

Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten | Band 3

Wenn das Wasser von beiden Seiten kommt

– Bausteine eines Leitbildes zur Klimaanpassung
für **ELMSHORN** und Umland

Edgar Nehlsen, Lisa Kunert, Peter Fröhle, Jörg Knieling (Hrsg.)



KLIMZUG-NORD

Strategische Anpassungsansätze
zum Klimawandel in der Metropolregion Hamburg

Wenn das Wasser von beiden Seiten kommt
– Bausteine eines Leitbildes zur Klimaanpassung
für Elmshorn und Umland

Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 3

Edgar Nehlsen, Lisa Kunert,
Peter Fröhle, Jörg Knieling
(Hrsg.)

TuTech Verlag, Hamburg

Impressum:

Nehlsen, Edgar; Kunert, Lisa; Fröhle, Peter; Knieling, Jörg (Hrsg.) (2014): Wenn das Wasser von beiden Seiten kommt – Bausteine eines Leitbildes zur Klimaanpassung für Elmshorn und Umland. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 3.

TuTech Verlag
TuTech Innovation GmbH
Harburger Schloßstr. 6-12
21079 Hamburg



Tel.: +49 40 76626-6121
E-Mail: verlag@tutech.de
www.tutechverlag.de

ISBN: 978-3-941492-69-1

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01LR0805A gefördert.
Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Diese Veröffentlichung wurde ermöglicht durch
die Förderfonds der Metropolregion Hamburg.

Herausgeber: Nehlsen, Edgar; Kunert, Lisa; Fröhle, Peter; Knieling, Jörg

Druck: Lehmann
Offsetdruck GmbH
Gutenbergring 39
22848 Norderstedt

Papier: Circle matt White
100 % Altpapier

Layout: TuTech Agentur
Harburger Schloßstr. 6-12
21079 Hamburg
www.tutech.de/agentur

Nachdruck, Vervielfältigung, Speicherung oder Übertragung in elektronische, optische, chemische oder mechanische Datenhaltungs- oder -verwertungssysteme sind – auch auszugsweise – ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung von TuTech Innovation GmbH verboten.

Die Verwertung von Informationen aus dem Band 3 „Wenn das Wasser von beiden Seiten kommt – Bausteine eines Leitbildes zur Klimaanpassung für Elmshorn und Umland. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten“ zum Zweck der gewerblichen Informationsvermittlung ist nicht zulässig.

Alle Rechte vorbehalten.
© TuTech Innovation GmbH

Vorwort	1
Zusammenfassung	3
Summary	9

1	Klimaanpassung in Elmshorn und Umland	15
----------	--	-----------

2	Das KLIMZUG-NORD Modellgebiet Elmshorn und Umland	17
	<i>Lisa Kunert, Nancy Kretschmann, Edgar Nehlsen, Elke Kruse, Marita Linde, Katharina Klindworth, Martin Krekeler, Peter Hoffmann</i>	

2.1	Das Einzugsgebiet der Krückau	18
2.2	Die Krückau	19
2.3	Die Stadt Elmshorn, Ober- und Unterlieger	20
2.4	Ober- und Unterlieger	21
2.5	Akteure	21
2.6	Hochwasser und Überflutungen im Modellgebiet	24
2.6.1	Ursachen von Hochwasser und Überflutungen	24
2.6.2	Hochwasserschutz am Unterlauf der Krückau	25
2.6.3	Oberflächenentwässerung	29
2.6.4	Zusammenfassung	32
2.7	Klimaveränderungen in der Region	34

3	Folgen des Klimawandels in der Modellregion: Probleme durch mehr Wasser	41
	<i>Edgar Nehlsen, Elke Kruse</i>	

3.1	Binnenhochwasser	42
3.2	Hohe Tidewasserstände	43
3.3	Kombiniertes Auftreten von Binnenhochwasser und hohen Tidewasserständen	46
3.4	Oberflächenentwässerung	49
3.5	Zusammenfassung	50

4	Anpassung an den Klimawandel in der Modellregion: Maßnahmen für den Umgang mit mehr Wasser	53
	<i>Edgar Nehlsen, Elke Kruse, Giovanni Palmaricciotti</i>	

4.1	Weniger Wasser für den Fluss	54
4.1.1	Versickerung von Niederschlagswasser	55
4.1.2	Reaktivierung und Ausbau des ehemaligen Grabensystems	56
4.1.3	Dachbegrünung	57
4.1.4	Multifunktionale Flächen	60
4.1.5	Zwischenspeicherung in der Marsch	63
4.1.6	Erhöhung der Leistung der Pumpen im Sperrwerk	65
4.2	Mehr Raum für den Fluss	65
4.2.1	Vor dem Deich: Sperrwerkssteuerung	65
4.2.2	Vor dem Deich: Vorlandabgrabung	66
4.3	Zusammenfassung und vorläufige Bewertung	68

5	Sensibilisieren und Beteiligen in der Modellregion: Methoden	71
	<i>Martin Krekeler, Birgit Hohberg, Lothar Hartmann, Jörg Knieling</i>	
5.1	Akteure der Modellregion	72
5.2	Lern- und Aktionsallianz	77
5.3	Online-Diskurs www.elmshorn-klimaanpassung.de	83
5.4	Geocaching: Auf den Spuren der Klimaanpassungsforschung	85
5.5	Die Klimanovellen: Chancen für eine offene Wissenschaftskommunikation	86
5.6	Zusammenfassung	88
6	Bewertung von informellen Instrumenten für eine klimaangepasste Modellregion	89
	<i>Martin Krekeler</i>	
6.1	Informelle Instrumente	90
6.2	Zusammenfassung	96
7	Leitbilder als informelle Instrumente der Raumentwicklung	97
	<i>Nancy Kretschmann, Jörg Knieling</i>	
7.1	Warum ein Leitbild zur Anpassung an den Klimawandel?	98
7.2	Inhaltliche Bestandteile eines guten Leitbilds zur Klimaanpassung	99
7.3	Maßnahmen zur Erstellung eines klimaangepassten Leitbildes für das Modellgebiet Elmshorn und Umland	101
7.4	Zusammenfassung	102
8	Zusammenfassung der zentralen Aussagen und Handlungsempfehlungen	103
8.1	Was sind die wesentlichen Ergebnisse?	104
8.2	Handlungsempfehlungen	106
	Glossar	110
	Abbildungsverzeichnis	113
	Tabellenverzeichnis	115
	Literaturverzeichnis	115
	Internetquellen	121
	Weitere Quellen	122
	Geocaches	124
	Beteiligte Autorinnen und Autoren und Institutionen	128

Vorwort

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die zukünftige Entwicklung von Regionen werden vielfältig sein und können sowohl positive als auch negative Aspekte beinhalten. Ausgewählte Fragestellungen, welche für die zukünftige Entwicklung der Metropolregion Hamburg relevant sind, wurden im Rahmen des Vorhabens KLIMZUG-NORD adressiert. Im Einzelnen sind dies

- I. das Ästuarmanagement,
- II. die integrierte Stadt- und Raumentwicklung und
- III. die Zukunftsfähigkeit der Kulturlandschaften in der Metropolregion Hamburg.

Im KLIMZUG-NORD Verbund wurden hierbei innerhalb der Metropolregion Hamburg mehrere Modellgebiete definiert, in denen auf der Grundlage inter- und transdisziplinärer Ansätze und unter Einbeziehung des vor Ort vorhandenen gebietsspezifischen gesellschaftlichen und technischen Know-hows der lokalen Praxispartner Ansätze zur Anpassung an den Klimawandel für spezifische Fragestellungen entwickelt wurden. Im Falle des Modellgebiets Elmshorn ist dies im Wesentlichen die Frage nach dem zukünftigen Umgang mit dem Wasser in der Stadt.

Das Mittelzentrum Elmshorn liegt westlich Hamburgs in der Metropolregion Hamburg direkt an der Krückau, einem tidebeeinflussten Nebenfluss der Elbe, am Übergang vom vergleichsweise hoch gelegenen Geestrücken Schleswig-Holsteins zur Marschniederung in dem von der Entwicklung der Elbe geprägten Urstromtal der Elbe. Der Name des vorliegenden Berichts „Wenn das Wasser von beiden Seiten kommt - Bausteine eines Leitbildes zur Klimaanpassung für Elmshorn und Umland“ zeigt deutlich die hieraus resultierenden Konsequenzen für Elmshorn. Das Wasser kann sowohl als Folge von Sturmfluten als Rückstau über die Elbe und den Tidebereich der Krückau bis nach Elmshorn kommen als auch als Folge von Starkniederschlägen im Einzugsgebiet der Krückau bzw. in der Stadt Elmshorn selbst anfallen und dann für Überschwemmungen in der Stadt mit den entsprechenden Schäden sorgen. Diese bereits heute akuten Probleme verschärfen sich mit den aus dem Klimawandel resultierenden Veränderungen der Sturmfluten einerseits und der Starkniederschläge andererseits und können ohne entsprechende technische und / oder administrative Anpassungsmaßnahmen zukünftig dafür sorgen, dass Teilbereiche Elmshorns und des Umlandes nicht mehr als Wohngebiete, für die öffentliche Infrastruktur oder als Raum für Gewerbe und Industrie genutzt werden können.

