für den Bootsverkehr (Paddel- und Motorboote) von hoher Bedeutung. Darüber hinaus werden eine Vielzahl der Gewässer sowohl von Einheimischen als auch von Urlaubsgästen zum Angeln genutzt.

Das Gewässersystem im Verbandsgebiet des I. EVE ist über die Kesselschleuse in Emden mit dem Ems-Jade-



Kanal und den Gewässern im Fehngebiet sowie über die Schleuse am Alten Siel in Greetsiel und den Störtebekerkanal mit den Gewässern im Norderland verbunden. Es bildet somit einen zentralen Bestandteil des im *Wasserwanderplan Ostfriesland-Emsland* von 2003 dargestellten regionsübergreifenden Wasserwanderwegenetzes.

Um optimale Bedingungen für den Wassersport und Bootsverkehr zu bieten, werden von Seiten der Tourismusbranche und der lokalen Boots- und Wassersportvereine eine möglichst barrierefreie Befahrbarkeit der Wasserwege (d. h. gut passierbare Brückendurchfahrten, keine Unterbrechungen durch Querbauwerke in den Gewässern etc.) sowie eine kontinuierliche Gewährleistung ausreichender Wassertiefen durch regelmäßige Entschlammungen der Gewässer gefordert.



Ökosystemschutz

Die praktizierte Form der künstlichen Entwässerung hat einen unmittelbaren Einfluss auf die Gewässerökologie und den Landschafts- und Bodenwasserhaushalt im Verbandsgebiet. Aus der Perspektive des Ökosystemschutzes sind damit eine Reihe negativer Effekte verbunden, die im Folgenden skizziert werden:

- Der heutige Ausbauzustand des Entwässerungssystems hat zur Folge, dass das Niederschlagswasser sehr schnell aus der Fläche abgeführt wird und die natürlichen saisonalen Schwankungen des Landschafts- und Bodenwasserhaushalts nur noch vergleichsweise gering ausfallen. Großflächige Niederungsbereiche, die ehemals im Winter regelmäßig unter Wasser standen (Meeden), werden heutzutage zu Zwecken der landwirtschaftlichen Nutzung ganzjährig trocken gehalten und haben ihre ursprünglichen ökologischen Funktionen dadurch weitgehend verloren. Von der Verstetigung der Wasserstandhaltung sind vor allem Feucht- und Nassgrünlandlebensräume mit ihren typischen Pflanzen- und Tierarten negativ betroffen. Die großflächige Entwässerung und Nutzungsintensivierung hat insbesondere zu einem Rückgang der Bestände vieler Wiesenvogelarten geführt.
- Durch die tiefgreifende Entwässerung hydromorpher Böden kommt es zu einer verstärkten Mineralisation der organischen Bodensubstanz, die zur Freisetzung der Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂) und Lachgas (N₂O) führt. Zudem geht ein solcher Prozess oft mit erhöhten Phosphor- und Nitratausträgen einher, durch die entsprechende Belastungen der Gewässer hervorgerufen werden. Dies gilt u. a. für die Niedermoorbereiche rund um das Große Meer.
- Die auf den Hochwasserschutz und die Anforderungen der Landwirtschaft ausgerichtete antizyklische Wasserstandsregulierung, die im Winter niedrigere und im Sommer höhere Wasserstände vorsieht, stellt die eigentlichen saisonalen Verhältnisse (im Winter höher



als im Sommer) auf den Kopf. Dies führt – neben negativen Auswirkungen auf die wasserstandsabhängigen Grünlandbiotope (s. o.) – insbesondere zu Beeinträchtigungen der Gewässerökologie (z. B. erschwerte Überwinterungs- und Reproduktionsbedingungen für Fische und Amphibien aufgrund niedriger Wasserstände im Winter bzw. im zeitigen Frühjahr).

- Zur Aufrechterhaltung der Entwässerungsleistung sind regelmäßige Gewässerunterhaltungsmaßnahmen (wie Mahd, Räumung) erforderlich, die mit Eingriffen in die Gewässerflora und -fauna verbunden sind. Grundsätzlich gilt dabei: Je höher die Intensität und Frequenz der Unterhaltung ausfällt, desto größer sind die negativen Auswirkungen auf den Gewässerlebensraum.
- Aus gewässerökologischer Sicht problematisch sind zudem die Querbauwerke innerhalb des Gewässersystems (Siele, Schöpfwerke, Stauwehre etc.), die aufgrund ihrer baulichen Konstruktion zumeist nur geringe oder gar keine Durchlässigkeiten aufweisen. Dies führt dazu, dass die Wandlungsmöglichkeiten für aquatische Organismen, insbesondere Fische, sowohl im Übergangsbereich zwischen den Küsten- und Binnengewässern als auch innerhalb des Verbandsgebietes stark eingeschränkt sind.

Aus Sicht der am KLEVER-Projekt beteiligten Akteure aus dem Bereich des Ökosystemschutzes ist es in Anbetracht der skizzierten Problemlagen geboten, bei der künftigen Ausgestaltung und Unterhaltung des Entwässerungssystems die Anforderungen hinsichtlich des Gewässerschutzes, des Biotop- und Artenschutzes sowie des Boden- und Klimaschutzes in verstärktem Maße zu berücksichtigen. Dazu gehören z. B.:

- die Bewirtschaftungsziele der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), nach denen für die als künstlich bzw. erheblich verändert eingestuft Marschengewässer ein gutes ökologisches Potenzial und ein guter chemischer Zustand gefordert sind,
- die naturschutzrechtlichen Vorgaben zum Biotop- und Artenschutz im Rahmen der Gewässerunterhaltung,
- die Schutzziele der wasserstandsabhängigen Natura 2000-Gebiete (Vogelschutz- und FFH-Gebiete) und sonstiger Schutzgebietskulissen,
- die *Klimapolitische Umsetzungsstrategie Niedersachsen*, die als Ziel zur Verbesserung des Klimaschutzes u. a. den Erhalt organischer Böden durch ein entsprechendes Wassermanagement in Mooren benennt.

Im Rahmen des Beteiligungsprozesses wurden die in das KLEVER-Projekt eingebundenen Akteure (s. Kapitel 6) gebeten, aus ihrer Sicht geeignete Maßnahmenoptionen zur Anpassung des Entwässerungssystems und -managements zu benennen. Entsprechend der sektorübergreifenden Zusammensetzung der beteiligten Akteure ergab sich dabei insgesamt eine große Bandbreite an Maßnahmenvorschlägen, die zur weiteren Bearbeitung in übergeordnete Maßnahmenkategorien und -bereiche zusammengefasst wurden (s. Grafik 23).

Die Gesamtschau verdeutlicht, dass eine nachhaltige Anpassung des Entwässerungssystems und -managements nicht allein mit Hilfe einzelner sektoraler Maßnahmen erfolgen kann, sondern eine intelligente Kombination verschiedener Lösungsansätze und ein abgestimmtes Zusammenwirken unterschiedlicher Handlungsbereiche (s. Grafik 22 auf Seite 30) erforderlich macht.

Im Folgenden werden die in Grafik 23 dargestellten übergeordneten Maßnahmenkategorien näher beschrieben. Eine detaillierte Erläuterung der einzelnen Maßnahmenbereiche befindet sich im Anhang der Broschüre (s. Seitenverweise in Grafik 23).

Kategorie: Entwässerungsinfrastruktur

Die Gebietsabflüsse aus dem Verbandsgebiet des I. EVE werden mit Hilfe der Entwässerungsinfrastruktur – bestehend aus Sielen, Schöpfwerken und Gewässersystem – in die Außenems abgeleitet. Ohne diese Form der künstlichen Entwässerung, die der Einhaltung festgelegter Binnenwasserstände dient, käme es in großen Teilen des Verbandsgebietes regelmäßig zu Hochwasser- und Überschwemmungssituationen.

Das heutige Entwässerungssystem des I. EVE basiert im Wesentlichen noch auf der Daten- und Planungsgrundlage der 1950/60er Jahre, in denen die beiden Generalpläne zur Neuordnung der Hauptvorflut im Nord- und Süd-

gebiet erstellt wurden (s. Kapitel 3). In Anbetracht der seither eingetretenen und künftig zu erwartenden Veränderungen der äußeren Einflussfaktoren (s. Kapitel 5) ist es dringend geboten, mögliche Anpassungserfordernisse der bestehenden Entwässerungsinfrastruktur in den Blick zu nehmen, um die Ableitung der Gebietsabflüsse auch weiterhin in gewünschtem Umfang aufrechterhalten zu können.

In Bezug auf die künftige Ausgestaltung des Gewässersystems sind neben der Gewährleistung einer ausreichenden hydraulischen Leistungsfähigkeit gleichzeitig auch gewässerökologische Belange zu berücksichtigen, die der Erreichung der Qualitätsziele der Wasserrahmenrichtlinie und dem Biotop- und Artenschutz dienen.

Kategorie: Retentionskapazitäten

Diese Kategorie umfasst verschiedene Maßnahmenbereiche, die die Rückhaltung bzw. Speicherung von Niederschlagswasser innerhalb des Verbandsgebietes zum Ziel haben und für das Entwässerungsmanagement grundsätzlich mit folgenden Vorteilen verbunden sein können:

- Durch Rückhalte- und Speicherkapazitäten können Abflussspitzen abgepuffert und der entstehende Entwässerungsbedarf reduziert bzw. zeitlich gestreckt werden. Dies trägt dazu bei, Kapazitätsengpässe im Entwässerungssystem und daraus resultierende Hochwassersituationen zu minimieren.
- Mit Hilfe einer gezielten Rückhaltung bzw. Speicherung von Niederschlagsabflüssen kann zudem eine Flexibilisierung der Entwässerungszeitpunkte – und damit eine Optimierung des Siel- und Schöpfwerksbetriebs – erreicht werden. Bei Vorhandensein steuerbarer Retentionskapazitäten (z. B. Speicherpolder) müssen nicht sämtliche Abflussmengen zwingend sofort aus dem Verbandsgebiet abgeführt werden (um die festgelegten Zielwasserstände im Vorflutsystem einzuhalten), sondern können – durch entsprechende Zwi-

schenspeicherung – vorrangig in Zeiträumen mit möglichst niedrigen Außenwasserständen entwässert werden. Auf diese Weise lassen sich (noch) bestehende Sielzugmöglichkeiten optimaler nutzen bzw. die Förderhöhen und der Energieaufwand des Schöpfwerksbetriebs auf ein Minimum reduzieren.

Vor dem Hintergrund der zu erwartenden Abnahme sommerlicher Niederschlagsmengen bieten Speicherlösungen zudem das Potenzial, überschüssiges Wasser für eine Nutzung in Trockenperioden zurückzuhalten.

Kategorie: Wasserstandshaltung

Bei den in dieser Kategorie aufgeführten Maßnahmenbereichen geht es um teilgebietliche Anpassungen der Wasserstandshaltung mit jeweils unterschiedlichen Zielsetzungen:

- stärkere räumliche Differenzierung und nutzungsabhängige Optimierung von Zielwasserständen (z. B. für Siedlungsbereiche, landwirtschaftlich genutzte Flächen, Schutzgebiete),
- Wiedervernässung tief liegender Bereiche zur Verbesserung der Erhaltungszustände der Lebensräume und Arten in den Natura 2000-Gebieten,
- Erhöhung der Geländeoberflächen durch Aufspülung von Sedimentmaterial und entsprechende Anhebung der Wasserstandshaltungen in geeigneten tiefliegenden Bereichen

Bei entsprechender Ausgestaltung können die Maßnahmenbereiche spezifische Optimierungspotenziale für das Entwässerungsmanagement bieten, die von einer Verringerung des Pumpbedarfs über die Schaffung von Retentionskapazitäten bis hin zur Reduzierung von Hochwassergefahren reichen können (s. Erläuterungen der einzelnen Maßnahmenbereiche).

Kategorie: Hochwasser- und Überflutungsvorsorge

Bei bestimmten Extremwetterlagen, bei längerfristigem Stromausfall oder bei technischen Defekten an Sielen und Schöpfwerken können Situationen eintreten, in denen die Kapazitätsgrenzen des Entwässerungssystems überschritten werden bzw. dessen Funktionen teilweise oder vollständig ausfallen. Dies kann zur Folge haben, dass die Wasserstände in den Binnengewässern deutlich über die festgelegten Zielwasserstände hinaus ansteigen und es in tiefliegenden Bereichen des Verbandsgebietes zu Überschwemmungen kommt. Da technische Maßnahmen generell keinen absoluten Schutz vor Hochwasserereignissen garantieren können, bleibt auch bei einem

weiteren Ausbau des Entwässerungssystems ein grundsätzliches Restrisiko bestehen. Dem kann letztlich nur durch eine signifikante Senkung der mit einem potenziellen Hochwasserereignis einhergehenden Schadenspotenziale im Rahmen entsprechender Maßnahmen zur Hochwasser- und Überflutungsvorsorge begegnet werden.

Neben dem übergeordneten Entwässerungssystem können auch die Siedlungsentwässerungssysteme von Kapazitätsüberschreitungen betroffen sein. Eine Gefahr stellen hier vor allem lokal begrenzte Starkregenereignisse dar, die vor allem in stark versiegelten Siedlungsbereichen zu Rückstau- und Überflutungssituationen und daraus resultierenden Schäden am Baubestand führen können.

Kategorie: Kommunikation & Kooperation

Diese Maßnahmenkategorie zielt zum einen auf die (Re-)Sensibilisierung der Gesellschaft für die Bedeutung und Notwendigkeit der Entwässerung und des Binnenhochwasserschutzes im Küstenraum (z. B. durch Öffentlichkeitsarbeit und Bereitstellung von Informationsmaterialien). Zum anderen geht es um die Entwicklung integrierter Lösungsansätze für den Bereich des Wassermanagements, durch die vorhandene Ressourcen gebündelt und Synergiepotenziale erzielt werden können.

Grafik 23: Übersicht potenzieller Maßnahmenbereiche zur Anpassung des Entwässerungssystems und -managements

Kategorien	Maßnahmenbereiche	siehe Seite		
Entwässerungsinfrastruktur	Siele	Erweiterung von Sielkapazitäten	47	
	Schöpfwerke	Erweiterung von Schöpfwerkskapazitäten	47	
		Einsatz erneuerbarer Energien für den Schöpfwerksbetrieb	48	
	Gewässersystem	Hydraulik	Anpassung des Vorflutsystems	49
			Gewährleistung einer regelmäßigen Gewässerunterhaltung	49
		Ökologie	Ökologisch optimierte Unterhaltung und Entwicklung von Gewässern	50
Herstellung der Durchgängigkeit von Querbauwerken im Gewässersystem			50	
Retentionskapazitäten	Erhaltung/Wiederherstellung der Retentionskapazitäten des Bodens	51		
	Errichtung von Regenrückhalteanlagen in Siedlungsbereichen	51		
	Nutzung von Retentionsmöglichkeiten im Gewässersystem	52		
	Schaffung von Speicher- und Entlastungspoldern	53		

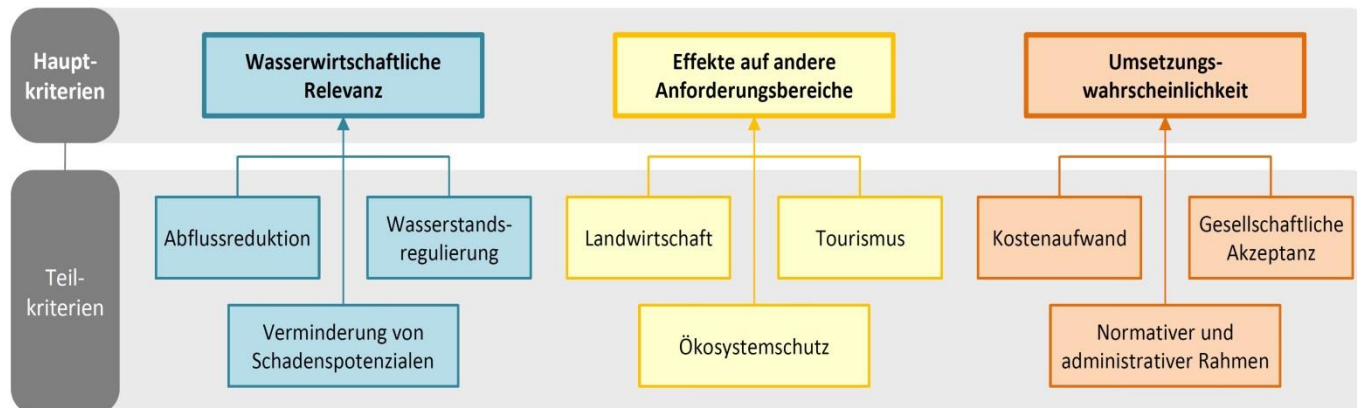
Kategorien	Maßnahmenbereiche	siehe Seite
Wasserstandshaltung	Nutzungsdifferenzierte Anpassung von Zielwasserständen	54
	Wiedervernässung tief liegender Bereiche	55
	Aufspülung tief liegender Bereiche (und Anpassung der Wasserstandshaltung)	55
Hochwasser- und Überflutungsvorsorge	Ermittlung und Darstellung von Bereichen mit besonderer Binnenhochwassergefahr	56
	Umsetzung von planungs- und genehmigungsrechtlichen Restriktionen und Vorgaben in Bereichen mit besonderer Binnenhochwassergefahr	58
	Anpassung von Siedlungsentwässerungssystemen an zunehmende Starkregengefahren	58
	Schutz von baulichen Anlagen vor Schäden durch Wassereintritt (Objektschutz)	59
	Verbesserung von Gefahrenabwehr und Katastrophenschutz	59
Kommunikation & Kooperation	Sensibilisierung für das Thema "Entwässerung" durch gezielte Öffentlichkeitsarbeit und Bereitstellung von Informationsmaterialien	60
	Entwicklung integrierter Lösungsansätze für ein nachhaltiges Wassermanagement	60

Welche der in Grafik 23 aufgeführten Maßnahmenbereiche sind für die Anpassung an die zukünftigen Entwicklungen geeignet? Welche Maßnahmen werden den unterschiedlichen Anforderungen an das Entwässerungssystem und -management am besten gerecht? – Um dies abzuschätzen, wurde im Verlaufe des projektbegleitenden Beteiligungsprozesses (s. Kapitel 6) ein multikriterielles Bewertungsverfahren eingesetzt, mit dem anhand definierter Kriterien eine entsprechende Einschätzung von Seiten der eingebundenen Akteure vorgenommen wurde.