Im Vorhaben KLIMZUG-NORD wurde die Frage nach dem zukünftigen Umgang mit dem Wasser in der Stadt Elmshorn von einem interdisziplinären Projektteam bestehend aus Meteorologen, Sozialwissenschaftlern, Stadt- und Regionalplanern, Freiraumplanern, Siedlungswasserwirtschaftlern sowie Wasserbauingenieuren analysiert und bewertet, und es wurden in der Tiefe von grundsätzlich möglichen technischen und administrativen Maßnahmen Lösungsmöglichkeiten erarbeitet. Diese wurden im Dialog mit lokalen Praxispartnern u.a. in fünf Lern- und Aktionsallianzen entwickelt und in sieben Handlungsempfehlungen zusammengefasst. Hierbei wurde insbesondere deutlich, dass die vor Ort handelnden Akteure die Brisanz des Themas „Anpassung an den Klimawandel“ erkannt und verinnerlicht haben und auch für zukünftige Planungen und Entwicklungen in der Stadt berücksichtigen.

Die Koordination der Arbeiten im Modellgebiet Elmshorn wurde in einer Kooperation der Technischen Universität Hamburg-Harburg (TUHH) mit der HafenCity Universität Hamburg (HCU) sowie der TuTech Innovation GmbH (TuTech) als Gesamtkoordinator von KLIMZUG-NORD durchgeführt. Stellvertretend für die vielen Mitarbeiter und helfenden Hände wird an dieser Stelle das besondere Engagement von Herrn Dipl.-Ing. Edgar Nehlsen vom Institut für Wasserbau der TUHH sowie von Frau Dipl.-Ing. Lisa Kunert vom Fachgebiet Stadtplanung und Regionalentwicklung der HCU und insbesondere von Herrn Jürgen Becker von der TuTech gewürdigt. Alle am Projekt beteiligten Partner und Wissenschaftler sind im Anhang des Berichts verzeichnet. Auch ihnen vielen Dank für die Mitarbeit und den wertvollen Input zur Erarbeitung der Projektergebnisse.

Das Vorhaben wurde wie der gesamte Verbund KLIMZUG-NORD maßgeblich initiiert von meinem Vorgänger Prof. Dr.-Ing. E. Pasche, der am 1. Dezember 2010 plötzlich verstarb. Er hat vieles vorgedacht und ohne seine Impulse wäre das gesamte Vorhaben kaum möglich gewesen.



Hamburg im Juni 2014
Prof. Dr.-Ing. Peter Fröhle
Institut für Wasserbau
Technische Universität Hamburg-Harburg

Zusammenfassung

Zu den absehbaren Auswirkungen des Klimawandels zählen in Deutschland neben Extremwetterereignissen auch schleichende Veränderungen wie der Temperaturanstieg und die jahreszeitliche Veränderung der Niederschlagsmuster. Städte betreffen diese Klimawirkungen aufgrund der hohen Konzentration von Einwohnern, Gebäuden und Infrastrukturen in einem besonderen Maße. So führen hydrologische Veränderungen, wie der ansteigende Meeresspiegel, vermehrte Starkregenereignisse und die veränderten jahreszeitlichen Niederschlagsmuster zu Überschwemmungen und gefährden in Küsten- und Flussnähe gelegene Siedlungsbereiche.

Das Modellgebiet Elmshorn und Umland umfasst das Einzugsgebiet des Flusses Krückau. Die Stadt Elmshorn steht für den Raumtyp Mittelzentrum im Umland einer Großstadt und ist gekennzeichnet durch eine sehr hohe Bebauungsdichte mit starker Versiegelung, die unmittelbare Lage an der Krückau sowie die Nähe zur Elbe. In der Vergangenheit kam es vor allem in Elmshorn immer wieder zu Hochwasser entlang der Krückau und lokalen Überflutungen innerhalb des Stadtgebietes. Die Ursache liegt in der Exposition der Stadt am Übergang von der höher gelegenen Geest zur tiefliegenden Marsch. Dadurch droht Hochwassergefahr sowohl bei hohen Binnenabflüssen aus dem Einzugsgebiet der Krückau als auch bei Sturmfluten in der Elbe. Beide Arten von Hochwasser können Überflutungen verursachen: entweder direkt durch Ausuferung entlang des Flusses oder indirekt, indem die hohen Wasserstände in der Krückau das Wasser aus der Regenkanalisation daran hindern abzufließen. Als Folge kommt es zu einem Rückstau. Gleichzeitig ist das Schadenspotential durch die dichte Besiedlung besonders hoch. Aufgrund des erwarteten Bevölkerungswachstums steigt der Druck, zukünftig weitere Flächen zu bebauen bzw. neue Baugebiete auszuweisen, wodurch das Schadenspotential noch vergrößert und gleichzeitig Flächen, die zum Rückhalt von Regenwasser genutzt werden können, reduziert werden.

Die beidseitige Bedrohung durch Hochwasser aus dem Einzugsgebiet und durch Sturmfluten aus der Elbe sowie das Fehlen geeigneter Flächen für den Rückhalt, erschweren die Planung und Umsetzung effizienter und effektiver Anpassungsmaßnahmen. Eine wirkungsvolle Reduktion der Hochwasser- und Überflutungsgefahr kann nur im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung auf Einzugsgebietsebene erfolgen. Hierzu ist eine Kooperation mit den Umlandgemeinden unbedingt notwendig. Ziel von KLIMZUG-NORD war es, auf das Thema Klimawandel und die Notwendigkeit zum Handeln aufmerksam zu machen

und Anpassungsansätze zu entwickeln. Dabei hat die Projektgruppe sowohl die regionale Ebene, insbesondere die Stadt-Umland-Kooperation, als auch verschiedene Gebiete innerhalb der Stadt in den Fokus genommen.

Im Modellgebiet arbeiteten aus dem KLIMZUG-NORD Verbund die Technische Universität Hamburg-Harburg (Wasserbau), die HafenCity Universität Hamburg (Stadtplanung und Regionalentwicklung, Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung, die Universität Hamburg (Geowissenschaften, Meteorologisches Institut), die Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg und die TuTech Innovation GmbH (Social Media & Open Innovation) zusammen. Ein Schwerpunkt der Arbeit lag auf der wissenschaftlichen Quantifizierung von durch den Klimawandel verursachten Problemen, speziell im Bereich Starkniederschläge und Überflutungen sowie in der Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen. In diesem Zusammenhang wurden sowohl raumspezifische als auch übertragbare Lösungen entwickelt. Dabei bestand eine enge Zusammenarbeit mit Vertretern der Stadt Elmshorn (Amt für Stadtentwicklung und Umwelt, Stadtentwässerung etc.) und der Fachöffentlichkeit (Küsten- und Binnenhochwasserschutz Landesbehörden und Landesbetriebe, Vertreter der unteren Wasserbehörde, Umwelt- und Deichverbände etc.). Außerdem wurde mithilfe von Beteiligungsangeboten (Lern- und Aktionsallianz, qualitative Interviews, Onlinediskurse, Schülerprojekte etc.) untersucht, wie Akteure aus Stadt und Region den Klimawandel wahrnehmen, welche Probleme es heute schon gibt und wie mögliche Strategien und Maßnahmen aussehen könnten.

Die Ziele der Arbeit im Modellgebiet Elmshorn und Umland waren:

- die erwarteten Auswirkungen des Klimawandels insbesondere mit Fokus auf die Folgen von Überflutungen zu quantifizieren und mögliche Ansätze zur Anpassung zu präsentieren,
- alle relevanten Akteure an einen Tisch zu bringen, für die Problematik zu sensibilisieren und für die Zusammenarbeit zu gewinnen,
- gemeinsam Strategien und Maßnahmen zu entwickeln, um Elmshorn und seine Umlandgemeinden an die Veränderungen anzupassen.

Klimatische Veränderungen

In der Studie werden die von den regionalen Klimamodellen REMO und CLM projizierten regionalen Klimaänderungen für den Landkreis Pinneberg betrachtet. Der Fokus liegt dabei auf den Änderungen von Temperatur und Niederschlag. Diese werden im klimatologischen Mittel über einen Zeitraum von 30 Jahren quantifiziert. Als Referenzzeitraum dienen die Jahre von 1971 bis 2000.

Unter der Annahme der Emissionsszenarien B1, A1B und A2 müssen sich Elmshorn und die Umgebung bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts auf steigende Temperaturen einstellen (ca. 1 - 3 °C im Winter und ca. 1 - 1,5 °C im Sommer). Zum Ende des 21. Jahrhunderts ist eine Differenzierung der Simulationsergebnisse auf Grundlage der Szenarien mit vergleichsweise hohen Treibhausgasemissionen A1B und A2 (stärkerer Temperaturanstieg) und auf dem Szenario mit vergleichsweise niedrigen Treibhausgasemissionen B1 (schwächerer Temperaturanstieg) zu erkennen. Je nach zukünftigem Verlauf der Treibhausgasemissionen sind daher für diesen Zeitraum unterschiedlich starke Temperaturanstiege zu erwarten. Die Anzahl von Sommer- und Hitzetagen wird in der Zukunft deutlich ansteigen. Dies deutet auf eine gesteigerte Hitzebelastung am Tag hin. Im zukünftigen Klima steigt die Anzahl der Tropennächte pro Jahr, bleibt aber absolut betrachtet mit 1 - 4 Tagen pro Jahr auch in Zukunft vergleichsweise gering. Mit dem Temperaturanstieg werden gleichzeitig eine Zunahme der Anzahl der Sommertage und eine Abnahme der Frosttage erwartet. Weiterhin müssen sich Elmshorn und Umgebung in der Zukunft auf steigende mittlere Niederschlagssummen einstellen. Diese Zunahme ist vor allem auf zunehmende Niederschlagssummen im Winterhalbjahr zurückzuführen. Für die Sommermonate zeigen einige Simulationen dagegen einen Rückgang. Dieser geht jedoch mit einer Verstärkung der Starkniederschläge einher. In den anderen Jahreszeiten gehen die steigenden Niederschlagssummen mit steigenden Niederschlagsintensitäten in allen Niederschlagsklassen einher, wobei die Intensitäten an Tagen mit hohen Niederschlägen stärker zunehmen als an Tagen mit geringen Niederschlägen. Dauer und Intensität von Niederschlagsereignissen sind die entscheidenden meteorologischen Einflussfaktoren für die Entstehung von Flusshochwassern.

In tidebeeinflussten Gewässersystemen tragen neben hohen Binnenabflüssen auch Sturmfluten zur Entstehung von Hochwassern bei. Diese werden zukünftig durch den Meeresspiegelanstieg und das Windklima über der Nordsee beeinflusst.

Laut UN Klimarat IPCC (2013) ist bis zum Ende des Jahrhunderts von einem globalen Meeresspiegelanstieg von 0,2 bis 0,8 m auszugehen, wobei nach Pfeffer et al. (2008) ein höherer Anstieg bis 2 m zwar wenig wahrscheinlich, aber nicht auszuschließen ist. Für die Nordsee liegen bisweilen nur wenige Untersuchungen zum Anstieg des mittleren Meeresspiegels vor. Vellinga et al. (2009) geben z.B. für die niederländische Küste einen Anstieg von maximal 1,15 m bis zum Ende des Jahrhunderts an.

Bislang konnte noch keine zunehmende Sturmintensität und -häufigkeit an der norddeutschen Küste beobachtet werden. Langfristig weisen Klimamodelle aber auf eine Zunahme von Starkwinden aus westlichen und nördlichen Richtungen über der Nordsee hin. Starker Wind aus westlichen Richtungen führt zu Sturmfluten in der Elbe.

Folgen der Klimaänderungen für den Hochwasser- und Überflutungsschutz

Es ist zu erwarten, dass steigende Niederschlagsmengen und -intensitäten sowie ein steigender mittlerer Meeresspiegel die Wahrscheinlichkeit von Hochwasser und Überflutungen im Einzugsgebiet der Krückau erhöhen. Im Rahmen der Studie werden die zu erwartenden Abflussänderungen in der Krückau auf der Grundlage von Niederschlag-Abfluss-Simulationen untersucht. Als Eingangsdaten dienen die projizierten regionalen Klimaänderungen des regionalen Klimamodells REMO. Für den Krückau-Pegel an der A23, der sich einige Kilometer flussaufwärts von Elmshorn befindet, ergeben die Niederschlag-Abfluss-Simulationen Bandbreiten möglicher Änderungen für Hochwasserabflüsse. Die Bandbreiten entstehen durch die Berücksichtigung verschiedener Projektionen. Für ein Hochwasser mit einem Wiederkehrintervall von zehn Jahren (HQ10), welches für die Auslegung von Hochwasserschutzmaßnahmen unterhalb von Elmshorn relevant ist, ergibt sich eine Bandbreite von -20 % bis +15 % (2000 - 2050) und -5 % bis +25 % (2050 - 2100). Für ein Hochwasser mit einem Wiederkehrintervall von einhundert Jahren (HQ100), welches für die Auslegung von Hochwasserschutzmaßnahmen oberhalb der Stadt relevant ist, ergibt sich eine Bandbreite von -35 % bis +5 % (2000 - 2050) und -25 % bis +30 % (2050 - 2100).

Auf der Grundlage einer Sensitivitätsstudie mit einem hydrodynamisch-numerischen Modell des Elbe-Ästuars werden die Auswirkungen eines steigenden mittleren Meeresspiegels in der Nordsee auf Wasserstände und Strömungen im Elbe-Ästuar untersucht. Bei den Tidekennwerten zeigt sich, dass das mittlere Tidehochwasser (MThw) stärker ansteigt als der mittlere Meeresspiegel in der Nordsee, während der Anstieg des mittleren Tideniedrigwassers (MTnw) geringer ist als der mittlere Anstieg in der Nordsee. Ein Anstieg des mittleren Meeresspiegels in der Nordsee um 0,8 m führt im Bereich der Krückau-Mündung zu einem Anstieg des MThw um 0,9 m und des MTnw um 0,7 m. Unter Beibehaltung des aktuellen Schließwasserstandes würde bereits ein Anstieg von 0,25 m zu einer Verdopplung der Anzahl der Schließungen des Krückau-Sperrwerks führen. Zur Entwässerung der tief liegenden Gebiete im Deichhinterland der Krückau müssen mit steigendem Meeresspiegel immer größere Förderhöhen überwunden werden. Die Entwässerung des Stadtgebietes von Elmshorn, die derzeit noch größtenteils über das freie Gefälle erfolgt, wird durch steigende Wasserstände zunehmend beeinträchtigt.

Der maßgebende Wasserstand für den Hochwasserschutz im Unterlauf ergibt sich für den Extremlastfall, der eine Kombination einer Sperrwerksschließung über 2 Tnw mit einem HQ10 aus dem Einzugsgebiet bei maximalem Schöpfwerksbetrieb vorsieht.

Für den heutigen und zukünftigen Hochwasserschutz an der Krückau sind zwei zentrale Fragen von Bedeutung:

1. Welches Wiederkehrintervall hat ein solches Ereignis unter heutigen Rahmenbedingungen und unter möglichen zukünftigen Rahmenbedingungen?
2. Welche Wasserstände treten unter heutigen Rahmenbedingungen und unter möglichen zukünftigen Rahmenbedingungen auf?

Das Wiederkehrintervall des geschilderten Extremlastfalls wurde unter Annahme der heute vorherrschenden Rahmenbedingungen zu über 5000 Jahren bestimmt, was als äußerst selten zu beurteilen ist. Ein steigender Meeresspiegel führt zu deutlich kleineren Wiederkehrintervallen. Für einen Meeresspiegelanstieg um 0,8 m beträgt das Wiederkehrintervall noch 2000 Jahre, für einen Anstieg um 2 m nur noch 100 Jahre.

Der maximale zu erwartende Wasserstand in der Krückau im Extremlastfall wurde mithilfe eines hydrodynamisch-numerischen Modells der Krückau ermittelt. Unter heutigen Bedingungen ist ein Wasserstand von ca. 3,2 m ü. NN zu erwarten. Eine Zunahme des Binnenabflusses um 10 % führt zu einem verhältnismäßig geringen Anstieg des Wasserstandes um 0,07 m. Dieser setzt sich linear fort, sodass für eine Binnenabflusszunahme von 50 % mit einem Anstieg des Wasserstandes von etwa 0,35 m zu rechnen ist. Der Meeresspiegelanstieg hat nur einen geringen Einfluss auf den Wasserstand im Extremlastfall. Die aus ihm resultierenden höheren Wasserstände führen allerdings dazu, dass die Wahrscheinlichkeit, dass der Extremlastfall eintritt, deutlich ansteigt.

Die großen Vorlandflächen im Bereich der Krückau-Mündung spielen eine wesentliche Rolle für den Hochwasserschutz. Nachdem der Wasserstand in der Krückau die dortige Geländehöhe (ca. 2,5 m ü. NN) überschritten hat, steht die ca. 4,3 km² große Fläche für die Speicherung des zufließenden Wassers zur Verfügung. Dadurch wird der Anstieg des Wasserstandes pro zufließendem Kubikmeter deutlich verringert.

Maßnahmen zur Anpassung: Reduzierung der Hochwassergefahr

Die negativen Folgen des Klimawandels für den Hochwasserschutz am Unterlauf der Krückau können durch verschiedene Maßnahmen reduziert oder kompensiert werden. KLIMZUG-NORD hat zwei Strategien entwickelt, um das Modellgebiet Elmshorn und Umland an die Folgen des Klimawandels anzupassen. Beide Strategien dienen hauptsächlich der Reduzierung der Hochwasser- und Überflutungsgefahr durch die Absenkung des Wasserstandes.

Eine Form der Anpassung sieht vor, Maßnahmen umzusetzen, die den Abfluss von Niederschlagswasser in die Krückau reduzieren. Dadurch werden der Hochwasserabfluss und der damit verbundene Anstieg des Wasserstandes verringert. Die andere Form der Anpassung sieht vor, das Speichervolumen der Krückau zu vergrößern, wodurch ebenfalls der Anstieg des Wasserstandes reduziert wird. Derartige Maßnahmen können vor allem im Bereich der Marsch unterhalb von Elmshorn sinnvoll realisiert werden, während Maßnahmen zur Abflussreduktion in allen Bereichen des Modellgebietes möglich sind.