Multikriterielle Bewertungsverfahren basieren darauf, dass sie nicht nur ein Kriterium nutzen, um zu entscheiden, welche der zu bewertenden Maßnahmen am meisten präferiert werden, sondern sich auf mehrere Kriterien stützen, mit denen ganz unterschiedliche Aspekte bewertet werden können. Um eine Gesamteinschätzung der Präferenz zu erhalten, werden die Bewertungen der verschiedenen Kriterien miteinander verknüpft.

Kriterien für die Bewertung

Dem multikriteriellen Bewertungsverfahren wurden insgesamt drei Hauptkriterien zugrunde gelegt, die sich in jeweils drei Teilkriterien untergliedern (s. Grafik 24):



Grafik 24: Haupt- und Teilkriterien für die Bewertung der Maßnahmenbereiche

Wasserwirtschaftliche Relevanz: Dieses Kriterium diente dazu, die Relevanz der vorgeschlagenen Maßnahmenbereiche im Hinblick auf die erforderliche wasserwirtschaftliche Anpassung an die in Kapitel 5 dargestellten Veränderungen der hydrologischen Randbedingungen abzuschätzen. Dabei kamen folgende Teilkriterien zum Einsatz:

- 1) **Abflussreduktion:** Durch die Reduktion des Abflusses kann grundsätzlich eine Entlastung des Entwässerungssystems erreicht werden. Mit Hilfe dieses Teilkriteriums sollte eingeschätzt werden, inwieweit die einzelnen Maßnahmenbereiche zu einer Vermeidung bzw. Verzögerung der Abgabe von Niederschlagswasser in das Entwässerungssystem und damit zur Reduktion von Abflussmengen und -spitzen beitragen können.
- 2) **Wasserstandsregulierung:** Um auch in Zukunft die Einhaltung der Zielwasserstände gewährleisten und kritische Hochwassersituationen vermeiden zu können, wird es erforderlich sein, die Möglichkeiten der Wasserstandsregulierung zu verbessern. Dieses Teilkriterium diente der Abschätzung, inwiefern die einzelnen Maßnahmenbereiche geeignet sind, um zusätzliche Kapazitäten hierfür bereitzustellen.

- 3) **Verminderung von Schadenspotenzialen:** Extremwetterereignisse (z. B. Starkniederschläge oder langanhaltend hohe Sturmflutwasserstände), Technikversagen (z. B. Schöpfwerksdefekte) oder externe Störeinflüsse (z. B. Stromausfälle) können zur Folge haben, dass die Kapazitätsgrenzen des Entwässerungssystems überschritten werden und es zu hochwasserbedingten Schäden kommt. Anhand dieses Teilkriteriums sollte abgeschätzt werden, inwieweit die jeweiligen Maßnahmenbereiche zu einer Verminderung der Schadenspotenziale beitragen können.

Effekte auf andere Anforderungsbereiche: Ein zentrales Anliegen von KLEVER bestand darin, integrative Anpassungsoptionen für das Entwässerungsmanagement zu identifizieren, die nach Möglichkeit auch mit positiven Effekten für andere Anforderungsbereiche verbunden sind. Hierzu war es erforderlich, die Synergie- bzw. Konfliktpotenziale der vorgeschlagenen Maßnahmenbereiche abzuschätzen. Der Fokus lag dabei auf den drei als Teilkriterien eingesetzten Anforderungsbereichen:

- 1) Landwirtschaft,
- 2) Tourismus/Freizeit und
- 3) Ökosystemschutz,

die regional eine besondere Bedeutung besitzen und allesamt besonders stark von der Ausgestaltung des Entwässerungssystems bzw. -managements abhängig sind.

Umsetzungswahrscheinlichkeit: Dieses Kriterium zielte darauf ab, die potenziellen Realisierungschancen der vorgeschlagenen Maßnahmenbereiche abzuschätzen. Als Teilkriterien wurden drei wesentliche Einflussgrößen zugrunde gelegt:

- 1) Der zu erwartende Kostenaufwand für Planung, Realisierung und Unterhaltung entscheidet über die Finanzierbarkeit einer Maßnahme.
- 2) Der normative und administrative Rahmen bestimmt, ob bzw. inwieweit die Realisierung einer Maßnahme durch existierende Rechtsvorschriften (z. B. Gesetze,

Verordnungen), bestehende Strukturen (z. B. Zuständigkeitsregelungen) oder vorhandene Ressourcen (z. B. Personalkapazitäten) begünstigt oder erschwert wird.

- 3) Der Grad der gesellschaftlichen Akzeptanz bedingt, ob die Umsetzung einer Maßnahme breite Unterstützung findet oder nur gegen Widerstände möglich ist.

Ergebnisse der multikriteriellen Bewertung

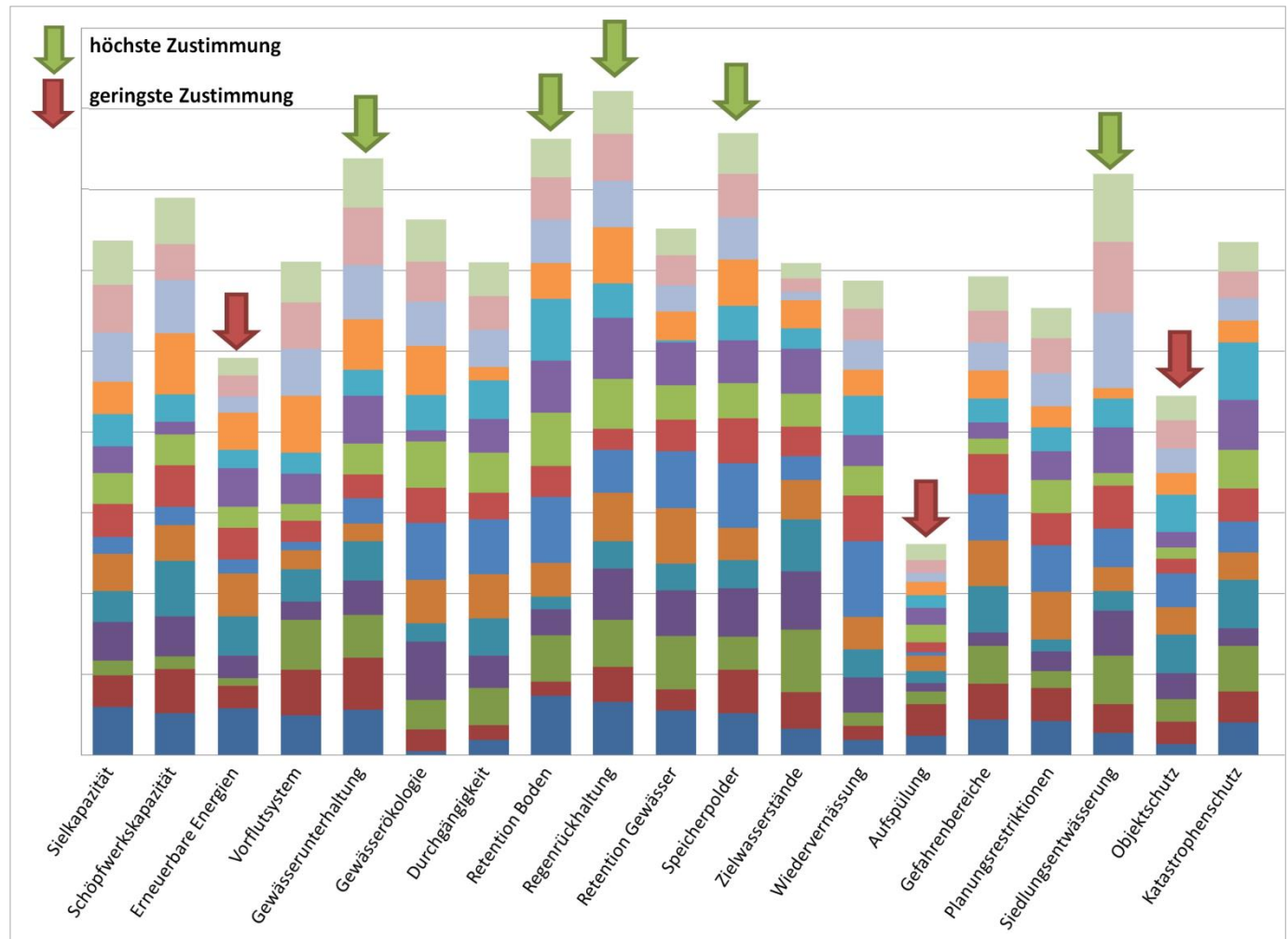
Die Bewertung der oben dargestellten Kriterien durch die Akteure erfolgte mit Hilfe verbaler Abschätzungskategorien auf Basis einer festgelegten Skala. Zusätzlich zur Bewertung wurden die Akteure gebeten, für die drei Hauptkriterien eine Gewichtung vorzunehmen, die bei der Präferenzermittlung der Maßnahmenbereiche entsprechend berücksichtigt wurde. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Kriteriengewichtung sowie der Präferenzermittlung der Maßnahmenbereiche dargestellt:

Gewichtung der Kriterien: In Grafik 25 sind die 15 Einzelgewichtungen der befragten Akteure zu den drei Hauptkriterien aufgeführt. Für etwas mehr als die Hälfte der Akteure stellte die *wasserwirtschaftliche Relevanz* das wichtigste Kriterium dar. Alle anderen Teilnehmer werten das Kriterium *Effekte auf andere Anforderungsbereiche* am höchsten. Das Kriterium *Umsetzungswahrscheinlichkeit* wurde von keinem Teilnehmer als stärkstes der drei Kriterien gewichtet. Die Gewichtungen machen insgesamt deutlich, dass zwar die wasserwirtschaftliche Relevanz bei der regionalen Klimaanpassung grundsätzlich an erster Stelle stehen muss, bei der Maßnahmenfindung und -umsetzung gleichzeitig aber ein verstärktes Augenmerk auf integrative Lösungen gelegt werden sollte.

Grafik 26: Zustimmung zu den Maßnahmenbereichen (Aufsummierung aller Einzelbewertungen)

Kriterien	Einzelgewichtungen der beteiligten Akteure															Gesamt
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Wasserwirtschaftliche Relevanz	100	100	60	100	80	90	40	100	70	100	80	100	90	100	100	1310
Effekte auf andere Anforderungsbereiche	60	50	100	60	100	100	100	50	100	90	100	60	100	70	90	1230
Umsetzungswahrscheinlichkeit	90	70	70	40	90	90	10	80	70	50	60	90	40	60	90	1000

Grafik 25: Gewichtung der drei Hauptkriterien durch die beteiligten Akteure



Präferenz von Maßnahmenbereichen: Zur Ermittlung der Präferenz der Maßnahmenbereiche wurden die von den Akteuren vorgenommenen Einschätzungen aufsummiert. Dies führte in einem ersten Auswertungsschritt des multikriteriellen Bewertungsverfahrens zu der in Grafik 26 veranschaulichten Zustimmung bzw. Ablehnung. Zu erkennen ist, dass vor allem speicherfokussierte Maßnahmenbereiche („Regenrückhalteanlagen“, „Speicher- und Entlastungspolder“, „Retentionskapazität des Bodens“) sowie bewährte wasserwirtschaftliche Lösungsansätze („Gewässerunterhaltung“, „Schöpfwerkskapazitäten“, „Siedlungsentwässerung“) die höchste Zustimmung erhielten (grüne Pfeile). Klar abgelehnt wurden die Maßnahmenbereiche „Aufspülung“ und „Objektschutz“ (rote Pfeile). Der Maßnahmenbereich „Einsatz erneuerbarer Energien“ ist mit dem hier angewendeten Kriteriensatz nicht ausreichend zu bewerten, sodass dieser Bereich gesondert zu betrachten ist.

In einem weiteren Auswertungsschritt wurde mit Hilfe des multikriteriellen Bewertungsverfahrens für die einzelnen Maßnahmenbereiche die Bandbreite der von den Akteuren vorgenommenen Einschätzungen ermittelt. Grafik 27, Spalte 3 gibt einen Überblick über die jeweiligen Differenzen. Bei ungefähr einem Drittel der Maßnahmenbereiche liegt eine hohe Differenz zwischen den jeweiligen Einzelbewertungen vor. Dies deutet auf eine unterschiedliche Interessenlage hinsichtlich der Umsetzung und/oder ein unterschiedliches Verständnis bezüglich der Ausgestaltung und Auswirkungen der betroffenen Maßnahmenbereiche hin. Große Differenzen zwischen den Einzelbewertungen wurden insofern als Anhaltspunkt für eine erforderliche vertiefende Diskussion der entsprechenden Maßnahmenbereiche angesehen.

Im Rahmen der Auswertung wurde zudem eine nach Akteursgruppen differenzierte Einteilung für die ermittelte Präferenz der Maßnahmenbereiche vorgenommen. Dabei wurde zwischen der Präferenz der Akteure aus dem Bereich der Wasserwirtschaft (s. Spalte 1) und der Präferenz der Akteure aus den anderen Handlungsbereichen (s. Spalte 2) unterschieden. Im Großen und Ganzen weisen die Einschätzungen beider Gruppen nur geringe Abweichungen auf. Deutlichere Unterschiede in der Präferenz zeigen sich aber beispielsweise beim Maßnahmenbereich „ökologisch optimierte Gewässerunterhaltung und -entwicklung“. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Fokus der wasserwirtschaftlichen Akteure vor allem auf der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Gewässer liegt, wohingegen andere Akteure vielfach ökologische Belange stärker berücksichtigt sehen wollen.

Bei der Ableitung des weiteren Diskussionsbedarfs (s. Spalte 4) wurden neben den bestehenden Differenzen der Einzelbewertungen (Spalte 3) zusätzlich die ermittelten Präferenzen der beiden Akteursgruppen (Spalte 1 und 2) herangezogen. Die mit einem hohen und mittleren Diskussionsbedarf versehenen Maßnahmenbereiche bildeten schließlich die Grundlage für weitere Erörterungen im Rahmen der Akteursforen und Arbeitsgruppentreffen des KLEVER-Projekts.

Maßnahmenkategorien	Maßnahmenbereiche	Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3	Spalte 4			
		Präferenz Wasserwirtschaft	Präferenz Andere Bereiche	Differenz zwischen Akteuren	abgeleiteter Diskussionsbedarf			
Entwässerungsinfrastruktur	Siele	Erweiterung von Sielkapazitäten	hoch	mittel	mittel	mittel		
		Erweiterung von Schöpfwerkskapazitäten	hoch	hoch	hoch	mittel		
	Schöpfwerke	Einsatz erneuerbarer Energien für den Schöpfwerksbetrieb	mittel	niedrig	mittel	niedrig		
		Gewässersystem	Hydraulik	Anpassung des Vorflutsystems	mittel	niedrig	hoch	hoch
	Gewährleistung einer regelmäßigen Gewässerunterhaltung			hoch	hoch	niedrig	niedrig	
	Ökologisch optimierte Unterhaltung und Entwicklung von Gewässern			niedrig	hoch	hoch	hoch	
	Ökologie		Herstellung der Durchgängigkeit von Querbauwerken im Gewässersystem	niedrig	mittel	niedrig	niedrig	
			Retentionskapazitäten	Erhaltung/Wiederherstellung der Retentionskapazitäten des Bodens	mittel	hoch	mittel	mittel
				Erichtung von Regenrückhalteanlagen in Siedlungsbereichen	hoch	hoch	mittel	niedrig
	Nutzung von Retentionsmöglichkeiten im Gewässersystem	mittel		mittel	mittel	mittel		
Schaffung von Speicher- und Entlastungspoldern	hoch	mittel		niedrig	mittel			
Wasserstandshaltung	Hochwasser- und Überflutungsvorsorge	nutzungsdifferenzierte Anpassung von Zielwasserständen	mittel	mittel	hoch	hoch		
		Wiedervernässung tief liegender Bereiche	niedrig	niedrig	hoch	hoch		
		Aufspülung tief liegender Bereiche (und Anpassung der Wasserstandshaltung)	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig		
		Ermittlung und Darstellung von Bereichen mit besonderer Binnenhochwassergefahr	mittel	mittel	mittel	mittel		
Hochwasser- und Überflutungsvorsorge	Hochwasser- und Überflutungsvorsorge	Planungs- und Genehmigungsrestriktionen in Bereichen mit besonderer Binnenhochwassergefahr	hoch	niedrig	hoch	hoch		
		Anpassung von Siedlungsentwässerungssystemen an zunehmende Starkregengefahren	hoch	hoch	hoch	mittel		
		Schutz von baulichen Anlagen vor Schäden durch Wassereintritt (Objektschutz)	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig		
		Verbesserung von Gefahrenabwehr und Katastrophenschutz	niedrig	hoch	mittel	mittel		

Grafik 27: Auswertungen zur Bewertung der Maßnahmenbereiche durch die Akteure

In der abschließenden dritten Phase der projektbegleitenden Akteursbeteiligung (s. Kapitel 6) ging es um die Erörterung konkreter Maßnahmenoptionen. Hierzu wurden insgesamt drei Arbeitsgruppentreffen durchgeführt.

In der **Arbeitsgruppe „Entwässerungsinfrastruktur“** lag der Diskussionsschwerpunkt auf den Anpassungspotenzialen der Siel- und Schöpfwerkskapazitäten. Von den beteiligten Akteuren wurden u. a. Vorschläge zur Ertüchtigung bestehender, Reaktivierung ehemaliger und Schaffung neuer Schöpfwerksstandorte im Verbandsgebiet des I. EVE erörtert (s. dazu im Einzelnen Seite 47). In der Summe identifizierten die Akteure denkbare Potenziale für eine Steigerung der bestehenden Schöpfwerkskapazitäten um rund 50 % (z. B. durch eine zusätzliche 5. Pumpe an der Knock und eine mögliche künftige Nutzung des Schöpfwerks Borssum für die Entwässerung des Verbandsgebietes). Hinsichtlich der Anpassung von Sielkapazitäten ergab die Diskussion, dass die kostenintensive Erweiterung bestehender bzw. Errichtung neuer Siele nicht zielführend sei, da aufgrund des Meeresspiegelanstiegs in absehbarer Zeit nur noch bedingt bzw. gar nicht mehr gesielt werden kann.

In der **Arbeitsgruppe „Retentionskapazitäten/Wasserstandshaltung“** ging es vorrangig um die Diskussion konkreter Maßnahmenoptionen zur Schaffung zusätzlicher Speicherkapazitäten für Niederschlagswasser innerhalb des Verbandsgebietes. Dabei wurden verschiedene Varianten zur Nutzung von Retentionsmöglichkeiten im Gewässersystem (z. B. Bewirtschaftung von Stillgewässern als Pumpspeicher) und zur Errichtung von Speicherpoldern (z. B. in Bereichen der trocken gelegten Meere) betrachtet. Wie überschlägige Volumenberechnungen gezeigt haben, könnten durch die Realisierung einer Pumpspeicherlösung für das Große Meer (s. Seite 52) und die Einrichtung eines Speicherpolders im Bereich des Freepsumer Meeres (s. Seite 53) zusätzliche Speichervolumina von bis zu 4,5 Mio. m³ geschaffen werden. Dadurch könnte das bestehende Entwässerungssystem flexibilisiert werden.

Die **Arbeitsgruppe „Hochwasser- und Überflutungsvorsorge“** beschäftigte sich schwerpunktmäßig mit den Möglichkeiten der planerischen Risikovorsorge. Die kartographische Darstellung von Bereichen mit besonderer Binnenhochwassergefahr (s. Seite 56) wurde von den be-

teiligten Akteuren dabei grundsätzlich als hilfreiches Mittel eingestuft, um zu einer Steigerung des Gefahren- und Risikobewusstseins beizutragen und – im Idealfall – verantwortliche Entscheidungsträger zu risikoangepasstem Handeln anzuregen. In der Diskussion wurden allerdings auch die methodischen Schwierigkeiten hinsichtlich der Definition und räumlichen Abgrenzung entsprechender Bereiche in den Küstenniederungen deutlich. Hier ergibt sich ein erhebliches Potenzial für eine methodische Überarbeitung der Gefahren- und Risikokarten, die im Rahmen der Implementierung der EU-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie erarbeitet wurden. Neben der Darstellung von Gefahrenbereichen wurden in der Arbeitsgruppe zudem die Möglichkeiten planungs- und genehmigungsrechtlicher Restriktionen auf den Ebenen der Raumordnung und Bauleitplanung sowie im Rahmen der allgemeinen Genehmigungspraxis von Planvorhaben betrachtet (s. Seite 58). Des Weiteren wurden Verbesserungspotenziale im Bereich der Gefahrenabwehr und des Katastrophenschutzes diskutiert (s. Seite 59).

Die in den beiden erstgenannten Arbeitsgruppen vorgeschlagenen Maßnahmenoptionen zur Erweiterung von Schöpfwerks- und Retentionskapazitäten können durch geeignete hydrologische Modellsätze auf ihre Wirksamkeit hin abgeschätzt werden. Im Rahmen von KLEVER wurde mit Hilfe der im folgenden Kapitel dargestellten Modellsimulationen eine entsprechende Quantifizierung vorgenommen.

11 Quantifizierung der Wirksamkeit definierter Maßnahmenoptionen

Kurz & bündig:

- Eine konkrete Zukunftsplanung erfordert eine Quantifizierung potenzieller Maßnahmen.
- Große, zentrale Maßnahmen sind wirksamer als kleine, dezentrale Maßnahmen.
- Schöpfwerke und Speicher sind bei unterschiedlichen Niederschlag-Abfluss-Ereignissen wirksam.
- Die maximale Wirkung wird durch eine Kombination verschiedener Maßnahmentypen erreicht.
- Auch bei Umsetzung der vom Akteursforum vorgeschlagenen Maßnahmenoptionen zur Erweiterung von Schöpfwerks- und Retentionskapazitäten bleibt ein Restrisiko bestehen. Dieses Restrisiko gilt es zu managen.

Notwendigkeit einer Quantifizierung

Eine konkrete Maßnahmenplanung für die Zukunft erfordert Wissen über die Wirksamkeit denkbarer Maßnahmenoptionen. Im Rahmen des in KLEVER durchgeführten Beteiligungsprozesses wurde deutlich, dass alle Akteure das gemeinsame Ziel haben, zukünftig das Landschaftsbild so weit wie möglich zu erhalten und den Ansprüchen der verschiedenen Nutzungsformen, die bereits heute die Landschaft prägen, gerecht zu werden. Das bedeutet in letzter Konsequenz, dass die zukünftig zu erwartenden hydrologischen Veränderungen, die durch den Klimawandel und durch eine zunehmende Flächenversiegelung verursacht werden (s. Kapitel 5), durch wasserwirtschaftliche Maßnahmen im Verbandsgebiet kompensiert werden müssen. Durch die Quantifizierung vorgeschlagener Maßnahmenoptionen kann eine Abschätzung erfolgen, welche Maßnahmen mindestens umgesetzt werden müssen, um dieses Ziel zu erreichen.

Quantifizierbare Maßnahmentypen

Aus dem Kreis des KLEVER-Akteursforums wurden im Rahmen von Arbeitsgruppen eine Reihe konkreter Maßnahmenoptionen vorgeschlagen (s. Kapitel 10), aus denen diejenigen ausgewählt wurden, die sich mittels eines pragmatischen, speicherbasierten Modellansatzes quantifizieren lassen. Folgende Maßnahmenoptionen wurden in die Quantifizierung einbezogen:

- Installation zusätzlicher Pumpkapazitäten an vorhandenen Schöpfwerksstandorten im Verbandsgebiet, z. B. an der Knock (5. Pumpe) (s. Seite 47),
- Reaktivierung des Schöpfwerksstandorts Borssum für die Entwässerung des I. EVE (s. Seite 47),
- Erweiterung der bestehenden Speichernutzung des Großen Meeres (aktive Nutzung als Pumpspeicher, Erweiterung des Einstauvolumens; s. Seite 52),
- Schaffung eines oder mehrerer Entlastungspolder, z. B. im Bereich des Freepsmer Meeres (s. Seite 53)

Notwendige Annahmen für eine Quantifizierung

Für die Quantifizierung ausgewählter Maßnahmenoptionen sind eine Reihe von Annahmen zu treffen, die die zukünftige Entwicklung und technische Details betreffen:

1. **Modellwerkzeuge:** Es ist davon auszugehen, dass die Modellkette (Globales Klimamodell – regionales Klimamodell – regionales hydrologisches Modell; s. Kapitel 5) sowohl den Kontrollzeitraum als auch die Zukunft vertrauenswürdig abbilden kann. Darüber hinaus decken die angenommenen Szenarien der zukünftigen Klimaentwicklung den plausiblen Bereich zukünftiger globaler Entwicklungen ab.
2. **Technische Daten:** Es besteht Einigkeit über die technischen Daten möglicher Maßnahmen (Pumpleistung von Schöpfwerken, Volumina von Speichern etc.; s. blaue Infobox auf der nächsten Seite).
3. **Zukünftiges Sielpotenzial:** Auf Basis der Abschätzung der Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs auf die Sielkapazitäten (s. Kapitel 5) ist davon auszugehen, dass langfristig (ab Mitte des 21. Jahrhunderts) im Verbandsgebiet des I. EVE kaum bis gar nicht mehr gesielt werden kann. Aus diesem Grund berücksichtigt der Ansatz zur Quantifizierung der Wirksamkeit der ausgewählten Maßnahmenoptionen keine Sielmöglichkeiten für die ferne Zukunft.

Aus dem Spektrum der vorgeschlagenen Maßnahmenoptionen wurden für die Quantifizierung durch Kombination verschiedener Maßnahmenoptionen **Maßnahmenszenarien** erzeugt (z. B. Kombination der denkbaren Steigerungen der Pumpleistung, Kombination der zusätzlichen Speichervolumina oder Kombination aller vorgeschlagenen Maßnahmen), deren Wirksamkeit anhand eines speicherbasierten Berechnungsansatzes quantifiziert wurde.

Berechnungsansatz

Der speicherbasierte Berechnungsansatz umfasst folgende Schritte:

1. Für jeden Zeitschritt (Tag) wird die **Abflussbildung** der Modellkette um die jeweils verfügbare **Pumpleistung** (Status quo oder Maßnahmenzenario) reduziert.
2. Liegt die Abflussbildung über der Pumpleistung (Schritt 1), wird das verfügbare **Speichervolumen** (z. B. des Großen Meeres oder von Entlastungspoldern) nach und nach für eine Entlastung genutzt.
3. Sind die verfügbaren Speicherkapazitäten erschöpft, wird das **überschüssige Wasser** im Modell kumuliert und das Ereignis wird als **Hochwasserereignis** definiert, da es durch die bestehenden bzw. angenommenen Pumpleistungen und Speicherkapazitäten nicht beherrscht werden kann.
4. Übersteigt auch im nächsten Zeitschritt die Abflussbildung die Pumpleistung, wird der **Wasserüberschuss** weiter **kumuliert**. Fällt die Abflussbildung unter die Pumpleistung, wird zunächst der Wasserüberschuss reduziert und erst dann Speicherkapazitäten wieder geleert, wenn kein Abflussüberschuss mehr vorhanden ist.
5. Ist kein (kumulativer) Abflussüberschuss mehr berechnet, wird das Hochwasserereignis als beendet angenommen. Es werden der **maximale Abflussüberschuss** und die **Dauer des Ereignisses** für jedes Hochwasserereignis registriert.

Alle Maßnahmenszenarien werden mit unterschiedlichen Klimaszenarien berechnet. Da sowohl unterschiedliche Klimaszenarien als auch Klimamodelle dieselbe Eintrittswahrscheinlichkeit besitzen, ist für jedes Maßnahmenzenario der Ensemble-Mittelwert aller berechneten Klimaszenarien dargestellt.

Ergebnisse der Quantifizierung

Ausgangspunkt der Quantifizierung ist die Analyse des Status quo hinsichtlich der bestehenden Pumpleistungen (Knock und Greetsiel) und vorhandenen Speicherkapazitäten (Großes Meer) unter der Annahme, dass zukünftig keine Sielmöglichkeiten mehr bestehen (s. Grafik 29).

In weiteren Schritten können nun einzelne vorgeschlagene Maßnahmen zugeschaltet und entsprechende Maßnahmenszenarien quantifiziert werden:

- Erweiterte Pumpleistungen erweisen sich als sehr effizient (s. Grafik 30), erfordern aber auch eine Anpassung des Vorflutsystems, um wirksam zu sein.
- Auch eine Erweiterung der Speicherkapazitäten erweist sich als wirksam (s. Grafik 31), wobei mit zunehmendem Volumen die Wirkung signifikant zunimmt. Große Maßnahmenoptionen (wie eine fiktive Nutzung des Freepsumer Meeres als Polder mit Verwallung) erweisen sich dabei als besonders effizient.

- Die Kombination unterschiedlicher Maßnahmenoptionen (Pumpleistungen und Speicherkapazitäten) erweist sich als besonders effizient (s. Grafik 32), da dadurch die Wirkungen unterschiedlicher Typen von Niederschlagsereignissen (z. B. Starkregen, Landregen) wirksamer abgemildert werden können.

Die Kombination aller vier von den Akteuren vorgeschlagenen Maßnahmenoptionen zur Erweiterung von Pumpleistungen und Speicherkapazitäten verdeutlicht, dass das zukünftige Hochwasserrisiko deutlich gesenkt werden kann (s. Grafik 33). Es werden allerdings trotz Umsetzung aller dieser derzeit vorstellbaren Maßnahmenoptionen einzelne Ereignisse über das damit verbundene Schutzniveau hinausgehen können. Für den Umgang mit diesem Restrisiko müssen geeignete Risikomanagementkonzepte entwickelt werden.

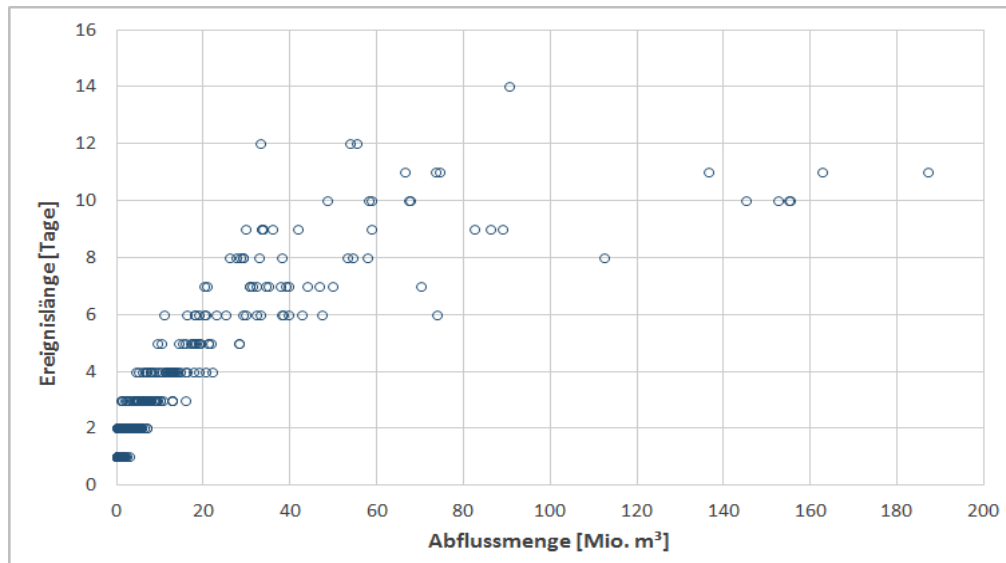
Technische Annahmen zur Quantifizierung

Status quo:

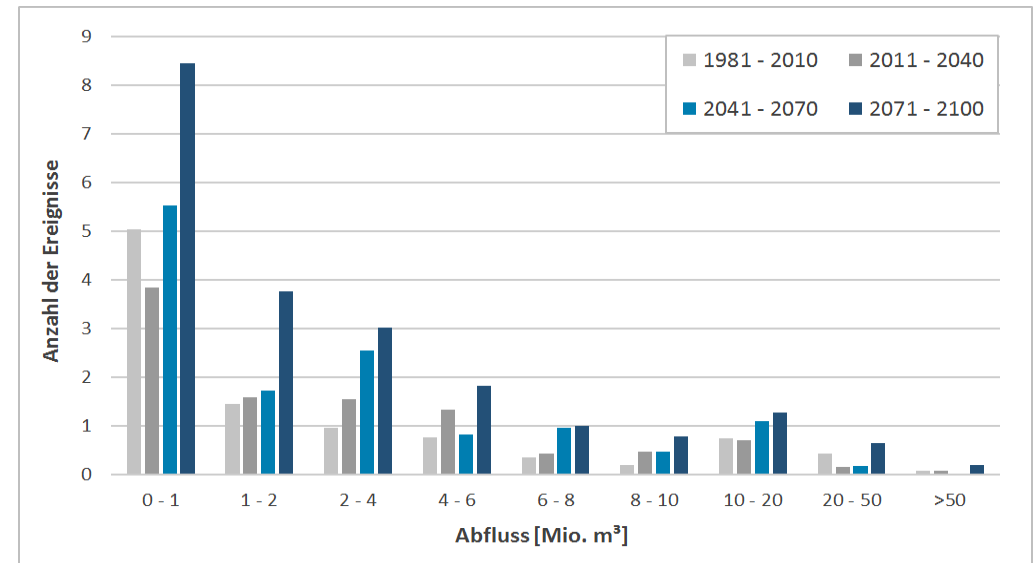
- Pumpleistung Schöpfwerk Greetsiel: 13,5 m³/s
- Pumpleistung Schöpfwerk Knock: 50 m³/s
- Speicherkapazität Großes Meer: 1 Mio. m³