Strategie 1: Weniger Wasser für den Fluss

- **Maßnahme 1: Versickerung von Niederschlagswasser**

Im oberen Einzugsgebiet könnte eine 25-prozentige Teilentsiegelung der derzeit versiegelten Flächen zu einer Reduktion des Hochwasserabflusses am Pegel A23 (Autobahn A23) um etwa 5 % führen. Im Stadtgebiet von Elmshorn könnte durch Rückhalt von 25 % des direkt abfließenden Niederschlagswassers eine weitere Reduktion des Hochwasserabflusses um 10 % erzielt werden. Da in großen Bereichen des Stadtgebietes keine Versickerung möglich ist, muss der Rückhalt durch andere Maßnahmen, z.B. Maßnahme 2, 3 und 4 (siehe unten), erfolgen. Insgesamt könnte durch die Maßnahme der Wasserstand im Extremfall um etwa 0,1 m reduziert werden.
- **Maßnahme 2: Reaktivierung und Ausbau des ehemaligen Grabensystems**

Die Wiederherstellung bzw. Neuanlage des vernetzten Grabensystems kann zusätzliches Retentionsvolumen für anfallendes Niederschlagswasser schaffen und dient dazu, die Entwässerung der Bestandsquartiere an veränderte Niederschlagsmuster anzupassen.
- **Maßnahme 3: Begrünung von Flachdächern bzw. flach geneigten Dächern**

Dachbegrünung bietet die Chance, Regenwasser in einer ein- oder mehrschichtigen, mit Moosen, Gräsern, Stauden, Sträuchern oder Gehölzen bewachsenen Dachauflage vorübergehend zu speichern. So kann ein Teil des Regenwassers verdunsten und anschließend das überschüssige Wasser zeitverzögert in die Kanalisation oder die Krückau abfließen. Insbesondere die Industriegebiete in Elmshorn bieten ein großes Potenzial, Dachbegrünung umzusetzen.
- **Maßnahme 4: Multifunktionale Nutzung von Freiflächen und Straßenräumen zur Zwischenspeicherung von Regenabflüssen**

Die multifunktionale Nutzung von Flächen im öffentlichen Raum bietet die Möglichkeit, im Falle eines Starkregens Niederschlagswasser temporär zu speichern bzw. zurückzuhalten. Dies kann auf öffentlichen Freiräumen wie Grünanlagen, Spiel- und Sportplätzen sowie Straßen und Parkplätzen geschehen. Dabei wird das Überschusswasser kontrolliert auf Straßen, Wegen und weiteren liniartigen Infrastruktur-Elementen gesammelt und – soweit möglich – auf Freiflächen bzw. anderen geeigneten Flächen (wie z.B. Spiel- und Sportplätzen) zur temporären Rückhaltung geleitet. So kann die umliegende Bebauung vor Überflutungen geschützt und der Regenwasserabfluss in die Kanalisation oder die Krückau reduziert werden.
- **Maßnahme 5: Zwischenspeicherung in der Marsch**

Auch im Bereich der Marsch können Flächen zur Zwischenspeicherung von Niederschlagswasser genutzt werden, wobei die ursprüngliche landwirtschaftliche Hauptnutzung erhalten bleibt. Die Kapazitäten zur Zwischenspeicherung müssen lediglich im Fall einer langen Sperrdauer des Sperrwerks, der unmittelbar ein Starkregenereignis vorausging, in Anspruch genommen werden. In diesem seltenen Fall wird das Niederschlagswasser, welches normalerweise von den Schöpfwerken in die Krückau gepumpt wird, auf die Flächen geleitet bzw. durch Unterschöpfwerke gepumpt. Mini-Deiche von etwa 1 m Höhe verhindern die unkontrollierte Ausbreitung. Durch den reduzierten Zustrom von Wasser über die Schöpfwerke verringert sich der Anstieg des Wasserstandes in der Krückau. Nach Wiederöffnung des Sperrwerks wird das Wasser dann wie gewohnt in die Krückau gepumpt. Wird hinter jedem Schöpfwerk ausreichend Raum für die Zwischenspeicherung vorgesehen, könnte der Wasserstand in der Krückau im Extremfall um ca. 0,4 m reduziert werden. Bei Annahme einer maximalen Einstautiefe von 0,75 m und den heutigen Schöpfwerksleistungen wird dafür eine Fläche von ca. 3 km³ benötigt.
- **Maßnahme 6: Betrieb der Pumpen im Sperrwerk**

Eine weitere Möglichkeit, den Anstieg des Wasserstandes zu verringern, liegt in der Erhöhung der Leistung der Pumpen, die in das Sperrwerk integriert sind. Pro 10 m³/s Pumpleistung könnte eine Absenkung des Wasserstandes im Extremfall um 0,2 m erzielt werden.

Strategie 2: Mehr Raum für den Fluss

- **Maßnahme 1: Optimierung der Sperrwerkssteuerung**
Das Sperrwerk könnte dazu genutzt werden, mehr Stauraum zur Speicherung des Oberwassers zu schaffen, indem die Schließung bei niedrigeren Wasserständen als bisher erfolgt. Durch Schließung bei Strömungskenterung, also etwa eine Stunde nach Tnw könnte im Extremlastfall eine Reduktion des Wasserstandes in der Krückau um ca. 0,1 m erzielt werden.
- **Maßnahme 2: Vorlandabgrabung**
Durch die Abgrabung der Vorländer könnte vor dem Deich neues Speichervolumen generiert werden. Die Absenkung der Geländehöhen im Mündungsbereich, wo große Vorlandflächen existieren, um einen Meter würde im Extremlastfall zu einer Reduktion des Wasserstandes in der Krückau um ca. 0,2 m führen.
- **Maßnahme 3: Überlaufpolder**
Hinter der bestehenden Deichlinie ist das Potenzial zur Stauraumvergrößerung deutlich größer als von der Deichlinie. Hier können Überlaufpolder im Ober- oder Unterlauf angelegt werden, deren Befüllung erst ab einem definierten Wasserstand in der Krückau beginnt. Diese Überlaufhöhe sollte möglichst hoch gewählt werden, um eine möglichst effektive Ausnutzung der Flächen zu erzielen und zudem ein häufige Überflutung der Flächen zu vermeiden. Dadurch können diese weiterhin landwirtschaftlich genutzt werden. Gleichzeitig sollte die Überlaufhöhe so niedrig gewählt werden, dass schadhafte Überflutungen in gefährdeten Bereichen, z.B. im Elmshorner Hafen, vermieden werden. Aus den genannten Gesichtspunkten liegt eine sinnvolle Überlaufhöhe im Bereich von 2,4 m ü. NN. Die erforderliche Polderfläche hängt vom angesetzten Binnen- und Schöpfwerkszufluss ab. Unter heutigen Rahmenbedingungen wären ca. 1,0 km² erforderlich, bei einer Zunahme des Binnen- und Schöpfwerkszuflusses um 50 % würde sich der Flächenbedarf auf ca. 2,0 km² erhöhen.

Instrumente zur Anpassung: Partizipation und Kooperation

Die Stadt Elmshorn kann aufgrund der Verflechtungen im Einzugsgebiet die in ihrem Gebiet auftretenden Probleme nur bedingt selbst beeinflussen und ist auf die Zusammenarbeit mit ihren Umlandgemeinden angewiesen. Die Betrachtung von natürlichen Funktionsräumen macht diese übergreifende Perspektive und die Zusammenarbeit über Verwaltungsgrenzen hinweg erforderlich. Durch verschiedene Beteiligungsprozesse wurden Akteure und die Öffentlichkeit sensibilisiert und über Hintergründe und Chancen informiert. Es wurden gemeinsam mit Verwaltung, Politik und Bürgern mögliche Klimafolgen aufgezeigt und Lösungen sowie Wege der Umsetzung diskutiert.

Lern- und Aktionsallianzen

Lern- und Aktionsallianzen stellen eine Form der Zusammenarbeit zwischen verschiedenen, von einer komplexen Problemlage betroffenen Akteuren dar. Ziel ist es, durch den Informationsaustausch zwischen den Akteuren eine gemeinsame Wissensbasis zu schaffen und innovative Problemlösungen zu erarbeiten. Charakteristisch sind dabei der Bezug auf konkrete Lösungsmöglichkeiten und der Einbezug von Akteuren aus der Praxis. Diese Form der Zusammenarbeit bietet die Chance, durch den Austausch zwischen Forschung und Praxis gemeinsam zu lernen und konkrete Probleme durch den Austausch von theoretischem Wissen und praktischen Erfahrungen zu lösen.

In Elmshorn bestand die LAA aus fünf Veranstaltungen von Juni 2012 bis Juli 2013 für einen festgelegten Teilnehmerkreis aus der Fachöffentlichkeit der lokalen und regionalen Ebene. Kontinuierlich teilgenommen haben Vertreter der für den Küsten- und Binnenhochwasserschutz zuständigen Landesbehörden: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und Ländliche Räume (LLUR) und Landesbetrieb Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz (LKN), Mitarbeiter des Kreises Pinneberg als Vertreter der unteren Wasserbehörde und Mitarbeiter des Amtes für Stadtentwicklung und Umwelt der Stadt Elmshorn und der Stadtentwässerung Elmshorn. Darüber hinaus waren unregelmäßig Vertreter von Umwelt- und Deichverbänden, des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg und Bürgermeister einzelner Umlandgemeinden anwesend. Thematisch stand der Umgang mit steigenden Hochwasserrisiken infolge des Klimawandels als ein zentrales Handlungsfeld der Klimaanpassung in der Modellregion im Mittelpunkt.

Experteninterviews

Experteninterviews gaben Auskunft zu Fragen der bestehenden Zusammenarbeit, der Organisation und möglicher Regelungsformen mit Blick auf die Klimaanpassung.

Online-Diskurs

Zur Evaluation der raumspezifischen Lösungen und zur Bewertung der Interviewergebnisse fand im Herbst 2012 ein Online-Diskurs statt.

Schülerprojekt

In Kooperation mit der Stadtteilschule Lurup fand ein Schülerprojekt statt, in welchem gemeinsam mit Schülern und Schülerinnen eine Geocaching Route zum Thema „Auf den Spuren der Klimaanpassungsforschung“ erarbeitet wurde.

Klimanovelle

In Zusammenarbeit mit dem Department Design der HAW Hamburg entstand eine Klimanovelle „Chancen für eine offene Wissenschaftskommunikation“.