Maßnahmenoptionen:

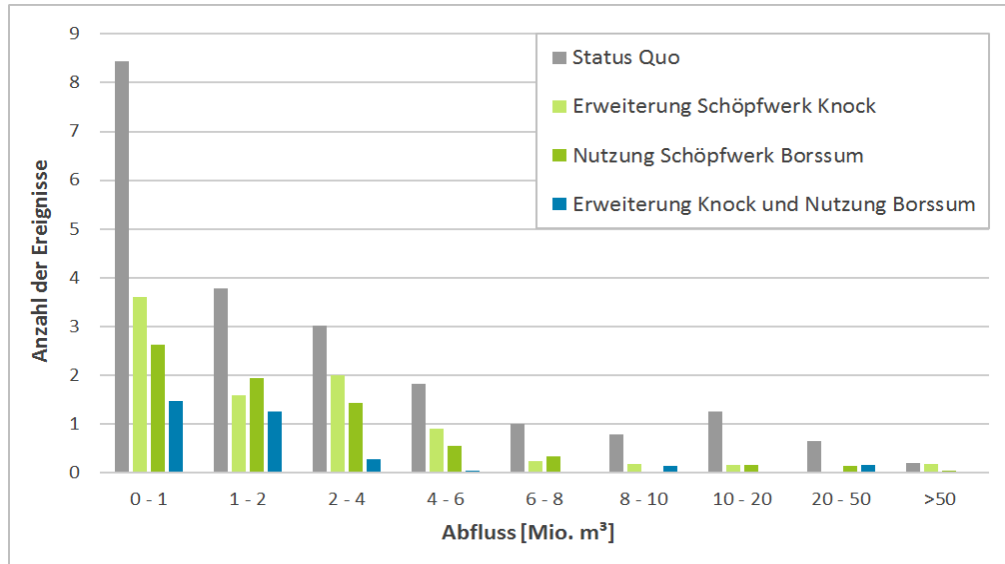
- Pumpleistung Borssum: 20 m³/s
- Erweiterung Pumpleistung Knock: 16,7 m³/s
- zusätzliche Speicherkapazität Großes Meer: 0,5 Mio. m³
- Speicherkapazität Freepsumer Meer mit Verwallung: 4 Mio. m³
- max. Pumpleistung der Speicher: 10 m³/s



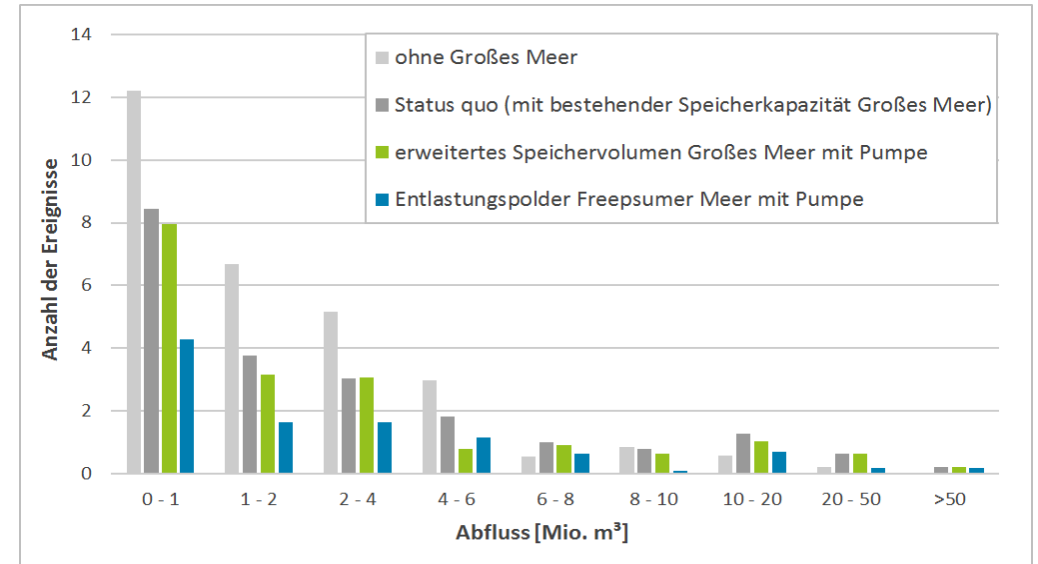
Grafik 28: Gemeinsame Darstellung aller identifizierten Hochwasserereignisse aus allen Szenarien in den vier betrachteten 30-Jahreszeiträumen, differenziert nach Abflussvolumen und Ereignisdauer



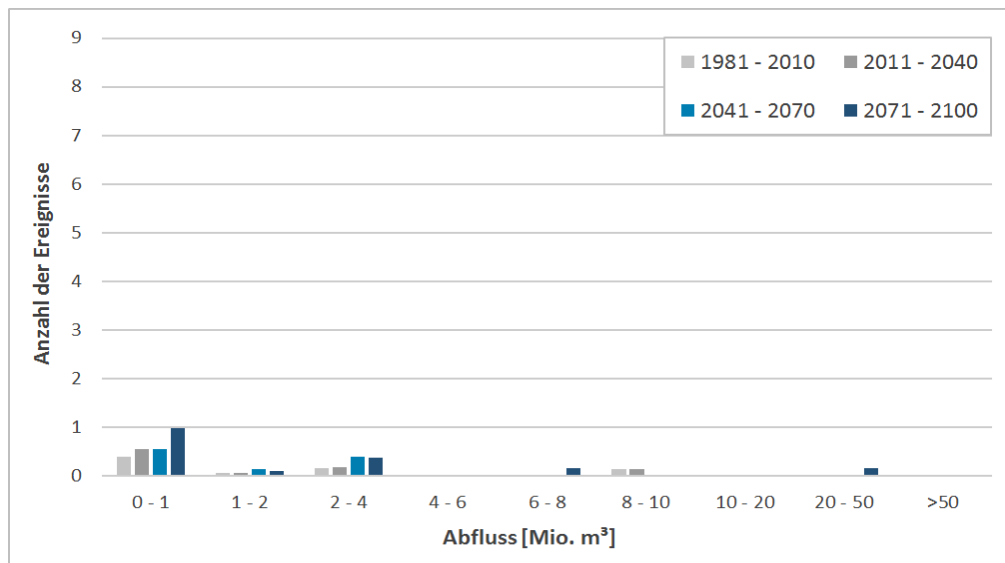
Grafik 29: Analyse des Status quo (ohne Sielmöglichkeiten): Anzahl der Hochwasserereignisse je 30-Jahreszeitraum, Mittelwerte aus 7 Szenarien (realistisch und pessimistisch)



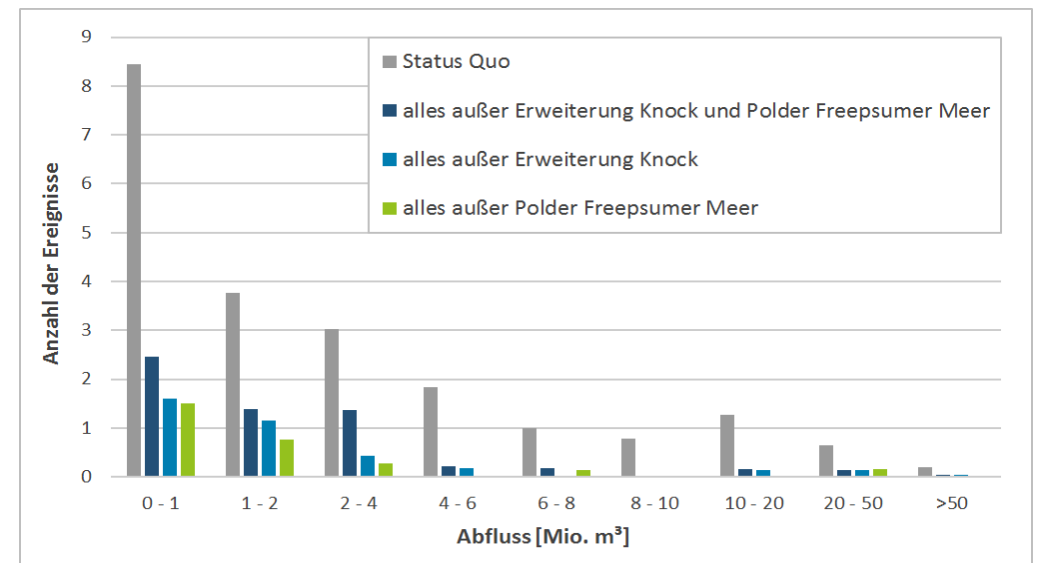
Grafik 30: Vergleich der Wirkung erweiterter Pumpleistungen (Schöpfwerke Knock, Borssum): Anzahl der Hochwasserereignisse im Zeitraum 2071-2100, Mittelwerte aus 7 Szenarien (real. u. pessim.)



Grafik 31: Vergleich der Wirkung erweiterter Speicherkapazitäten (Großes Meer, Freepsumer Meer): Anzahl der Hochwasserereignisse im Zeitraum 2071-2100, Mittelwerte aus 7 Szenarien (real. u. pessim.)



Grafik 33: Quantifizierung der Gesamtwirkung aller vier betrachteten Maßnahmenoptionen: Anzahl der Hochwasserereignisse je 30-Jahreszeitraum, Mittelwerte aus 7 Szenarien (realistisch und pessimistisch)



Grafik 32: Vergleich der Wirkung kombinierter Maßnahmenoptionen (Pump- und Speicherkapazitäten): Anzahl der Hochwasserereignisse im Zeitraum 2071-2100, Mittelwerte aus 7 Szenarien (real. u. pessim.)

Wie die vorliegenden Ergebnisse aus KLEVER verdeutlichen, ist infolge des Klimawandels mit einer veränderten Entwässerungssituation im Verbandsgebiet des I. EVE zu rechnen. Die durchgeführten Modellrechnungen zeigen, dass insbesondere in den ohnehin abflussstarken Wintermonaten eine deutliche Zunahme der Wassermengen zu erwarten ist. Gleichzeitig führt der Meeresspiegelanstieg dazu, dass die zunehmenden Abflussvolumina zu immer geringeren Anteilen und langfristig gar nicht mehr gesiebt werden können. Um den Status quo des Binnenhochwasserschutzes trotz veränderter Randbedingungen aufrechtzuerhalten, sind daher strategische Anpassungen des Entwässerungssystems und -managements erforderlich. Diese Einschätzung ist generell auf andere Küstenniederungen in Nordwestdeutschland übertragbar.

Im Rahmen des projektbegleitenden Beteiligungsprozesses wurde eine große Bandbreite potenzieller Maßnahmenbereiche identifiziert (s. Kapitel 8), die deutlich machen, dass die künftige Ausgestaltung der Binnenentwässerung als sektorübergreifende Aufgabe zu verstehen ist. Um den Anpassungsprozess zu beschleunigen und die Akzeptanz von Maßnahmen zu erhöhen, müssen neben den rein wasserwirtschaftlichen Handlungserfordernissen, wie z.B. der Anpassung der Kapazitäten des Entwässerungssystems, auch die Anforderungen anderer regional bedeutender Handlungsbereiche bei der Entwicklung passfähiger Lösungsansätze einbezogen werden.

Die im Anhang dieser Broschüre (S. 46 ff.) enthaltenen Erläuterungen zu den potenziellen Maßnahmenbereichen geben einen Überblick über das Spektrum möglicher Handlungsoptionen, die von Seiten der regionalen Akteure im Verlaufe des KLEVER-Projektes vorgeschlagen wurden. Die zusammengetragenen Ideen und Vorschläge können als Ansatzpunkte für vertiefende konzeptionelle Überlegungen und konkrete Planungen zur Anpassung des Entwässerungssystems und -managements im Verbandsgebiet des I. EVE und in vergleichbaren Küstenräumen dienen.

Aus den Erkenntnissen des KLEVER-Projekts lassen sich auf Basis der naturräumlichen Analyse und des Beteiligungsprozesses grundlegende Empfehlungen sowohl für die zukünftige Gestaltung einer klimaangepassten Binnenentwässerung als auch für den Anpassungsprozess als solchen sowie für eine strategische Ausrichtung der Klimaanpassung ableiten. Im Hinblick auf einen integrativen Gestaltungsprozess haben sich aus diesem Projekt in Übereinstimmung mit Erkenntnissen anderer nationaler und internationaler Projekte folgende strategische Ansätze als besonders wirksam herausgestellt:

Gestaltung des Anpassungsprozesses

Wichtige Aspekte bei der Gestaltung des Anpassungsprozesses sind die Integration der relevanten Akteure und Entscheidungsträger, die frühzeitige Klärung von Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten sowie das Lernen aus Erfolgen und Misserfolgen anderer. Es hat sich gezeigt, dass die Beteiligung aller betroffenen Akteure nicht nur einer integrativen Planung dient, sondern auch den Wissensaustausch und damit das Verständnis für die Probleme der verschiedenen Bereiche fördert. Damit können schon vor dem Start eines Planungsprozesses Missverständnisse vermieden werden. Auch der direkte Kontakt zur Politik und der Austausch auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene können Planungsprozesse vereinfachen:

- Zentrales Element des Anpassungsprozesses ist die Beteiligung aller relevanten Akteure. In Bezug auf das KLEVER-Projekt sollte der Fokus auf die Festigung und Erweiterung des bestehenden Akteursnetzwerkes zur Thematik der Binnenentwässerung gelegt werden, u.a.
 - zur Förderung von Wissensaustausch und Transparenz zwischen den betroffenen Handlungsbereichen,
 - zur Identifikation integrativer Lösungsansätze für die künftige Ausgestaltung der Binnenentwässerung,
 - und zur informellen Vorklärung bei konkreten Maßnahmenrealisierungen.
- Politische Entscheidungsträger sollten so früh wie möglich eingebunden werden, um frühzeitige Weichenstellungen für einen erfolgreichen Anpassungsprozess bewirken zu können.
- Die überregionale und transnationale Zusammenarbeit sollte gefördert werden, um eine Inspiration durch „good practice“-Beispiele aus anderen Regionen zu ermöglichen.

Strategische Ausrichtung von Anpassungsmaßnahmen

Im Hinblick auf die strategische Ausrichtung der Klimaanpassung ist zu empfehlen, sowohl die Unsicherheiten der zukünftigen Entwicklung als auch die verschiedenen Nutzungsansprüche durch integrative Maßnahmenentwicklung zu berücksichtigen, nicht nur auf einzelne Maßnahmen als „Königsweg“ zu setzen und offensiv mit den verbleibenden Restrisiken umzugehen:

- Es sind integrative Lösungsansätze zu identifizieren, um bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen Synergieeffekte mit anderen/zwischen mehreren Handlungsbereichen zu erzielen („win-win“).
- Es sollten solche Maßnahmen gefördert werden, die trotz der Unsicherheiten der zukünftigen Klimaentwicklung sinnvoll sind („no-regret“), also z. B. Maßnahmen, die schon heute zum Hochwasserschutz beitragen und zukünftig die Klimaanpassung unterstützen können.
- Es sollten unterschiedliche Maßnahmentypen kombiniert werden („Speichern und Pumpen“), um die Flexibilität des Entwässerungssystems zu erhöhen.
- Das Hochwasserrisikomanagement sollte gestärkt werden, um mit den verbleibende Restrisiken umgehen und diese gezielt minimieren zu können.

Implementierung in der Planung

Um die unterschiedlichen im Rahmen von KLEVER entwickelten Lösungsansätze in die konkrete Planung zu überführen, sind konkrete Anlässe bzw. Ankerpunkte erforderlich. Ein solcher Anlass ist z.B. bei der oft erwähnten Neugestaltung einer wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung gegeben. Die Erneuerung dieser Planung hat ein großes Potenzial für die Integration klimaangepasster

Lösungen in den konkreten Planungs- und Umsetzungsprozess, sowohl für den I. EVE als auch verbandsübergreifend. Die Nachbarverbände des I. EVE, die schon während der Projektlaufzeit den Akteurskreis erweitert haben, zeigen großes Interesse an einer aktiven Zusammenarbeit. Mit diesem Projekt als Startpunkt ist der ideale Zeitpunkt gegeben, um eine solche verbandsübergreifende Zusammenarbeit zu beginnen:

- Erarbeitung eines auf die zukünftigen Anforderungen ausgerichteten und sektorübergreifend abgestimmten Generalplans für die Binnenentwässerung des Verbandsgebietes,
- Erweiterung und Differenzierung der Umsetzung der EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie durch ergänzende Betrachtung der Binnenhochwassergefahren im künstlich entwässerten Küstengebiet,
- stärkere Berücksichtigung des Aspektes der Hochwasservorsorge in der Raumplanung.

Diese Empfehlungen, die auf Basis der Ergebnisse und Erfahrungen des KLEVER-Projekts beispielgebend für das Verbandsgebiet des I. EVE entwickelt wurden, sind direkt auf vergleichbare Küstenräume übertragbar.

Da für die Zukunft tiefgreifende Veränderungen zu erwarten sind, ist zu empfehlen, neben den bewährten Lösungen auch innovative Ansätze zu verfolgen, um für die Zukunft gewappnet zu sein. Kein potenzieller Lösungsansatz sollte a priori abgelehnt oder ausgeschlossen werden.