Fazit

Die Kooperation von Akteuren verschiedener räumlicher (Verwaltungs-) Einheiten ist zur Erarbeitung von übergreifenden Anpassungsmaßnahmen dringend erforderlich. Die großräumige Perspektive unter Betrachtung des Wassereinzugsgebietes der Krückau macht die Zusammenarbeit über Verwaltungsgrenzen hinweg erforderlich. Insbesondere der vorbeugende Hochwasserschutz in Form der Flächenvorsorge benötigt eine Kooperation der Stadt Elmshorn auf regionaler Ebene mit den Ober- und Unterliegern der Krückau. Dadurch kann die zukünftige Siedlungsentwicklung mit dem Flächenbedarf des vorbeugenden Hochwasserschutzes auf Einzugsgebietsebene koordiniert werden. Die verschiedenen Partizipationsverfahren haben dazu beigetragen, auf das Thema aufmerksam zu machen und lokales Wissen zu dokumentieren. Es wurden innovative Instrumente erprobt und neue Medien eingesetzt, um eine breite Öffentlichkeit zu erreichen. Abschließend wurde diskutiert, was notwendig ist, um auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse einen Prozess zur Entwicklung eines Leitbildes zur Klimaanpassung anzustoßen und umzusetzen.

Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen, der Beteiligungsformate sowie die gemeinsam erarbeiteten Handlungsempfehlungen wurden am Ende der Arbeit im Modellgebiet vorgestellt und Empfehlungen zur weiteren Arbeit gegeben.

Empfehlungen

Eine effektive und effiziente Anpassung an die Folgen des Klimawandels kann nur koordiniert auf Einzugsgebietsebene stattfinden. Dazu sollte der Kommunikationsprozess zwischen den Gemeinden fortgeführt werden und eine integrierte Betrachtung der umzusetzenden Maßnahmen erfolgen.

Empfehlung 1: Anpassungsmaßnahmen auf den Hochwasserschutz konzentrieren

Um Anpassungsmaßnahmen erfolgreich umzusetzen, ist es nötig, sich auf konkrete Handlungsfelder zu fokussieren. Der Aspekt der Reduzierung des Hochwasserrisikos sollte im Modellgebiet Elmshorn und Umland mit Vorrang behandelt werden.

Empfehlung 2: Bestehende Defizite beheben

Der Hochwasserschutz an der Krückau weist bereits heute Defizite auf. Die nordwestliche Innenstadt ist nur durch eine Geländekante, deren Höhe deutlich niedriger ist als die auslaufende Deichlinie, geschützt. Außerdem fehlt in der Modellregion ein integriertes Hochwasserschutzkonzept, welches den Umgang mit Flusshochwasser und mit der Regenentwässerung (aus städtischem Gebiet und aus der Marsch) behandelt.

Empfehlung 3: Kontinuität und Weitblick sicherstellen

Die Folgen des Klimawandels werden u.U. erst in einigen Jahrzehnten sichtbar. Die Anpassung ist ein kontinuierlicher und langwieriger Prozess, der proaktives Handeln erforderlich macht.

Empfehlung 4: Anpassungsmaßnahmen im gesamten Einzugsgebiet umsetzen

Um eine effektive und effiziente Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu erreichen, sollten Maßnahmen im gesamten Einzugsgebiet in Betracht gezogen werden. Die empfohlenen Strategien „Weniger Wasser für den Fluss“ und „Mehr Raum für den Fluss“ sind als gleichwertig anzusehen und sollten beide verfolgt werden.

Empfehlung 5: Informieren und sensibilisieren

Für eine erfolgreiche Anpassung ist es wichtig, alle beteiligten Fachakteure sowie die Öffentlichkeit zu sensibilisieren und in den Prozess einzubinden.

Empfehlung 6: Kooperieren

Da Klimafolgen weder an administrativen Grenzen halt machen, noch nur einzelne Personengruppen oder Sektoren betreffen, können erfolgreiche Lösungen nur über ein gemeinsames Handeln umgesetzt werden. Dabei muss der Ort der Anpassung nicht identisch mit dem Gefahrengebiet sein. Um die Klimaanpassungsmaßnahmen insbesondere im Handlungsfeld Hochwasserschutz umzusetzen, ist deshalb eine Einbindung aller Akteure im Einzugsgebiet der Krückau wichtig.

Empfehlung 7: Koordinierungsstelle Klimaanpassung einrichten

Das Interessenspektrum bei der Vielzahl an Gemeinden und Akteuren ist groß. Eine übergeordnete Koordinationsstelle für die Bearbeitung der Klimaanpassung im Modellgebiet kann bei der Anpassung an den Klimawandel unterstützend und moderierend wirken. Diese könnte zielgruppenspezifischen Informations- und Beteiligungsangebote entwickeln und durchführen sowie den Leitbildprozess koordinieren. Wenn das Wasser von beiden Seiten kommt – Bausteine eines Leitbildes zur Klimaanpassung für Elmshorn und Umland

Summary

Besides the increasing likelihood and intensity of extreme weather events, gradual changes such as rising temperatures and seasonally changing precipitation patterns belong to the uncertain impacts of climate change in Germany when it comes to the extent of their effect (Zebisch et al. 2005, 6ff). In light of the dense population as well as high concentration of buildings and infrastructure, cities are particularly affected by these climate impacts. Indeed, hydrological changes such as rising sea levels, extreme precipitation events and seasonally changing precipitation patterns are leading to floods and are threatening coastal and riverside residential areas. The model area Elmshorn and its environs represent the typology “middle-order centres” that surround a large city. The City of Elmshorn is characterized by a high-building density and impervious ratio and is located in close vicinity to the Krückau and the river Elbe. Due to the exposition of the city between the high-lying geest and low-lying marshland, the city has in the past repeatedly experienced flooding events and high water levels. Consequently, both high levels of runoff from the catchment area as well as storm surges in the river Elbe lead to heightened flood risk which bears particular threat to densely built-up areas. Both events can cause flooding either directly or indirectly. Whereas the former occurs when the river bursts its banks, the latter results from a backlog whereby the high water level of the river Krückau prevents water from the sewer system from flowing into the Krückau. In light of anticipated population growth, the pressure and need to utilize additional areas is increasing. Not only does this result in an increase in the susceptibility to damage, but also leads to a reduction of those areas that may be used to restrain rain water. Alongside the dual threat posed by high water levels in the catchment area and storm surges in the river Elbe, the lack of suitable areas prevents the planning and implementation of efficient and effective adaptation measures. An effective reduction of high water levels and flood risk can only be achieved on the basis of a comprehensive analysis of the entire catchment area. For this purpose, cooperation with surrounding communities is necessary. The key objective of KLIMZUG-NORD resided in raising awareness for climate change and the necessity to react accordingly. To this end, the project group not only focused on the regional level (in particular on cooperation between central cities and their surrounding areas), but also on smaller inner-city “hotspots” such as areas that are particularly threatened by floods as a result of heavy precipitation. As part of the KLIMZUG-NORD consortium, the Technical University of Hamburg-Harburg (hydraulic engineering), the Hafencity University Hamburg (Urban

Planning and Regional Development, Resource Efficiency in Architecture and Planning), the University of Hamburg (Geosciences, Meteorological Institute), the University of Applied Sciences Hamburg and the TuTech worked in the model area.

A key focus of the work was placed on the scientific quantification of problems induced by climate change, in particular on heavy precipitation and flooding as well as on the development of adaptation measures. In this context, both place-specific and transferable solutions were developed. This was achieved in close cooperation with representatives from the City of Elmshorn (Department of Urban Development and the Environment, City Drainage Services etc.) and the professional public (Coastal and Inland Flood Protection, State Authorities and Offices, representatives of the Lower Water Authority, Environmental and Dike Associations etc.). Furthermore, various forms of participation (learning and action alliances, qualitative interviews, online discourses, school projects etc.) were used to analyse how relevant urban and regional stakeholders perceive climate change, which problems already exist today and which potential strategies and measures could address these issues.

The key objectives of the work conducted in the model area Elmshorn were:

- to quantify the anticipated impacts of climate change, with particular focus on the consequences of river and inland flood events, and to present potential adaptation approaches.
- to unite all relevant stakeholders, raise awareness for arising problems and promote cooperation among them.
- to develop common strategies and measures in order to adapt Elmshorn and its surrounding communities to climate changes.

Climate Changes

The study draws on the regional climate changes projected by the regional climate models REMO and CLM for the administrative district of Pinneberg. The focus is placed on changes in temperature and precipitation which are quantified as the climatological mean over a period of 30 years. The years from 1971 to 2000 are used as the reference period.

Based on the assumptions of the emission scenarios B1, A1B and A2, Elmshorn and its surrounding areas must adjust to rising temperatures by the middle of the 21st century (approx. 1 - 3 °C in winter and approx. 1 - 1.5 °C in summer). On the basis of the scenarios A1B and A2 which are characterised by comparably high (significant temperature increase) and B1 which is characterised by comparably low greenhouse gas emissions (moderate temperature increase) a differentiation of the simulation results is observable by the end of the 21st century. Depending on the future development of greenhouse gas emissions, differing temperature increases are to be expected throughout this time period. The number of summer and very hot days will increase substantially in the future which indicates that heat exposure during the day will rise. Although the future climate will witness the number of tropical nights increase, they will still remain comparably rare in absolute terms (1-4 days per year). At the same time, the rise in temperature is anticipated to lead to an increase in the number of summer days and a decrease in the number frost days.