Kategorien	Maßnahmenbereiche	siehe Seite		
Entwässerungsinfrastruktur	Siele	Erweiterung von Sielkapazitäten	47	
	Schöpfwerke	Erweiterung von Schöpfwerkskapazitäten	47	
		Einsatz erneuerbarer Energien für den Schöpfwerksbetrieb	48	
	Gewässersystem	Hydraulik	Anpassung des Vorflutsystems	49
			Gewährleistung einer regelmäßigen Gewässerunterhaltung	49
		Ökologie	Ökologisch optimierte Unterhaltung und Entwicklung von Gewässern	50
Herstellung der Durchgängigkeit von Querbauwerken im Gewässersystem			50	
Retentionskapazitäten	Erhaltung/Wiederherstellung der Retentionskapazitäten des Bodens	51		
	Errichtung von Regenrückhalteanlagen in Siedlungsbereichen	51		
	Nutzung von Retentionsmöglichkeiten im Gewässersystem	52		
	Schaffung von Speicher- und Entlastungspoldern	53		

Kategorien	Maßnahmenbereiche	siehe Seite
Wasserstandshaltung	Nutzungsdifferenzierte Anpassung von Zielwasserständen	54
	Wiedervernässung tief liegender Bereiche	55
	Aufspülung tief liegender Bereiche (und Anpassung der Wasserstandshaltung)	55
Hochwasser- und Überflutungs-vorsorge	Ermittlung und Darstellung von Bereichen mit besonderer Binnenhochwassergefahr	56
	Umsetzung von planungs- und genehmigungsrechtlichen Restriktionen und Vorgaben in Bereichen mit besonderer Binnenhochwassergefahr	58
	Anpassung von Siedlungsentwässerungssystemen an zunehmende Starkregengefahren	58
	Schutz von baulichen Anlagen vor Schäden durch Wassereintritt (Objektschutz)	59
	Verbesserung von Gefahrenabwehr und Katastrophenschutz	59
Kommunikation & Kooperation	Sensibilisierung für das Thema "Entwässerung" durch gezielte Öffentlichkeitsarbeit und Bereitstellung von Informationsmaterialien	60
	Entwicklung integrierter Lösungsansätze für ein nachhaltiges Wassermanagement	60



Erweiterung von Sielkapazitäten

Intention/Hintergrund

- (vorübergehende) Verbesserung der Möglichkeiten für die Entwässerung im freien Sielzug

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

(Wieder-)Einbindung des vorhandenen Siels in Borssum in das Entwässerungssystem des I. EVE

- Reaktivierung der vorhandenen, überwiegend ungenutzten Kapazitäten des Borssumer Siels für eine regelmäßige Nutzung durch den I. EVE über die vorhandene Vorflutanbindung (soweit dies mit den Gegebenheiten des „Emder Wasserzirkus“ (s. Seite 18) vereinbar ist),
- Verbesserung der Entwässerungsmöglichkeiten im südöstlichen Verbandsgebiet (kürzere Vorflutwege),
- Nutzung der vergleichsweise guten Sielzugmöglichkeiten (geringeres MTnw als an der Knock und am Leysiel)
- Voraussetzungen:
 - Klärung der Machbarkeit mit allen am Gesamtsystem „Emder Wasserzirkus“ beteiligten Institutionen (NLWKN, N-Ports, EV Oldersum),
 - ggfs. Anpassungen an den Vorflutwegen und Dükerbauwerken

Errichtung eines zusätzlichen Sielbauwerks am Alten Knockster Siel

- Erhöhung der Sielmöglichkeiten im Bereich der Knock
- Voraussetzungen:
 - Schaffung eines gänzlich neuen Bauwerks im Deich (Konflikt mit dem Küstenschutz),
 - aufwändige Herrichtung/Unterhaltung der Außenmuhde (starke Verlandung),
 - erhebliche Anpassungen der Vorflutwege, da diese allein für die Leistung des bestehenden Siel- und Schöpfwerks an der Knock ausgelegt sind

Erweiterung bestehender Sielbauwerke

- Querschnittserweiterungen zur Erhöhung der Durchflussmenge bei Sielbetrieb
- Voraussetzungen:
 - aufwändige Bauarbeiten im Deichkörper,
 - entsprechende Anpassungen der Vorflutwege und Außenmuhden

➤ **Anmerkung zu den beiden letztgenannten Optionen:**

Die aufwändige Errichtung neuer bzw. Erweiterung bestehender Sielbauwerke stellt in Anbetracht der kontinuierlich abnehmenden Sielzugmöglichkeiten (s. Grafik 34) keine nachhaltige Option dar.

Erweiterung von Schöpfwerkskapazitäten

Intention/Hintergrund

- Bewältigung des steigenden Pumpbedarfs infolge zunehmender Abflussspenden und steigender Tidewasserstände (s. Grafik 34)

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

Erweiterung des bestehenden Mündungsschöpfwerks an der Knock

- Erhöhung der Förderleistung des Schöpfwerks (z. B. durch Ergänzung einer 5. Pumpe)
- Voraussetzung:
 - entsprechende Anpassungen der Vorflutwege, die auf die bisherige Förderleistung des Schöpfwerks ausgelegt sind

Errichtung eines zusätzlichen Mündungsschöpfwerks am Alten Knockster Siel (anstelle der Erweiterung des bestehenden Schöpfwerks)

- Erhöhung der Gesamtförderleistung im Bereich der Knock,
- zusätzlicher Vorteil: Schaffung einer „Notfallreserve“ (Redundanz) für einen möglichen Ausfall des bestehenden Schöpfwerks (z. B. durch Defekt, Wartungsarbeiten)
- Voraussetzungen:
 - Schaffung eines gänzlich neuen Bauwerks im Deich (Konflikt mit dem Küstenschutz),
 - erhebliche Anpassungen der Vorflutwege, da diese allein für die Leistung des bestehenden Schöpfwerks an der Knock ausgelegt sind

Errichtung eines Schöpfwerks (und Siels) am Wybelsumer Polder

- direkte Entwässerung des Wybelsumer und Larrelter Polders, dadurch Entlastung des Wybelsumer Poldertiefs und des Siel- und Schöpfwerks Knock,
- ggfs. Durchstich zum Logumer Tief und darüber Anbindung an das Hauptvorflutsystem,
- Voraussetzungen:
 - Schaffung eines gänzlich neuen Bauwerks im Deich (Konflikte mit Küstenschutz),
 - Anpassungsmaßnahmen am Vorflutsystem

(Wieder-)Einbindung des bestehenden Schöpfwerks in Borssum in das Entwässerungssystem des I. EVE

- Reaktivierung ungenutzter, nicht zur Entwässerung des Ems-Jade-Kanals benötigter Kapazitäten des Borssumer Schöpfwerks für die Entwässerung des Verbandsgebietes (soweit dies mit den Gegebenheiten des „Emder Wasserzirkus“ (Seite 18) vereinbar ist),
- Verbesserung der Entwässerungsmöglichkeiten im südöstlichen Verbandsgebiet (kürzere Vorflutwege)
- Voraussetzungen:
 - Klärung der Machbarkeit mit allen am Gesamtsystem „Emder Wasserzirkus“ beteiligten Institutionen (NLWKN, N-Ports, EV Oldersum),

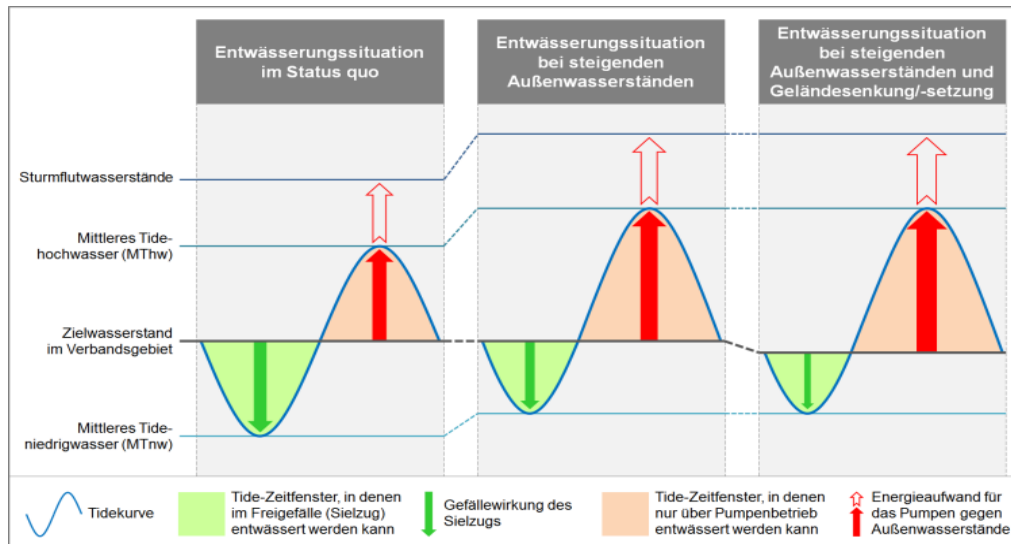
- ggfs. Anpassungen an den Vorflutwegen und Dükerbauwerken,
- ggfs. Ersatz des in die Jahre gekommenen Borssumer Schöpfwerks durch einen Schöpfwerksneubau,
- ggfs. Bau eines Schöpfwerks im Emdor Hafen, um die Ableitung der Abflüsse des Ems-Jade-Kanals permanent über diesen Entwässerungsweg zu gewährleisten und das Schöpfwerk Borssum im Regelbetrieb für den I. EVE nutzen zu können

Errichtung eines Schöpfwerks am Leysiel zur Sicherstellung der Entwässerungsmöglichkeiten des I. EVE und des EV Norden über das Speicherbecken Leyhörn (s. Seite 18)

- als Vorsorgemaßnahme zur Gewährleistung der Entwässerung auch im möglichen Extremfall (d. h. bei Erreichen der maximalen Einstauhöhe im Speicherbecken infolge fehlender Sielmöglichkeiten am Sperrwerk Leysiel aufgrund langandauernder Sturmflutwasserstände in der Außenems),
- als langfristig erforderliche Anpassungsmaßnahme zur Kompensation kontinuierlich abnehmender Sielmöglichkeiten am Sperrwerk Leysiel aufgrund des Meeresspiegelanstiegs

Anpassung von Unterschöpfwerken

- technische Modernisierung (z. B. Einbau von Steuerungstechnik zwecks Einbindung in eine intelligente Gesamtsteuerung des Entwässerungssystems),
- ggfs. Erhöhung von Förderleistungen aufgrund veränderter Abflussspenden in den Unterschöpfwerksgebieten (z. B. bedingt durch klimatische Effekte oder Versiegelung)



Grafik 34: Schematische Darstellung zu den Effekten steigender Tide- und Sturmflutwasserstände sowie von Landsenkungsprozessen auf den Siel- und Pumpbetrieb

Einsatz erneuerbarer Energien für den Schöpfwerksbetrieb

Intention/Hintergrund

- Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des wachsenden Strombedarfs für den Pumpenbetrieb der Schöpfwerke (Beitrag zum Klimaschutz),
- Reduktion der Energiekosten des Schöpfwerksbetriebs durch Direkteinspeisung von in verbandseigenen Energieerzeugungsanlagen produziertem Strom

Maßnahmooptionen/Realisierungsoptionen

Windenergie

- Errichtung einer Windkraftanlage in unmittelbarer Nähe zum Schöpfwerk Knock zwecks Direkteinspeisung des erzeugten Stroms (bereits realisiert),
- Errichtung von Kleinwindkraftanlagen an Unterschöpfwerken

Photovoltaik

- Einsatz von Photovoltaikanlagen für den Betrieb von Unterschöpfwerken (Nachteil: ohne entsprechende Speicherung nur Tages- und kein Nachtbetrieb möglich)

Biomasse

- Nutzung von Teek und Grünschnitt aus der Gewässerunterhaltung zur Biogasverstromung und Verwendung des erzeugten Stroms für den Schöpfwerksbetrieb



verbandseigene Windkraftanlage an der Knock

Anpassung des Vorflutsystems

Intention/Hintergrund

- Gewährleistung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Vorflutsystems

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

Beseitigung bestehender Engstellen im Vorflutsystem

- Vergrößerung des Abflussquerschnitts von nicht ausreichend dimensionierten Vorflutgewässern bzw. Verrohrungen (z. B. in Dammstellen),
- Bau zusätzlicher Vorflutgewässer zwecks Schaffung von Querverbindungen/Umgehungen zur Entlastung von Engstellen

Anpassungserfordernisse am Vorflutsystem im Falle einer Erweiterung der Leistungskapazitäten an den Mündungsbauwerken

- erforderlicher Ausbau der Vorflutwege zu den Mündungsbauwerken, da deren Abflussquerschnitte lediglich für den gegenwärtigen Zustrom ausgelegt sind und bei einer Kapazitätserhöhung der Mündungsbauwerke hydraulisch nicht mehr ausreichen würden
 - Ein Ausbau der Vorflutwege wäre aufgrund des damit verbundenen Flächenbedarfs insbesondere in den engen Ortslagen mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden.
 - Bei einer Querschnittserweiterung der Vorflutwege müssten zudem alle Querbauwerke (z. B. Brücken) angepasst werden.

Bau eines hochgelegenen Entwässerungskanal (ggfs. in Form einer verbandsgebietsübergreifenden Lösung)

- Wasseraufnahme über (bestehende) Unterschöpfwerke in den Niederungsgebieten,
- Wasserabgabe über ein Siel in der Deichlinie

Gewährleistung einer regelmäßigen Gewässerunterhaltung

Intention/Hintergrund

- Durchführung erforderlicher Unterhaltungsmaßnahmen zur Aufrechterhaltung eines ordnungsgemäßen Wasserabflusses sowie zur Pflege und Entwicklung der Gewässer (gemäß § 39 WHG und § 61 NWG)

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

Gewährleistung der Unterhaltung der Verbandsgewässer (Gewässer II. Ordnung und einige Gewässer III. Ordnung) sowie der Außentiefs

- Aufrechterhaltung der gemäß Lagerbuch vorgegebenen Gewässerprofile/Abflussquerschnitte (Sohltiefe, Böschungsneigung) durch regelmäßige Mahd (jährlich im Herbst

- wechelseitig mit Mähkorb oder Mähboot) sowie Entschlammung (i. d. R. alle fünf Jahre),
- Unterhaltung des Außentiefs/der Außenmuhde an der Knock durch regelmäßige Entschlickung per Spülboot

Sicherung von Räum- bzw. Unterhaltungstreifen entlang der Verbandsgewässer

- Gewährleistung der nach § 6 Verbandssatzung vorgeschriebenen Mindestabstände für Anpflanzungen und bauliche Anlagen auf an Verbandsgewässer angrenzenden Grundstücken (5 bzw. 10 m ab Böschungskante) durch
 - Information und Sensibilisierung der betroffenen Grundstückseigentümer,
 - entsprechende Sanktionierungen bei Nichteinhaltung der Abstandsvorschriften
- Maßnahmen zur Sicherstellung der Freihaltung von Räum- bzw. Unterhaltungstreifen im Zuge der Entwicklung von Neubaugebieten
 - Kenntlichmachung von Räum- bzw. Unterhaltungstreifen durch zeichnerische und textliche Darstellungen bzw. Festsetzungen in Flächennutzungs- und Bebauungsplänen (mit eindeutiger Verortung der Böschungskante, die die Ausgangslinie für die einzuhaltenden Abstände bildet),
 - Überführung von Räum- bzw. Unterhaltungstreifen in kommunalen Besitz, um die Zugänglichkeit der Gewässer dauerhaft zu gewährleisten,
 - grundbuchliche Absicherung von Räum- bzw. Unterhaltungstreifen auf privaten Baugrundstücken an Verbandsgewässern durch Eintragung einer Sicherungshypothek zugunsten des Entwässerungsverbandes
- Stärkung der bauaufsichtlichen Prüfung/Kontrolle hinsichtlich der Einhaltung der Abstandsvorschriften bei Bauvorhaben

Gewährleistung der Unterhaltung von Gewässern III. Ordnung (Zuständigkeit liegt bei den Grundstückseigentümern)

- (Re-)Sensibilisierung von Grundstückseigentümern für die Notwendigkeit der Gewässerunterhaltung,
- regelmäßige Durchführung von Gewässerschauen zur Begutachtung des Unterhaltungszustandes von für die Entwässerung besonders relevanten Gewässern III. Ordnung (Schaugewässer),
- konsequente Anwendung von Sanktionsmöglichkeiten bei Vernachlässigung der Unterhaltungspflicht

Berücksichtigung der gesetzlichen Vorgaben zur Beachtung ökologischer Belange bei der Gewässerunterhaltung

- Ausrichtung der Gewässerunterhaltung an den Zielen der Wasserrahmenrichtlinie,
- Einhaltung der allgemeinen und besonderen artenschutzrechtlichen Bestimmungen des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG),
- Einhaltung der Schutzvorschriften und naturschutzrechtlichen Bestimmungen von Schutzgebieten und geschützten Landschaftsbestandteilen sowie des Biotopschutzes

- Die gesetzlich geforderte gleichrangige Behandlung hydraulischer und ökologischer Belange bei der Gewässerunterhaltung kann zu Zielkonflikten führen. Dies gilt insbesondere für die überwiegend künstlich zu Entwässerungszwecken angelegten Marschengewässer.
- Möglichkeiten zur Vereinbarkeit der hydraulischen und ökologischen Anforderungen beinhalten die Ansatzpunkte der schonenden Gewässerunterhaltung (s. folgender Maßnahmenbereich).