Furthermore, Elmshorn and its surrounding areas must adjust to increasing mean precipitation values in the future. This increase is primarily attributable to rising precipitation values during the winter months. In contrast, the simulations exhibit a precipitation decrease during the summer months which is accompanied, however, by an intensification of heavy precipitation. During the remaining seasons, the increasing precipitation values are accompanied by rising precipitation intensities across all precipitation types. The intensity increase is hereby greater on days characterised by high precipitation than those characterised by lower precipitation levels. The duration and intensity of precipitation events are the decisive meteorological factors that influence the development of river flooding in a catchment area.

In river systems that are influenced by tides, flooding is not only caused by high volumes of inland runoff, but also by storm surges. In the future, these will be influenced by rising sea levels and the wind climate above the North Sea.

According to the UN Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Qin und Stocker 2013), the global sea level is predicted to rise by 0.2-0.8 m by the end of the century. Although highly unlikely, Pfeffer et al. 2008 argue that an even more significant rise of up to 2m cannot to be ruled out. For the North Sea only few studies have hitherto been conducted on the mean sea level rise. For the Dutch coast, for example, Vellinga et al. (2009)

predict a maximum sea level rise of 1.15 m by the end of the century.

To date, an increase in the storm intensity and frequency along the North German coast is not observable. In the long term, however, regional climate models point to an increase in westerly and northerly gale force winds above the North Sea. Strong westerly winds lead to storm surges in the river Elbe.

Consequences of Climate Changes for Flood Protection

It is to be anticipated that increasing precipitation values and intensities as well as rising mean sea levels will increase the likelihood of high water levels and flooding in the catchment area of the river Krückau. As part of the study, the expected runoff fluctuations in the Krückau are analysed on the basis of precipitation-runoff-simulations. The input data constitutes the projected regional climate changes provided by the regional climate model REMO. For the gauge alongside the A23 which is situated several kilometres upstream of Elmshorn, the precipitation-runoff-simulations yield the band widths of potential changes for flood runoff. The band widths result from the consideration of various projections. For the HQ 10 which is relevant to flood protection in the lower course of the river, the resulting band width amounts to -20 % to +15 % (2000 - 2050) and -5 % to +25 % (2050 - 2100). For the H100 which is relevant to flood protection in the upper course of the river, the resulting band width amounts to -35 % to +5 % (2000 - 2050) und -25 % to +30 % (2050 - 2100). A linear correlation was determined between the peak value and the fullness. As a result, it is possible to determine the volume of water that must be stored in the lower course of the Krückau if the barrage is closed.

On the basis of a sensitivity study conducted with a hydrodynamic-numerical model in the Elbe estuary, the impacts of a rising sea level in the North Sea on the water levels and currents in the Elbe estuary are analysed. The tidal parameters show that whereas the MThw rises more significantly than the mean sea level in the North Sea, the increase of the MTnw is less significant than the mean increase in the North Sea. An 80 cm rise of the mean sea level in the North Sea leads to an increase of the MThw by 0.9 m and the MTnw by 0.7 m in the Krückau estuary. If the current closing system of the Krückau barrage is maintained, a water level rise of 0.25 m would lead to twice the number of barrage closures. In order to drain the low lying areas in the embankment hinterland of the Krückau, rising sea levels require that increasing discharge heights are overcome. The draining process of the city area of Elmshorn which currently still follows the natural gradient will increasingly be affected by the rising sea level.

The decisive water level for flood protection in the lower river course results from the extreme load case. This allows for the combination of a barrage closure over 2 Tnw with a HQ10 from the catchment area at the maximum inflow from pumping stations. For current and future flood protection along the Krückkau, two central questions are of key importance.

1. What is the recurrence interval of such an event under both current and potential future conditions?
2. Which water levels occur under both current and potential future conditions?

The recurrence interval of the extreme load case under current conditions was determined to more than 5.000 years which can be classified as extremely rare. A rising sea level leads to significantly shorter recurrence intervals. Whereas the recurrence interval for a sea level rise of 0.8 m is still 2.000 years, a sea level rise of 2 m results in just 100 years.

The maximum water level that it to be expected in the Krückkau in the event of the extreme load case is determined using a hydrodynamic-numerical model of the river Krückkau. In a subsequent sensitivity analysis the impacts of increasing inland runoff on the water level are analysed. Under current conditions a water level of 3.0 m above sea level are to be expected. An increase in inland runoff of 10 % leads to a relatively small rise of the water level by 0.07 m. This continues in a linear manner, whereby an increase in inland runoff of 50 % leads to an anticipated water level rise of 0.35 m.

The large foreland areas in the river estuary play a key role for flood protection. Once the water level in the Krückkau has exceeded the ground elevation, inflowing water can be stored in the approx. 4.3 km² area. As a result, the water level increase per inflowing cubic metre can be reduced substantially. As far as flood protection is concerned, the large foreland area of the Krückkau renders it more resilient to climate changes than other tributaries of the river Elbe such as the Pinnau.

Adaptation Measures: Reducing Flood Risk

The negative effects of climate change on flood protection in the lower river course of the Krückkau can be reduced or compensated by various measures. KLIMZUG-NORD has developed two strategies designed to adapt the model area Elmshorn and its environs to the impacts of climate change. Both strategies primarily serve to reduce flood risk by lowering the water level.

One form of adaptation aims to implement measures designed to reduce the runoff of rainwater into the Krückkau. Consequently, the flood runoff and the resulting increase of the water level are reduced. Another adaptation measure aims to increase the storage capacity of the Krückkau, so as to also reduce the increasing water level. Whereas the latter may only be implemented in marshland areas, the former can be implemented throughout the entire model area.

Strategy 1:

Less water for the river

- **Measure 1: Infiltration of rainwater**
In the upper catchment area, the partial unsealing of 25 % of sealed areas leads to a reduction of the flood runoff by 5 % at the gauge along the A23. As a result of retaining 25 % of the direct rainwater runoff, the flood runoff in the City of Elmshorn can be reduced by an additional 10 %. Given that infiltration is not possible in large areas of the city, the retention of rainwater must be achieved by implementing other measures.
- **Measure 2: Reactivation and expansion of the former trench system**
The restoration or creation of the interconnected trench system creates additional retention capacity for accumulating rainwater and serves to adapt the drainage process of the existing building stock to changing precipitation patterns.
- **Measure 3: Greening of flat roofs and flat sloped roofs**
Green roofs provide the opportunity to temporarily store rainwater in a single or multi layered tier covered by mosses, grasses, shrubs, bushes or groves. In this way, some of the rainwater may evaporate and surplus water can subsequently flow into the sewer system or the Krückau. The industrial areas of Elmshorn provide great potential to implement green roofs.
- **Measure 4: Multi-functional utilisation of open space and roads to temporarily store precipitation run-off in the short term**
The multi-functional utilisation of public space provides the opportunity to temporarily store or retain rainwater in the event of heavy precipitation. This may occur on public open space such as parks, playgrounds and sports fields as well as roads and parking lots. Surplus water is collected on roads, paths and other linear infrastructures in a controlled manner and is – where possible – diverted to open spaces and other appropriate areas (e.g. playgrounds and sports fields). As a result of this diversion, surrounding buildings are protected.
- **Measure 5: Temporary storage in marshland**
In the marshland regions, areas can also be used to temporarily store rainwater whilst at the same time retaining the initial agricultural and primary use. The temporary storage capacity must only then be used in the event of long closures of the barrier. In these rare cases the rainwater which is normally pumped into the Krückau by the pumping station is diverted or pumped to marshland areas. Mini-dikes with a maximum height of 1m prevent the uncontrolled spread of rainwater. As a result of the reduced inflow of water from the pumping station the water level increase in the Krückau is reduced. Following the reopening of the barrier, the water is pumped into the Krückau as usual. If sufficient area for temporary storage is provided behind each pumping station, the water level can be reduced by approx. 0.4 m in the extreme load case. If a maximum waterdepth of 0.75 m and the current power level of pumping stations are assumed, a total area of approx. 3 km² is required.
- **Measure 6: Operation of the barrier pumps**
A further possibility to reduce the increase of the water level resides in the increase of the pump capacity of the pumps that are integrated into the barrier. A lowering of the water level in the extreme case of 0.2 m can be achieved per 10 m³ / s pump capacity.

Strategy 2: More Space for the River

- **Measure 1: Optimisation of the barrage operation**
Amongst other things, the barrage can be used in front of the dike to create more capacity to store the headwater. This can be achieved by closing the barrage earlier at lower water levels. By closing the barrage at slack water approx. one hour following the low tide, the water level in the Port of Elmshorn can be reduced by approx. 0.1 m in the extreme load case.
- **Measure 2: Foreland excavation**
As a result of excavating the foreland, new storage capacity can be created. By lowering the ground elevation in the estuary by 1 metre where large foreland areas exist, the water level in the Port of Elmshorn can be reduced by approx. 0.2 m in the extreme load case.
- **Measure 3: Hinterland Polders**
The potential to increase the storage capacity behind the existing dike line is substantially greater than in front of it. Here, areas can be converted into overflow polders which begin to fill at a defined water level in the Krückau. In order to utilise the existing areas effectively and to avoid their too frequent flooding, this overflow height should be as high as possible. At the same time, however, the overflow height should be low enough to avoid damaging floods in threatened areas such as the Port of Elmshorn. Taking both these aspects into account, the optimal overflow height is at around 2.4 m above sea level. The required polder area depends on both the inland and pumped inflow of water. Under current conditions approx. 1.0 km³ would be necessary. Following an increase of inland and pumped inflow of 50 % the required area would increase to approx. 2.0 km².

Adaptation Tools: Participation und Cooperation

In light of functional interconnections in the catchment area, the City of Elmshorn can only partially address arising problems alone and is thus reliant on cooperation with surrounding communities. The analysis of natural and functionally interconnected areas requires a comprehensive perspective and cooperation that transcends federal state and administrative borders. As a result of various participation processes, the awareness of relevant stakeholders and the public for the situation has been raised and information on the existing opportunities provided. Possible climate changes and the implementation of potential solutions have been identified and discussed with experts, politicians and citizens.

Learning and action alliances

Learning and action alliances are a form of cooperation between different stakeholders that are affected by a complex problem. As a result of an intense exchange of information the primary aim is to create a common knowledge base among stakeholders and to develop innovative solutions. A key characteristic of this process resides in the reference to concrete solutions and the inclusion of stakeholders in practice. By allowing for the fruitful exchange between research and practice, this form of cooperation provides the opportunity to learn together and to solve concrete problems based on theoretical and practical exchange.

In Elmshorn the LLA consisted of five events (June 2012 to July 2013) for a specified number of participants from the professional public at the local and the regional level. Among the consistent participants were representatives of the authorities responsible for coastal and inland flood protection which included the State Authority for Agriculture, the Environment and Rural Areas (LLUR), the State Office for Coastal Protection, and the Nationalpark und Marine Protection (LKN), employees from the administrative district of Pinneberg as representatives of the Lower Water Authority, employees from the Department of Urban Development and the Environment in the City of Elmshorn and the City Drainage Services in Elmshorn. Furthermore, a number of irregular participants such as representatives from Environmental or Dike Associations and the Waterway and Shipping Office in Hamburg as well as individual mayors from surrounding communities were present. In terms of content, the event focused on addressing the increasing flood risk as a key field of action for climate change adaptation in the model area.

Expert interviews

Expert interviews were conducted to shed light on issues related to existing cooperation as well as the organisation and possible forms of regulation regarding climate change adaptation.

Online discourse

In order to evaluate the place-specific solutions and to assess the interview results, an online discourse took place in autumn of 2012.

School projects

In cooperation with the district school Lurup, a school project which was developed together with pupils created a geocaching route called „On the Trail of Climate Change Adaptation Research“. Climate novella Together with the Department of Design at the HAW Hamburg a climate novella on the topic „Opportunities for open Scientific Communication“ was created.

Conclusion

In order to develop comprehensive adaptation measures, cooperation between stakeholders from various spatial (administrative) units is urgently necessary. The comprehensive perspective that focuses on natural and functional spaces renders cooperation that transcends administrative borders essential. Preventive flood protection by means of precautionary land use, in particular, requires regional cooperation between the City of Elmshorn and both higher and lower lying areas along the river Krückau. This is necessary to coordinate future residential development with the land area requirements of preventive flood protection across the entire catchment area. The different participation procedures have contributed to both raising awareness for the topic and to the documentation of local knowledge. In order to reach not only the professional, but also the general public, innovative tools were tested and new media implemented. On the basis of the knowledge gained, a conclusive discussion identified what is necessary to develop and implement a guiding principle of climate change adaptation. Thus, the subsequent step is to develop a guiding principle for climate change adaptation in Elmshorn.

Following their completion, the results of the scientific studies and participation procedures as well as the jointly developed recommendations were presented in the model area and suggestions for subsequent work provided.

Recommendations

Climate change adaptation should occur in the entire catchment area of the river Krückau. Thus, the existing communication between communities should be maintained and a comprehensive perspective on implementation measures adopted.

Recommendation 1: Focus of adaptation measures on water related issues

In order to implement adaptation measures successfully, it is necessary to focus on specific fields of action. The reduction of flood risk should be prioritized.

Recommendation 2: Remediation of deficits

The flood protection on the Krückau already shows deficits. The dike in the area of the Nordufer has to be closed and a holistic flood protection concept for the city and the surrounding communities has to be established.

Recommendation 3: Continuity and foresight

The impacts of climate change may well only become observable in several decades. Adaptation is a continual and tedious process that requires proactive action.

Recommendation 4: Implementation of adaptation measures in the entire catchment area

To achieve an effective and efficient adaptation to the impacts of climate change measures in the entire catchment area should be considered. The two recommended strategies „Less water for the river“ and „More space for the river“ are considered to be equivalent and both should be pursued.

Recommendation 5: Information

For adaptation to be successful it is important that the awareness of all specialists and the public is raised and that they are sufficiently included in the process.

Recommendation 6: Cooperation

Given that climate impacts transcend administrative borders and not only affect individual groups or sectors, successful solutions require joint action. The adaptation location must hereby not necessarily be identical with the threatened area. In order to implement climate adaptation measures within the field of flood protection, it is important that all stakeholders across the catchment area of the river Krückau are involved.

Recommendation 7: Institutionalization

The range of existing interests among this broad spectrum of stakeholders is large. Thus, an overriding coordination office tasked with climate adaptation in the model area can have a supporting and moderating effect. This office could not only develop and implement information and participation proposals geared towards specific target groups, but could also assume responsibility for the management of the guiding principle.

1 **Klimaanpassung in Elmshorn und Umland**

Das Forschungsprojekt KLIMZUG-NORD befasst sich mit den Folgen des Klimawandels in der Metropolregion Hamburg. Dabei werden die Auswirkungen des Klimawandels auf Städte und ländliche Räume in der Metropolregion Hamburg sowie auf das Elbe-Ästuar erforscht und Anpassungsmaßnahmen entwickelt. Eine besondere Qualität des Projektes ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Forschern verschiedener Fachdisziplinen. Der Zusammenschluss der Forschergruppen erfolgte auf der Ebene von insgesamt sechs Modellgebieten. Jedes dieser Gebiete stellt ein für die Metropolregion Hamburg typisches Teilgebiet dar. Die Untersuchungen in den Modellgebieten sind Baustein eines abgestimmten Handlungskonzeptes zum Klimafolgen-Management in der Metropolregion mit dem Zeithorizont 2050. Das Modellgebiet Elmshorn und Umland steht für die Typologie Mittelzentren im Umland einer Großstadt. Die Modellstudie soll beispielhaft die Frage beantworten: Wie können Stadt-, Regional- und Fachplanung auf die geänderten klimatischen Bedingungen und deren Auswirkungen reagieren?

Das Modellgebiet Elmshorn und Umland umfasst das Einzugsgebiet der Krückau und reicht von Kaltenkirchen im Nordosten bis zur Mündung in die Elbe bei Seestermühle/Kollmar. Der größte Teil des landwirtschaftlich geprägten Gebietes liegt im Kreis Pinneberg, der sich im Nordwesten an die Freie und Hansestadt Hamburg anschließt. Kleinere Teile des Einzugsgebietes liegen in den Kreisen Segeberg und Steinburg. Das Mittelzentrum der Region ist die Stadt Elmshorn, die charakterisiert ist durch eine hohe Bebauungsdichte. Die Entwicklung der Stadt wurde früher und wird auch zukünftig maßgeblich durch die Lage an der Krückau und die Nähe zur Elbe geprägt. Ein Nachteil dieser wassernahen Lage ist die Gefahr von Überflutungen. In der Vergangenheit war Elmshorn immer wieder hiervon betroffen und die Schäden waren teils erheblich. Die besondere Betroffenheit der Stadt ist im Wesentlichen auf das flache Gelände, welches sich durch die Lage am Übergang von der höher gelegenen Geest zur tief liegenden Marsch ergibt und den hohen Anteil versiegelter Flächen zurückzuführen. Diese Faktoren führen dazu, dass Überflutungen im Stadtgebiet sowohl durch Flusshochwasser als auch durch Starkregenereignisse, die zu einer lokalen Überlastung der Kanalisation durch Regenwasser führen, entstehen können.

Die vorhandene dichte Bebauung, die auch entlang der Krückau vorherrscht, stellt ein besonders hohes Schadenspotenzial dar.

Es ist zu erwarten, dass die Überflutungsgefahr zukünftig steigen wird. Der Klimawandel, der sich in der Region unter anderem durch zunehmende Starkregenereignisse bemerkbar machen wird, führt zu höheren Hochwasserabflüssen in der Krückau und Oberflächenabflüssen von versiegelten Flächen in die Kanalisation. Der erwartete Meeresspiegelanstieg führt zu höheren Tidewasserständen und höheren Sturmfluten, wodurch das Krückau-Sperrwerk an der Flussmündung häufiger und länger geschlossen werden muss. Die Folge ist eine Häufung der Situationen, in denen kein Wasser in die Elbe abgegeben werden kann und es zum Rückstau des Wassers in der Krückau kommt. Insgesamt führen die genannten Faktoren zu einer höheren Überflutungsgefahr in der Modellregion. Gleichzeitig wird für die Stadt Elmsborn ein Bevölkerungswachstum erwartet, wodurch der Druck steigt, zukünftig weitere Flächen zu versiegeln. In der Folge nimmt die Belastung der Kanalisation weiter zu. Die geschilderte Problemlage macht deutlich, dass der Handlungsschwerpunkt Wasser für die Klimaanpassung im Modellgebiet ein übergeordnetes Thema darstellt. Die Untersuchungen wurden von einem interdisziplinären Team, bestehend aus Forschern der Technischen Universität Hamburg-Harburg (Wasserbau), der HafenCity Universität Hamburg (Stadtplanung und Regionalentwicklung, Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung Institut), der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg sowie der TuTech Innovation GmbH (Social Media & Open Innovation) durchgeführt. Im Rahmen der Arbeiten werden zunächst die Auswirkungen von Klimaänderungen auf Wasserstände und Hochwasserabflüsse in der Krückau quantifiziert. Dies erfolgt mit der Hilfe von integrierten Modellen, die alle relevanten hydrologischen Prozesse im Modellgebiet abbilden. Die Szenario-basierten Untersuchungen ergeben einen maximalen Anstieg des Bemessungswasserstandes im Unterlauf der Krückau von ca. 0,3 m für den Zeitraum 2050 - 2100.