Ökologisch optimierte Unterhaltung und Entwicklung von Gewässern

Intention/Hintergrund

- Erhaltung und Verbesserung der ökologischen Funktionen der Gewässer insbesondere als Lebensraum für Tiere und Pflanzen

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

Durchführung einer schonenden Gewässerunterhaltung

- bedarfsorientierte Unterhaltung nach Prüfung der tatsächlichen Notwendigkeit (Reduzierung der Unterhaltungsintensität und -frequenz auf das erforderliche Mindestmaß; Grundsatz: „So viel wie nötig, so wenig wie möglich.“),
- schonender Geräteeinsatz (z. B. ausreichende Schnitthöhe),
- einseitige, wechselseitige oder abschnittsweise Mahd, Stromstrichmahd (Erhalt von Rückzugsarealen für unterhaltungssensitive Arten, von denen aus eine Wiederbesiedlung erfolgen kann),
- Berücksichtigung der Entwicklungszyklen von Gewässerflora und -fauna bei der Wahl des Unterhaltungszeitpunktes,
- Erhalt wertvoller Habitatstrukturen durch Schonung des Böschungsfußes,
- Rückführung von „Beifang“ (z. B. Fische, Muscheln) in das Gewässer durch eine entsprechende Begleitung von Räumarbeiten,
- Schulung und Sensibilisierung der Unterhaltungspflichtigen, ggfs. Zertifizierung beauftragter Unternehmen

Realisierung ökologisch optimierter Gewässerabschnitte

- Schaffung natürlicher Ufersicherungen durch Einsatz von Schilfmatten,
- Schaffung von Gewässeraufweitungen mit unterhaltungsexensiven Flachwasserzonen (Synergien: Erhöhung der Retentionskapazitäten bei Hochwasserständen, Reduzierung von Uferabbrüchen),
- Erstellung eines Gesamtkonzepts und Einrichtung eines Flächen- und Maßnahmenpools für die ökologische Aufwertung von Gewässerabschnitten zur gezielten Steuerung von Einzelprojekten im Rahmen von Kompensationsmaßnahmen, Flurbereinigungen und Naturschutzprogrammen

Verminderung von Stoff- und Sedimenteinträgen durch Einführung von Gewässerrandstreifen auch an Gewässern III. Ordnung

- Anpassung des Niedersächsischen Wassergesetzes (NWG) an die Regelungen des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG), wonach im Außenbereich auch an allen Gewässern III. Ordnung ein Gewässerrandstreifen von 5 m Breite bestehen soll,
- Reduzierung der Nutzungseinschränkungen für die Landwirtschaft auf ein verträgliches Maß (insbesondere aufgrund des engen Gewässernetzes der Marschengewässer und des daraus resultierenden hohen Flächenanteils von Gewässerrandstreifen)
- Der Gesetzesentwurf zur Änderung des NWG von 2017 sah diesbezüglich vor, dass landwirtschaftlich genutzte Flächen innerhalb der Gewässerrandstreifen in einer Breite von einem Meter landseitig des Gewässers ganzjährig zu begrünen sind und keiner Bodenbearbeitung unterzogen werden dürfen.
- Darüber hinaus sind bei der Flächenbewirtschaftung grundsätzlich die geltenden Abstandsregelungen zu oberirdischen Gewässern nach dem landwirtschaftlichen Fachrecht (Dünge- und Pflanzenschutzrecht) zu beachten.

Herstellung der Durchgängigkeit von Querbauwerken im Gewässersystem

Intention/Hintergrund

- Verbesserung der Wanderungsmöglichkeiten für aquatische Organismen, insbesondere Fische, sowohl im Übergangsbereich zwischen Binnen- und Küstengewässern als auch innerhalb des Binnengewässersystems

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

potenzielle Maßnahmen an Sielen

- angepasstes Sielmanagement (Torsteuerung) zur Erhöhung der Zeiten der Passierbarkeit insbesondere in Hochphasen der Fischwanderung,
- Einbau von steuerbaren Fischklappen in Sieltore, die bei bestimmten Tidewasserständen unabhängig vom Sielbetrieb geöffnet werden können,
- Einbau von Aalleitern (Bürstenpässen), die einen Aufstieg von Glasaalen auch gegen starke Sielzugströmungen ermöglichen

potenzielle Maßnahmen an Schöpfwerken

- Einbau von fischschonenden Pumpen,
- Einbau von fischschonenden Hebereinrichtungen (große, langsam drehende Schnecken),
- Einbau von Fischschleusen bzw. Fischaufzügen

potenzielle Maßnahmen an Stauwehren

- Einbau von Schlupflöchern, Hubschützen bzw. Vertikalschlitzpässen,
- ggf. Rückbau des Stauwehrs (sofern diese nicht mehr erforderlich ist)

Erhaltung/Wiederherstellung der Retentionskapazitäten des Bodens

Intention/Hintergrund

- Verringerung bzw. Verzögerung der Abflussbildung

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

Reduzierung der Flächenversiegelung

- Berücksichtigung der Maxime "Innenentwicklung vor Außenentwicklung" in der kommunalen Siedlungsentwicklung (Vermeidung von Neubaugebieten „auf der grünen Wiese“, Revitalisierung von Ortskernen, Wiedernutzung von Brachflächen),
- Minimierung des Versiegelungsgrads in Siedlungsgebieten über Festsetzungen in Bebauungsplänen (z. B. Maß der baulichen Nutzung, überbaubare und nicht überbaubare Grundstücksflächen) und über Regelungen in örtlichen Bauvorschriften bzw. Gestaltungssatzungen (z. B. Vorgaben hinsichtlich der Bauformen (z. B. Gründach) und Baumaterialien),
- Stärkung der bauaufsichtlichen Prüfung/Kontrolle hinsichtlich der Einhaltung oben genannter Festsetzungen und Vorschriften,
- Reduzierung der negativen Effekte unvermeidbarer Flächenversiegelungen durch Verwendung wasserdurchlässiger bzw. -speichernder Oberflächenmaterialien (Klimabau-stoffe),
- Rückbau von nicht mehr erforderlichen Flächenversiegelungen (Entsiegelung)

Errichtung von Regenrückhalteinrichtungen in Siedlungsbereichen

Intention/Hintergrund

- Abpufferung der Abflussspitzen versiegelter Flächen zur Entlastung des Vorflutsystems

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

konsequente Berücksichtigung der Regenrückhaltung in der Bauleitplanung und bei der Genehmigung von Einzelbauvorhaben

- obligatorische Erstellung von Oberflächenentwässerungskonzepten für Baugebiete und größere Einzelbauvorhaben mit konkreten Vorgaben zur Regenwasserrückhaltung,
- Überführung der Vorgaben des Oberflächenentwässerungskonzepts in den Bebauungsplan (in Form zeichnerischer und textlicher Festsetzungen zur Regenwasserrückhaltung) und in örtliche Bauvorschriften (Vorgaben zum Umgang mit Niederschlagswasser auf dem Baugrundstück)

Berücksichtigung eines „Klimawandel-Zuschlags“ bei der Volumenbemessung von Regenrückhalteinrichtungen

Verbesserung der Wirksamkeit der Regenrückhaltung durch Schaffung großdimensionierter, zentraler Regenrückhalteinrichtungen anstelle mehrerer kleiner Anlagen

- Lösung des Problems der unzureichenden Abflusssammelung kleiner Anlagen
 - Bei der Abflusssammelung von Regenrückhalteinrichtungen werden zur Vermeidung möglicher Verstopfungen ausschließlich Rohre mit einem Mindestdurchmesser von DN 100 verwendet. Dies führt bei kleinen Rückhalteinrichtungen häufig dazu, dass die geforderte Begrenzung des Flächenabflusses auf den Wert $2 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$ gar nicht eingehalten werden kann, weil der Rohrdurchmesser dafür eigentlich kleiner als DN 100 sein müsste. Folglich kann aus solchen Anlagen mehr Wasser abfließen als eigentlich vorgesehen. Dieses Problem stellt sich bei größeren Regenrückhalteinrichtungen nicht.
- mögliche Variante zur Realisierung großdimensionierter, zentraler Anlagen: **Pumpspeicherpolder**
 - Prinzip: Das Wasser von versiegelten Flächen fließt nicht unmittelbar in eine angrenzende Regenrückhalteinrichtung, sondern wird zunächst in das Vorflutsystem eingeleitet, aus dem die entsprechenden Abflussvolumina dann andernorts in einen zentralen Speicherpolder hineingepumpt und dort zwischengespeichert werden. Die Kosten für solche zentralen Speicherpolder könnten bei jeder Baugebieterschließung anteilig mit einberechnet werden.
- Vorteile von großdimensionierten, zentralen Anlagen:
 - Reduzierung von Baulandverlusten innerhalb der Baugebiete durch Auslagerung der Regenrückhaltung,
 - Verringerung des Unterhaltungsaufwands (geringere Anzahl von Anlagen) und bessere Gewährleistung der Unterhaltung (Zuständigkeit „in einer Hand“ (z. B. bei der Kommune) anstatt bei vielen unterschiedlichen Bauträgern),
 - Möglichkeit zur Einbindung bereits bestehender Siedlungsgebiete, für die bisher keine Regenrückhaltung existiert,
 - Möglichkeit zur Speicherung von Wasserüberschüssen für eine Nutzung in Trockenzeiten (bei entsprechender Dimensionierung und Bewirtschaftung)

Nutzung von Synergiepotenzialen bei der Realisierung von Regenrückhalteinrichtungen

- gestalterische Einbindung der Anlagen in den Freiraum,
- ökologisch optimierte Gestaltung der Anlagen (inklusive Rückhaltung/Filterung von Schadstoffen)

Nutzung von Retentionsmöglichkeiten im Gewässersystem

Intention/Hintergrund

- Optimierung des Entwässerungsmanagements durch
 - eine temporäre Rückhaltung und zeitversetzte Ableitung von Niederschlagsabflüssen,
 - eine gezielte Entlastung des Vorflutsystems im Falle kritischer Hochwassersituationen

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

Erweiterung der bestehenden Speichermöglichkeiten im Bereich des Großen Meeres

- Vergrößerung des Speichervolumens durch Anhebung des maximal zulässigen Einstaus von -1,10 m NHN auf -0,90 m NHN (ggfs. Anpassung der Höhe der bestehenden Stauwehre und Verwallungen erforderlich) (s. nebenstehende Grafik),
- Nutzung des Großen Meeres als Pumpspeicher, um eine gezielte Entlastung des Vorflutsystems herbeiführen zu können, durch folgende Maßnahmen:
 - direktes Hineinpumpen der Gebietsabflüsse aus den benachbarten Unterschöpfwerksgebieten Bedekaspel und Forlitz-Blaukirchen über die bestehenden Unterschöpfwerke (eine entsprechende Anbindung besteht bereits bzw. ist relativ einfach realisierbar),
 - Schaffung einer zusätzlichen Pumpanlage, mit deren Hilfe bei Bedarf auch aus dem angrenzenden Vorflutsystem Wasser in das Große Meer hineingepumpt werden kann
- *Synergien mit dem Ökosystemschutz: regelmäßiger und großräumiger Flutungen der randlichen Schilfbestände des Großen Meeres aufgrund häufigerer und höherer Einstauereignisse*

temporärer Einstau von Gewässerteilsystemen

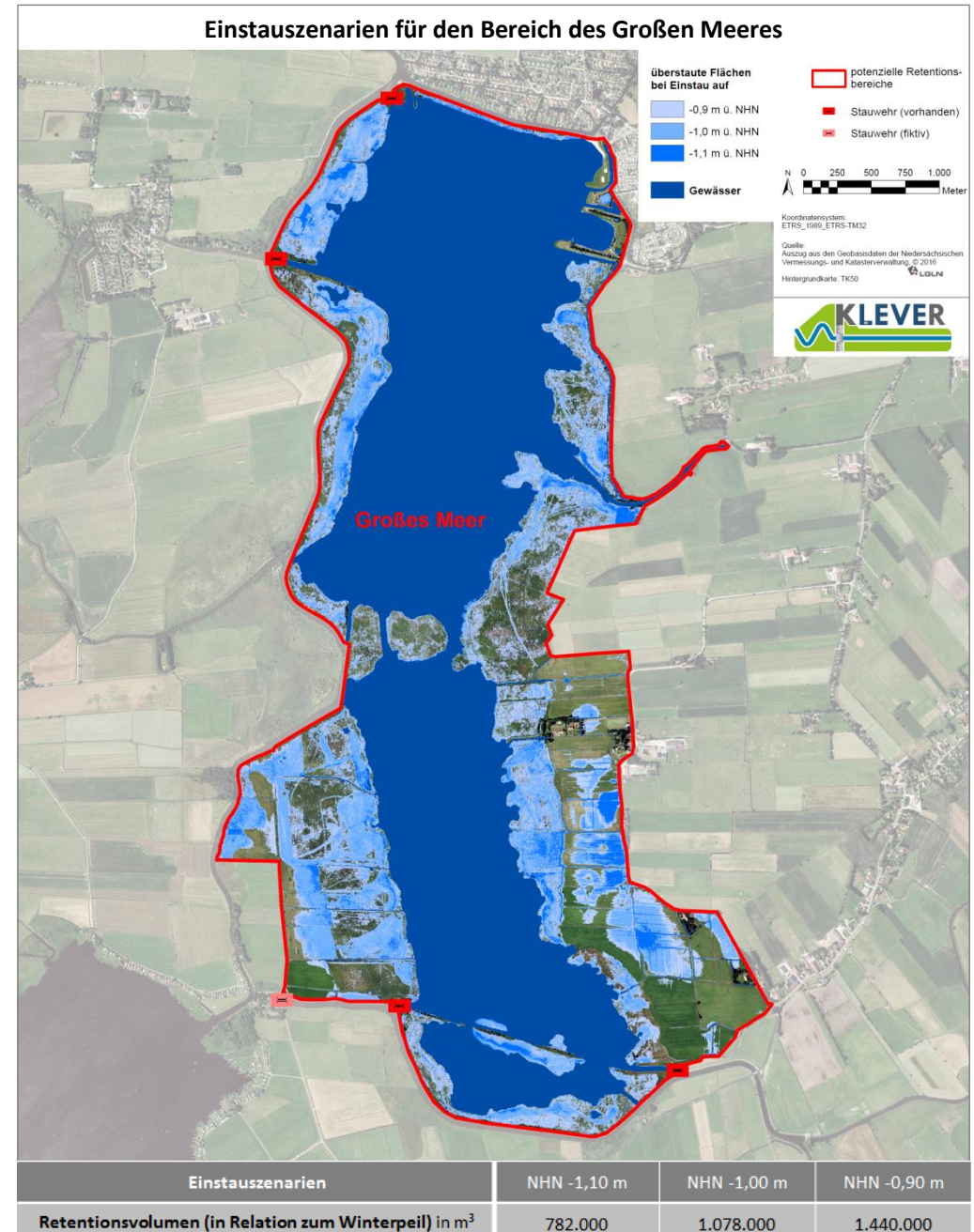
- Nutzung temporärer Einstaupotenziale in geeigneten Gewässerteilsystemen durch Schaffung entsprechender (regulierbarer) Stauvorrichtungen,
- Realisierungsmöglichkeiten insbesondere im Bereich der Westerender Ehe und in abgrenzbaren Gewässerteilsystemen der Geestbereiche und höheren Marschenbereiche

zeitverzögerte Entwässerung von Unterschöpfwerksgebieten durch Nutzung des vorhandenen Speichervolumens der Gewässer

- Nutzung bestehender Potenziale für eine temporäre Wasserrückhaltung in den Gewässern geeigneter Unterschöpfwerksgebiete im Rahmen des vorhandenen Freibords,
- Schaffung der erforderlichen zentralen Steuerungstechnik für ein optimiertes Management des Unterschöpfwerksbetriebs

Erhöhung der natürlichen Retentionsmöglichkeiten in und an Gewässern

- Schaffung von Gewässeraufweitungen und Flachuferbereichen, die im Falle von Hochwassersituationen zu einem erhöhten Retentionsvolumen der Gewässer führen,
 - Anbindung geeigneter Niederungsflächen, die im Falle von Hochwassersituationen als natürlicher Retentionsraum für die angrenzenden Vorflutgewässer dienen können
- *Synergien mit dem Ökosystemschutz*



Schaffung von Speicher- und Entlastungspoldern

Intention/Hintergrund

- Optimierung des Entwässerungsmanagements durch
 - temporäre Speicherung und zeitversetzte Entwässerung von Niederschlagsabflüssen,
 - gezielte Entlastung des Vorflutsystems im Falle kritischer Hochwassersituationen,
- ggfs. Speicherung von Wasserüberschüssen für eine Nutzung in Trockenzeiten

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

Polderlösungen ohne Pumpbedarf

- Prinzip:** Polderflächen, in die sich Wasser aus dem Vorflutsystem bei Hochwasserständen natürlich ausdehnen kann (nur geringer Speichereffekt aufgrund relativ niedriger Einstauhöhen),
- potenzielle Eignungsflächen:** Bereiche entlang von Gewässern mit Geländehöhen knapp oberhalb des Zielwasserstands

Polderlösungen mit zeitlich nachgelagertem Pumpbedarf („Senkenpolder“)

- Prinzip:** Polderflächen, in die Wasser im natürlichen Gefälle hineinfließen kann und anschließend durch Pumpeneinsatz wieder hinausbefördert wird,
- potenzielle Eignungsflächen:** Unterschöpfwerksbereiche mit Geländehöhen unterhalb des Zielwasserstands des Vorflutsystems (-1,40 m NN) (s. Karte auf Seite 21), z. B. der Bereich Freepsumer Meer (s. nebenstehende Grafik)

Polderlösungen mit zeitlich vorgelagertem Pumpbedarf („Hochpolder“)

- Prinzip:** Polderflächen mit Verwallung, in die Wasser durch Pumpeneinsatz hineinbefördert wird und anschließend im natürlichen Gefälle wieder hinausfließen kann,
- potenzielle Eignungsbereiche:**
 - geeignete Flächen an den Hauptvorflutwegen,
 - Flächen in unmittelbarer Nähe zu den (großen) Unterschöpfwerken, die das ohnehin zu pumpende Wasser bei entsprechender Umrüstung direkt in den Hochpolder befördern könnten, um es von dort aus zeitverzögert zu entwässern (im Idealfall im freien Sielzug)

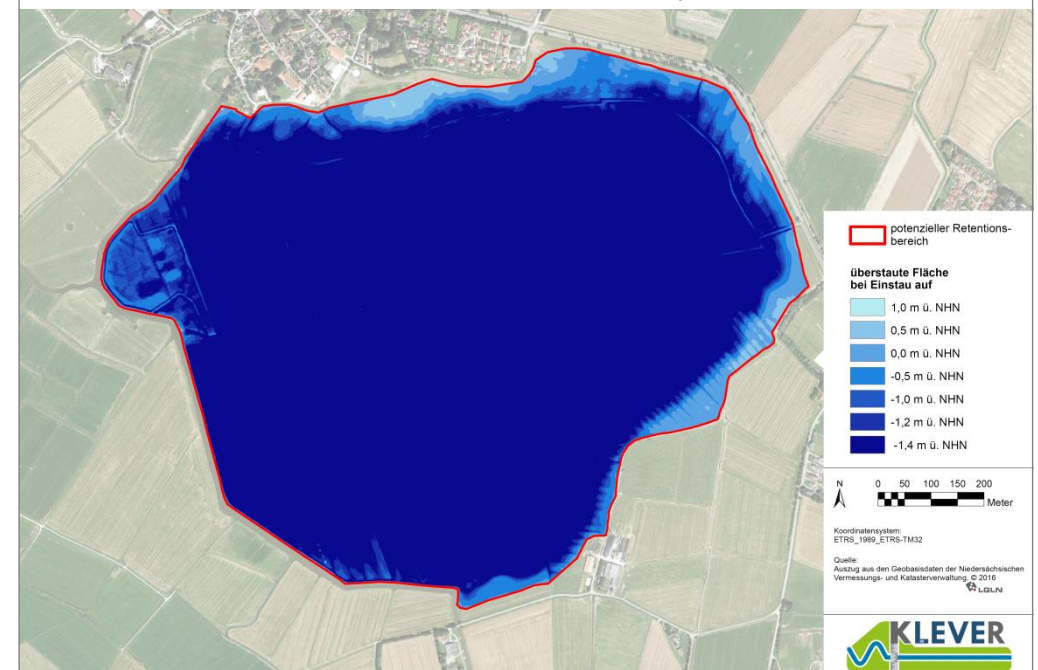
Nutzung potenzieller Synergien bei der Realisierung von Polderlösungen, z. B.

- Berücksichtigung naturschutzfachlicher Anforderungen bei der Gestaltung und Bewirtschaftung von Polderflächen,
- Integration von Angeboten zur Naherholung (z. B. Fuß- und Radwege), Naturbeobachtung (z. B. Aussichtsplattformen) und Umweltbildung (z. B. Infotafeln und Lehrpfade) bei der Schaffung von Polderflächen

Sicherung von Flächen, die für eine Poldernutzung potenziell geeignet sind, durch

- Festlegung von Vorrang-/Vorbehaltsgebieten im Regionalen Raumordnungsprogramm,
- durch Darstellung in den kommunalen Flächennutzungsplänen

Einstauszenarien für den Bereich des Freepsumer Meeres



Einstauszenarien	überstaute Fläche in ha	mittlere Überstauhöhe in m	Retentionsvolumen in m ³	Form der Speicherbewirtschaftung
NHN -1,40 m	123	0,57	705.000	"Senkenspeicher,, (unter Zielwasserstand)
NHN -1,20 m	128	0,75	957.000	"Senkenspeicher,, (unter Hochwasserstand)
NHN -1,00 m	132	0,92	1.217.000	
NHN -0,50 m	138	1,37	1.894.000	"Senkenspeicher" + "Hochspeicher,, oder
NHN 0,00 m	144	1,81	2.599.000	
NHN +0,50 m	146	2,28	3.324.000	"Dauergewässer" + "Hochspeicher"
NHN +1,00 m	146	2,78	4.052.000	



Nutzungsdifferenzierte Anpassung von Zielwasserständen

Intention/Hintergrund

- teilgebietliche Anpassung der Zielwasserstände (Anhebung/Absenkung) unter Berücksichtigung der spezifischen Nutzungsanforderungen (z. B. Siedlungsbereiche, Landwirtschaft, Schutzgebiete)
- räumliche Differenzierung und nutzungsabhängige Optimierung der Wasserstandshaltung:
 - Sicherstellung eines ausreichenden Freibords in Siedlungsbereichen (Hochwasserschutz),
 - Realisierung standortangepasster Wasserstände für landwirtschaftliche Nutzflächen,
 - Unterstützung der wasserhaushaltlichen Anforderungen in Schutzgebieten

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

Anhebung von Zielwasserständen

- Anpassungserfordernisse am Entwässerungssystem:
 - Errichtung von Stauwehren im Gewässersystem zur räumlichen Differenzierung der Wasserstandshaltung,
 - ggfs. Veränderung des Zuschnitts bzw. Wegfall von Unterschöpfwerksgebieten
- Vorteile/Synergien einer Anhebung:
 - Abnahme des Energie- und Kostenaufwands für den Pumpenbetrieb (verringerte Förderhöhe, ggfs. Entfall einer Pumpstufe),
 - positive Auswirkungen auf die Gewässerökologie und den Biotop- und Artenschutz,
 - Schutz organischer Böden (insb. Moore) und Reduktion von Treibhausgasemissionen,
 - verringerte Gefahr des Aufstiegs von salzhaltigem Grundwasser in oberflächennahe Bereiche und Gewässer aufgrund erhöhter Süßwasserauflast
- Nachteile/Konflikte einer Anhebung:
 - Zunahme von Hochwassergefahren aufgrund der Reduzierung der Speicherkapazitäten im Gewässersystem (verringertes Freibord) und des potenziellen Bodenwasserspeichers (vergrößerte Abflusspende)

Absenkung von Zielwasserständen

- Anpassungserfordernisse am Entwässerungssystem:
 - Errichtung von Stauwehren im Gewässersystem zur räumlichen Differenzierung der Wasserstandshaltung,
 - ggfs. Schaffung neuer bzw. Erweiterung bestehender Unterschöpfwerksgebiete
- Vorteile/Synergien einer Absenkung:
 - Reduzierung von Hochwassergefahren aufgrund der Erhöhung der Speicherkapazitäten im Gewässersystem (vergrößerter Freibord) und des potenziellen Bodenwasserspeichers (verringerte Abflusspende)

▪ Nachteile/Konflikte einer Absenkung:

- Zunahme des Energie- und Kostenaufwands für den Pumpenbetrieb (vergrößerte Förderhöhe; ggfs. Erfordernis einer zusätzlichen Pumpstufe),
- negative Auswirkungen auf die Gewässerökologie und den Biotop- und Artenschutz,
- beschleunigte Mineralisierung organischer Böden und verstärkte Freisetzung von Treibhausgasen,
- erhöhte Gefahr des Aufstiegs von salzhaltigem Grundwasser in oberflächennahe Bereiche und Gewässer aufgrund reduzierter Süßwasserauflast,
- ggfs. Trockenlegung von Pfahlgründungen mit der Folge von Gebäudeschäden



Wiedervernässung tiefliegender Bereiche

Intention/Hintergrund

- Verbesserung der Erhaltungszustände für die wertbestimmenden Lebensräume und Arten in den Natura 2000-Gebieten durch Wiederherstellung eines naturnahen Wasserstandsregimes,
- periodische Vernässung und extensive Bewirtschaftung von Grünlandflächen zur Optimierung und Entwicklung von Brut-, Nahrungs- und Rasthabitaten für Wiesen- und Gastvögel sowie von Grünlandbiotoptypen mit ihren typischen Pflanzenarten,
- *Konflikt mit dem Entwässerungsmanagement: saisonal erhöhte Abflussbildung aufgrund der Verminderung des Bodenwasserspeichers infolge der periodisch angestauten Wasserstände,*
- *Lösung des Konflikts durch Nutzung bestehender Synergiepotenziale zwischen Wiedervernässungsmaßnahmen und Entwässerungsmanagement (siehe unten)*

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

Drosselung der Abflüsse aus Wiedervernässungsflächen (integrierte Retentionsfunktion)

- Konzeption von Wiedervernässungsgebieten als „Wanne“ (durch entsprechende Einwallung) und Schaffung der erforderlichen Voraussetzungen zur Abflussdrosselung durch Errichtung entsprechender Regulierungsbauwerke,
- wasserwirtschaftlicher Synergieeffekt: Entlastung des Entwässerungssystems durch Rückhaltung und zeitlich verzögerte Abgabe von Niederschlagsabflüssen

saisonal begrenzte Nutzung von Wiedervernässungsflächen als Hochwasserpolder

- Schaffung der wasserbaulichen Voraussetzungen (Regulierungsbauwerke), um in aus naturschutzfachlicher Sicht geeigneten Zeiträumen (d. h. insb. im Winter) bei Hochwasserständen bestimmte Wassermengen aus dem Vorflutsystem in Vernässungsgebiete abgeben und nach Entspannung der Hochwassersituation zeitversetzt wieder zurückführen zu können (entweder im natürlichen Gefälle oder über bestehende Unterschöpfwerke),
- wasserwirtschaftlicher Synergieeffekt: Hochwasserentlastung des Vorflutsystems und der Mündungsschöpfwerke

Entlastung von Unterschöpfwerken durch (zeitweiligen) Direktanschluss von Wiedervernässungsflächen an das Vorflutsystem

- Nutzung der mit Wiedervernässungsmaßnahmen einhergehenden (zeitweiligen) Wasserstandsanhebungen, um Abflüsse aus den Gebieten mit Hilfe entsprechender Regulierungsbauwerke im natürlichen Gefälle direkt in das Vorflutsystem abzuführen (sofern durch die Anhebung das Niveau des Zielwasserstands erreicht oder überschritten wird), anstatt diese weiterhin über Unterschöpfwerke hochzupumpen,
- wasserwirtschaftlicher Synergieeffekt: Reduzierung des Pumpbedarfs von Unterschöpfwerken

räumliche Konzentration von Wiedervernässungsprojekten

- Vermeidung eines „Flickenteppichs“ einzelner kleiner Wiedervernässungsgebiete,
- Möglichkeit der optimierten Nutzung der oben dargestellten Synergiepotenziale im größeren räumlichen Maßstab,
- Effizienzsteigerungen hinsichtlich der Errichtung und des Einsatzes erforderlicher wasserwirtschaftlicher Regulierungsbauwerke

Aufspülung tiefliegender Bereiche (und Anpassung der Wasserstandshaltung)

Intention/Hintergrund

- Entlastung des Entwässerungssystems und Verbesserung des Hochwasserschutzes durch Anhebung von Geländeoberflächen und Wasserstandshaltungen in dafür geeigneten tiefliegenden Bereichen

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

Nutzung von Sedimentmaterial aus der Fahrrinnenunterhaltung der Außenems für Aufspülungen in geeigneten Bereichen des Verbandsgebietes

- Anpassungserfordernisse am Entwässerungssystem:
 - erhebliche Umgestaltung bzw. Neuordnung des Gewässersystems in betroffenen Bereichen
- Vorteile/Synergien:
 - Verringerung des Pumpbedarfs aufgrund erhöhter Wasserstände (ggfs. Entfall einer Pumpstufe),
 - Reduzierung von Überschwemmungsgefahren aufgrund erhöhten Geländeniveaus und ggfs. vergrößerten Freibords,
 - Vergrößerung des Bodenwasserspeichers aufgrund des erhöhten Flurabstands,
 - Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit durch Sedimentaufspülung,
 - Aufwertung der Wasserqualität in der Außenems durch dauerhafte Schlickentnahme
- Nachteile/Konflikte:
 - Zielkonflikte mit dem Boden- und Gewässerschutz,
 - Zielkonflikte mit dem Biotop- und Artenschutz

Ermittlung und Darstellung von Bereichen mit besonderer Binnenhochwassergefahr

Intention/Hintergrund

- Erweiterung und Differenzierung der im Rahmen der EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie erstellten Gefahrenkarten durch ergänzende Betrachtung der Binnenhochwassergefahren im entwässerten Küstengebiet (s. Grafik 35)
 - Die derzeitigen Gefahrenkarten für den Küstenraum basieren auf der Betrachtung der Sturmflutgefahr (durch Projektion des Bemessungswasserstandes der Seedeiche in das Deichhinterland; s. Grafik 36); die Gefahr potenzieller Binnenhochwasserereignisse wird nicht berücksichtigt.
- Steigerung des Gefahren- und Risikobewusstseins gegenüber potenziellen Binnenhochwasserereignissen in der Bevölkerung und bei verantwortlichen Entscheidungsträgern,
- Verbesserung der Abwägungsgrundlage bei Entscheidungen über Planvorhaben (z. B. Neuausweisung von Baugebieten) in den zuständigen politischen Gremien (Stadt-/Gemeinderäte)

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

Entwicklung einer geeigneten Methodik zur Ermittlung und Darstellung von Bereichen mit besonderer Binnenhochwassergefahr, unter Berücksichtigung folgender Kriterien:

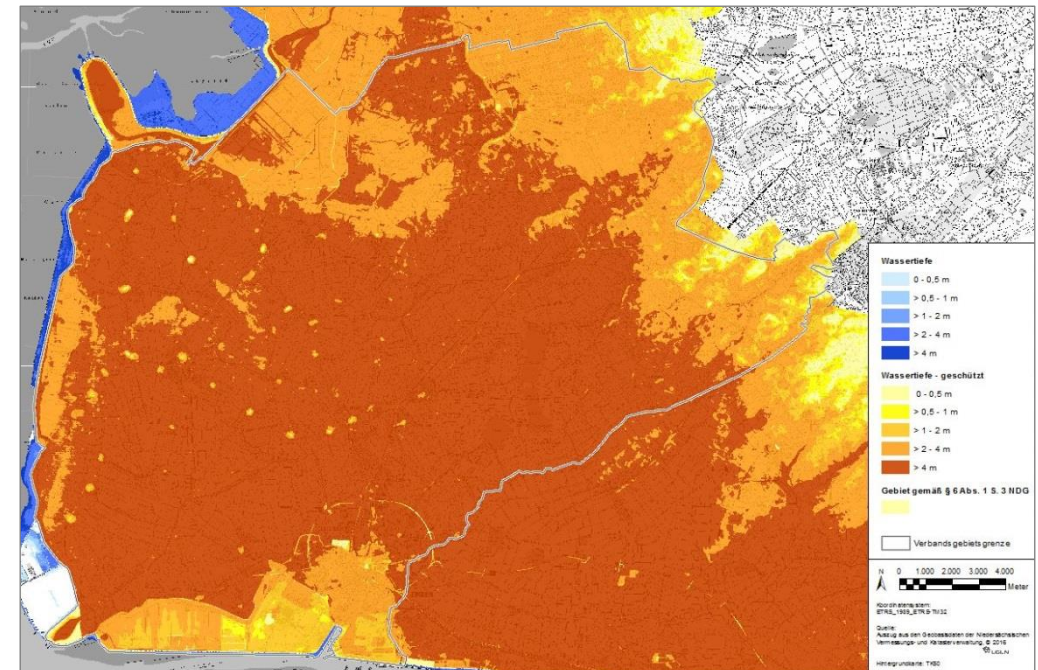
- Definition der zugrundeliegenden Niederschlagsabfluss-Szenarien (Dauerstufen, Wiederkehrintervalle),
- Betrachtung der relevanten Systemkomponenten, z. B.:
 - Kapazitäten des Entwässerungssystems (z. B. Abflussquerschnitte, vorhandene Schöpfwerksleistungen in Abhängigkeit vorherrschender Tidewasserstände),
 - Ausfallrisiken des Entwässerungssystems (z. B. Stromausfall, technischer Defekt),
 - Verwallungshöhen der Vorflutgewässer (Überlaufsickeit angrenzender Unterschöpfwerksgebiete),
 - Differenz zwischen Zielwasserstand und Geländeoberfläche (s. nebenstehende Karte)