Um den negativen Folgen des Klimawandels entgegenzuwirken, werden Anpassungsoptionen entwickelt. Im Sinne einer robusten Klimaanpassung werden jene bevorzugt, die sich durch Effektivität, Effizienz und Flexibilität auszeichnen. Darüber hinaus wird auf Synergieeffekte zu weiteren Klimaanpassungs- oder Klimaschutzzielen geachtet. Demgemäß werden für das Modellgebiet unterschiedliche Anpassungsmaßnahmen zum Wasserrückhalt und zur Stauraumvergrößerung auf der regionalen Ebene und für kleinräumige Hot Spots in der Stadt entwickelt und deren hydraulische Wirksamkeit untersucht.

Aufgrund der Auswahlkriterien stimmen der Umsetzungsort der Anpassungsmaßnahme und der Wirkungsort nicht zwangsläufig überein, z.B. wenn zur Reduktion des Wasserstandes im Unterlauf Flächen im Oberlauf des Gewässers zur Umsetzung von Maßnahmen beansprucht werden. Durch die Vielzahl der betroffenen Akteure und deren unterschiedliche Sichtweisen erwächst somit ein beachtliches Konfliktpotenzial. Der Minimierung dieses Konfliktpotenzials wird in KLIMZUG-NORD ein besonders hoher Stellenwert beigemessen. Im Untersuchungsgebiet wird u.a. eine Lern- und Aktionsallianz (LAA) durchgeführt, zu der alle relevanten Akteure aus dem Modellgebiet eingeladen sind. Hierzu zählten Vertreter von Landes-, Kommunal- und Stadtverwaltung, Verbänden und NGOs. Im Rahmen der LAAs wird bei den Teilnehmern das Bewusstsein für den Klimawandel, die damit verbundenen Unsicherheiten und mögliche negative Folgen geschärft und die Notwendigkeit nachhaltiger Anpassungsmaßnahmen verdeutlicht. Anschließend werden gemeinsame Anpassungsansätze entwickelt und Rahmenbedingungen diskutiert. Mithilfe weiterer Beteiligungsangebote (qualitative Interviews, Onlinediskurs, Schülerprojekte etc.) werden zahlreiche Akteure aus Stadt und Region sensibilisiert und es wird untersucht, wie die Klimaveränderungen wahrgenommen werden, welche Probleme es heute schon gibt und wie mögliche Lösungsstrategien und Maßnahmen aussehen könnten.

Aufbau des Berichtes

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der Untersuchungen und Arbeiten im Modellgebiet Elmshorn und Umland vor. Zu Beginn beschreibt Kapitel 2 das Modellgebiet. Dabei wird der Fokus auf das Einzugsgebiet der Krückau sowie die heute schon existierenden Probleme, durch Hochwasser und Überflutung gelegt. Das Kapitel schließt mit einem Überblick über die zu erwartenden Klimaveränderungen in der Region. Kapitel 3 analysiert die Auswirkungen des Klimawandels in der Modellregion mit Fokus auf die Probleme die durch mehr Wasser entstehen. Um diesen Problemen in Zukunft zu begegnen, stellt Kapitel 4 zwei Anpassungsstrategien vor: „Weniger Wasser für den Fluss“ und „Mehr Raum für den Fluss“. Für die Umsetzung der Strategien werden verschiedene Maßnahmen vorgestellt. In Kapitel 5 und 6 werden die Methoden der Sensibilisierung und Beteiligung in der Modellregion beschrieben und informelle Instrumente bewertet. Kapitel 7 stellt das Leitbild als unterstützendes Instrument zur Klimaanpassung der Region vor. Kapitel 8 fasst die zentralen Aussagen zusammen und formuliert Handlungsempfehlungen für die künftige Klimaanpassung im Modellgebiet Elmshorn und Umland, die an Politik und Verwaltung gerichtet sind.

2 Das KLIMZUG-NORD Modellgebiet Elmshorn und Umland

*Lisa Kunert, Nancy Kretschmann,
Edgar Nehlsen, Elke Kruse, Marita Linde,
Katharina Klindworth, Martin Krekeler, Peter
Hoffmann*

Da die wasserbezogenen Klimafolgen einen besonders hohen Handlungsbedarf in diesem Raum generieren, wurde das Modellgebiet Elmshorn und Umland entsprechend des oberflächlichen Einzugsgebietes der Krückau zugeschnitten. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Lage des Einzugsgebietes, die Lage der Stadt Elmshorn sowie über den Verlauf der Krückau.

Legende

-  Stadtgrenze Elmshorn
-  Einzugsgebiet Krückau

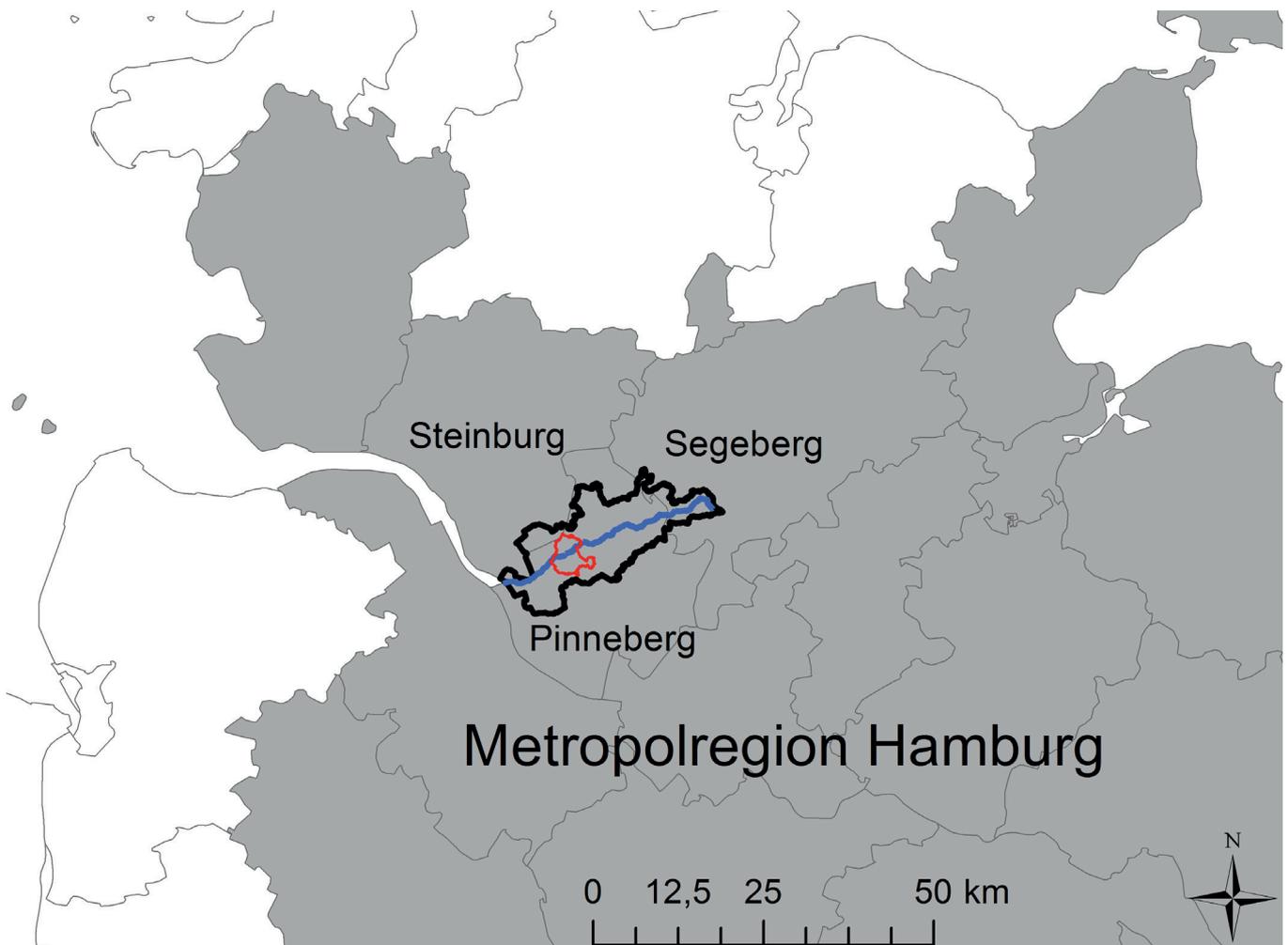


Abb. 1: Lage des Einzugsgebietes, der Stadt Elmshorn sowie der Verlauf der Krückau (TUHH 2014)

2.1 Das Einzugsgebiet der Krückau

Ein Einzugsgebiet setzt sich aus allen Flächen zusammen, die ihr Niederschlagswasser oberflächlich in das gleiche Gewässer ableiten. Abbildung 2 gibt einen Überblick über das ca. 274 km² große Einzugsgebiet der Krückau,

welches große Teile des schleswig-holsteinischen Kreises Pinneberg sowie kleinere Teile der Kreise Segeberg und Steinburg umfasst.