Kennzeichnung der ermittelten Bereiche mit besonderer Binnenhochwassergefahr

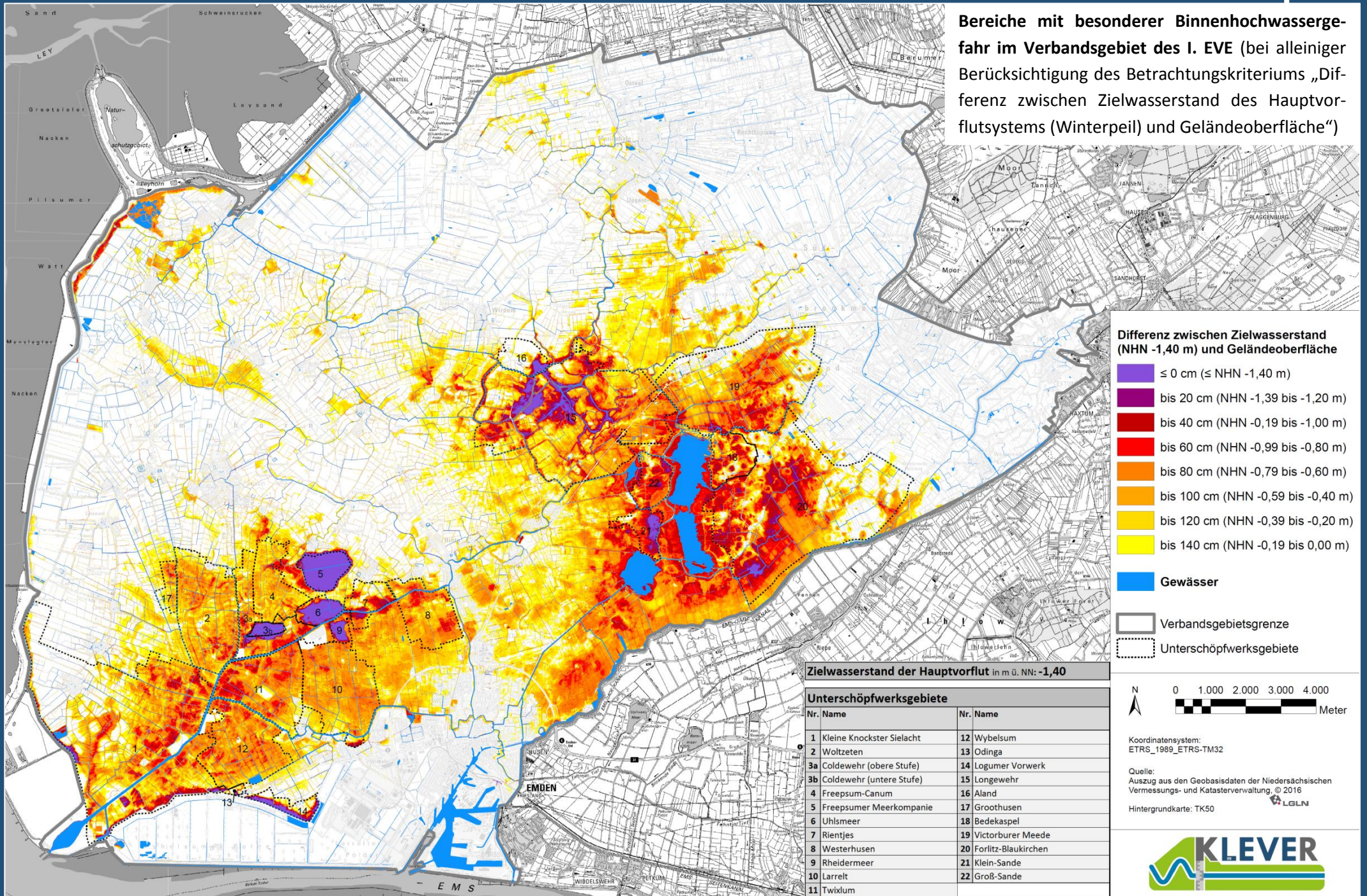
- im Regionalen Raumordnungsprogramm,
- in den kommunalen Flächennutzungs- und Bebauungsplänen



Grafik 35: Potenzielle wetter- und systembedingte Ursachen und Wirkfolgen hinsichtlich der Entstehung kritischer Hochwasserstände und möglicher Überschwemmungssituationen im Gebiet des I.EVE



Grafik 36: Hochwassergefahrenkarte für den Küstenraum (Tideems) gemäß EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie



Umsetzung von planungs- und genehmigungsrechtlichen Restriktionen und Vorgaben in Bereichen mit besonderer Binnenhochwassergefahr

Intention/Hintergrund

- Vermeidung zusätzlicher Schadenspotenziale in Bereichen mit besonderer Binnenhochwassergefahr durch Einschränkung bzw. Anpassung der Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

Raumordnung

- Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen: Formulierung allgemeiner Zielaussagen zur stärkeren Berücksichtigung von Binnenhochwassergefahren in Küstenniederrungsbereichen,
- Regionales Raumordnungsprogramm des Landkreises Aurich: Ausweisung von Bereichen mit besonderer Binnenhochwassergefahr als Vorrang-/Vorbehaltsgebiete mit entsprechenden textlichen Festlegungen zu den damit verbundenen Nutzungsrestriktionen

Bauleitplanung

- Berücksichtigung der Belange des Hochwasserschutzes bei der Aufstellung von Bauleitplänen,
- entsprechende Nutzungssteuerung im Rahmen der Flächennutzungs- und Bebauungsplanung, z. B. durch:
 - Verzicht auf Ausweisung von Baugebieten in Niederungsbereichen, stattdessen Nutzung höher liegender Flächen, im Idealfall durch Innenentwicklung der oft von starkem Leerstand betroffenen Warftendörfer,
 - *Konflikt mit den Anforderungen des Denkmalschutzes, die eine Umgestaltung der historischen Ortskerne der Warftendörfer zugunsten der Innenentwicklung häufig erschweren bzw. verhindern*
 - Darstellung/Festsetzung von Flächen, die aus Gründen des Hochwasserschutzes von Bebauung freizuhalten sind,
 - Kennzeichnung von Flächen, bei deren Bebauung besondere bauliche Vorkehrungen oder Sicherungsmaßnahmen gegenüber Hochwasser erforderlich sind

Baugenehmigung

- Berücksichtigung von Hochwassergefahren in der Genehmigungspraxis,
- Versagung von Baugenehmigungen bzw. Erteilung von Baugenehmigungen unter Auflagen (z.B. hochwasserangepasste Bauweise) in Bereichen mit besonderer Binnenhochwassergefahr

Anpassung von Siedlungsentwässerungssystemen an zunehmende Starkregengefahren

Intention/Hintergrund

- Gewährleistung einer schadlosen Ableitung von Starkregenabflüssen aus Siedlungsbereichen in das Vorflutsystem

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

Ermittlung der Überflutungsgefährdung von Siedlungsbereichen infolge einer Kapazitätsüberschreitung des Siedlungsentwässerungssystems, z. B. mittels einer

- vereinfachten Gefährdungsabschätzung anhand von Bestandsunterlagen/Erfahrungswerten,
- topographischen Gefährdungsanalyse,
- hydraulischen Gefährdungsanalyse

Behebung konkreter Problemlagen in bestehenden Siedlungsentwässerungssystemen

- Neudimensionierung von Regenwasserkanälen als Reaktion auf veränderte Abflusssituationen, z. B. hervorgerufen durch
 - erhöhte Versiegelungsgrade aufgrund baulicher Nachverdichtungen, zusätzlich errichteter Nebenanlagen (Carports, Gartenhäuschen, Terrassen etc.) oder sonstiger Flächenversiegelungen auf den Grundstücken (Pflasterungen, folierte Kiesbeete etc.),
 - sukzessive Anbindung zusätzlicher Baugebiete
 - *Zielkonflikt: Bei der Neudimensionierung von Regenwasserkanälen gilt hinsichtlich der Einleitung in das Vorflutsystem (Verbandsgewässer) die Vorgabe einer maximalen Abflussspende von 2 l/s*ha. Bei Maßnahmen im Bestand kann dieser Wert jedoch häufig gar nicht eingehalten werden, da der für eine entsprechende Drosselung erforderliche Retentionsraum innerhalb des Siedlungsentwässerungssystems nicht vorhanden ist bzw. aus Kostengründen nicht geschaffen werden kann (z. B. in der Stadt Emden).*
- Errichtung von Regenwasserpumpwerken an den Schnittstellen zwischen Siedlungsentwässerungssystemen und Verbandsgewässern, um Rückstauereffekte innerhalb der Regenwasserkanäle zu verhindern, die im Falle erhöhter Wasserstände im Vorflutsystem auftreten können (z. B. im Bereich der Stadt Emden),
- Verbesserung der Abflussverhältnisse und Erhöhung der Rückhaltevolumina von Entwässerungsgräben durch
 - regelmäßige Unterhaltung/Aufreinigung der Gräben,
 - Rückbau von Ufer- und Sohlbefestigungen (Profilverengungen der Gräben),
 - Wiederoffenlegung verrohrter oder vollständig verfüllter Grabenabschnitte

Berücksichtigung eines „Klimawandel-Zuschlags“ bei der Bemessung von Kanalisationsanlagen

Vorsorgemaßnahmen für den Fall einer Kapazitätsüberschreitung von Siedlungsentwässerungssystemen (Kanalüberstau)

- Gestaltung von Verkehrs- und Freiflächen als temporär nutzbare Notwasserwege für eine oberflächige Ableitung der Niederschlagsmengen in das Vorflutsystem,
- Gestaltung von Verkehrs- und Freiflächen als temporär nutzbaren Retentionsraum (z. B. Straßen, Plätze, Grünanlagen)

Schutz von baulichen Anlagen vor Schäden durch Wassereintritt (Objektschutz)

Intention/Hintergrund

- Verhinderung potenzieller Schäden an baulichen Anlagen, die durch in untenstehender Grafik dargestellte Wege des Wassereintritts bei Binnenhochwasser oder Starkregen hervorgerufen werden können

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

Anpassung der Bauweise

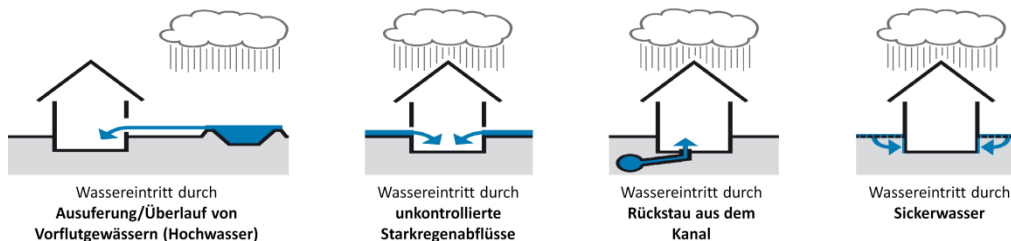
- Errichtung von baulichen Anlagen auf bestehenden Warften oder neu aufgeschütteten/-gespülten Flächen,
- Verzicht auf Unterkellerungen,
- Anordnung des Erdgeschosses über der Rückstauenebene,
- Aufständigung von Gebäuden bzw. Gebäudeteilen,
- Verwendung wasserunempfindlicher Baumaterialien,
- hochwassersichere Anordnung der Gebäudetechnik

Maßnahmen zur Verhinderung von Wassereintritt

- Installation von Rückstausicherungen an Kanalan schlüssen,
- Errichtung von Aufkantungen an Kellerfenstern und Lichtschächten,
- Errichtung von Schwellen vor Gebäude- und Kellereingängen,
- Vorhaltung von mobilen Hochwasserschutzelementen (z.B. Barriersysteme, Sandsäcke),
- Errichtung von Schutzmauern oder Erdwällen um gefährdete Objekte

Risikovororge durch Versicherungsschutz

- Abschluss einer Elementarschadensversicherung



Verbesserung von Gefahrenabwehr und Katastrophenschutz

Intention/Hintergrund

- Vorsorge für den möglichen Fall einer Kapazitätsüberschreitung bzw. eines Versagens (von Teilen) des Entwässerungssystems

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

Verbesserung von Informations- und Datengrundlagen zur potenziellen Binnenhochwassergefährdung

- Ermittlung von durch Binnenhochwasser besonders gefährdeten Bereichen,
- Ermittlung der Verwaltungshöhen/Überlaufsic herheiten der Vorflutgewässer und der damit verbundenen Überschwemmungsgefährdungen für angrenzende Unterschöpfwerks- und Niederungsgebiete bei extremen Hochwasserständen

Verbesserung der Gefahren- und Katastrophenvorsorge gegenüber möglichen Binnenhochwasserereignissen

- Intensivierung des Informationsaustausches zwischen den wasserwirtschaftlichen Institutionen (z. B. Entwässerungsverband, NLWKN) und den Behörden der Gefahrenabwehr und des Katastrophenschutzes,
- Zusammenführung der jeweiligen Alarm- und Einsatzpläne der unterschiedlichen Institutionen für den Fall einer hochwasserbedingten Katastrophenlage,
- Erstellung von Evakuierungsplänen für extreme Hochwasserereignisse,
- regelmäßige Durchführung gemeinsamer Übungen zu spezifischen hochwasserbedingten Katastrophenlagen (z. B. Schöpfwerksausfall),
- Erweiterung der erforderlichen Notfallausrüstung zur Bekämpfung von Hochwassergefahren (z. B. mobile Pumpen, Notstromaggregate, mobile Hochwasserbarrieren, Depots zur Befüllung und Lagerung von Sandsäcken),
- Ermittlung topographisch geeigneter Bereiche, die aufgrund vergleichsweise geringer Schadenspotenziale bei Bedarf zielgerichtet geflutet werden können, um einen kritischen Hochwasserpegel im Hauptvorflutsystem zu senken und das Hochwasserrisiko für das Gesamtgebiet insgesamt zu reduzieren

Erhalt der Funktionsfähigkeit von Schöpfwerken bei Stromausfall

- Schaffung einer autarken Energieversorgung für Schöpfwerke durch Direkteinspeisung von Strom aus Windkraftanlagen, durch die – je nach Leistungskapazität der Schöpfwerke – zumindest ein gewisser Grundlastbetrieb gewährleistet werden kann,
- Installation stationärer bzw. Vorhaltung mobiler Notstromaggregate zur Sicherstellung des Schöpfwerksbetriebs (nur bis zu einer begrenzten Leistungskapazität möglich),
- Ausrüstung von Schöpfwerken mit entsprechenden Anschlussmöglichkeiten für mobile Notstromaggregate, damit diese bei Bedarf auch tatsächlich eingesetzt werden könnten

Sensibilisierung für das Thema „Entwässerung“ durch gezielte Öffentlichkeitsarbeit und Bereitstellung von Informationsmaterialien

Intention/Hintergrund

- Verbesserung des gesellschaftlichen Wissenstands und Bewusstseins hinsichtlich der Bedeutung und Notwendigkeit der Entwässerung/des Binnenhochwasserschutzes im Küstenraum

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

Öffentlichkeitsarbeit zum Thema „Entwässerung“, z. B. durch

- Auslage und Verteilung von Informationsbroschüren,
- Versand von Info-Blättern mit dem jährlichen Beitragsbescheid des Entwässerungsverbandes,
- gezielte Berichterstattung in den lokalen Medien,
- Präsenz in den neuen Medien (Internetseite, soziale Medien),
- Angebot von Informationsveranstaltungen, Mitmach-Aktionen und Ortsbesichtigungen,
- Wanderausstellung mit Informationstafeln in öffentlichen Gebäuden/auf öffentlichen Plätzen,
- Teilnahme der Hauptakteure an Ratssitzungen oder Bürgerveranstaltungen,
- Integration in den Schulunterricht bzw. Durchführung von Projektwochen

Bereitstellung von zielgruppenspezifischen Informationsmaterialien (z. B. für politische Entscheidungsträger, Grundstückseigentümer, Bauherren, Architekten, Bauunternehmer), beispielsweise

- zur Gewässerunterhaltung,
- zur Minimierung des Versiegelungsgrads,
- zur Rückhaltung von Niederschlagswasser,
- zur Hochwasser- und Überflutungsvorsorge

Entwicklung integrierter Lösungsansätze für ein nachhaltiges Wassermanagement

Intention/Hintergrund

- Ausschöpfung von Synergiepotenzialen und Bündelung von Ressourcen

Maßnahmenoptionen/Realisierungsoptionen

Einrichtung eines regelmäßig tagenden, sektorübergreifend zusammengesetzten Gremiums („Runder Tisch“) zur Ideenfindung und Diskussion integrierter Lösungsansätze

Erarbeitung und Umsetzung integrierter Konzepte und Maßnahmen mit Synergieeffekten für Wasserwirtschaft, Ökosystemschutz, Landwirtschaft und Tourismus/Naherholung (wie z. B. beim Entwicklungskonzept Großes Meer)

verstärkte verbandsübergreifende Zusammenarbeit der benachbarten Entwässerungsverbände (Emden, Norden, Oldersum, Aurich), z. B. im Hinblick auf die Erstellung abgestimmter Generalpläne zur künftigen Ausgestaltung der Entwässerungssysteme



Grafiknachweise

Grafik 2 & 3: I. Entwässerungsverband Emden (Hrsg.) (2004): 125 Jahre I. Entwässerungsverband Emden. S. 19 & 25

Grafik 4, 5 & 10: I. Entwässerungsverband Emden (o. J.): Der I. Entwässerungsverband Emden – Gestern. Heute. Morgen. S. 10, 15 & 9

Grafik 11: bildungsserver.hamburg.de (Darstellung nach IPCC (2013))



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages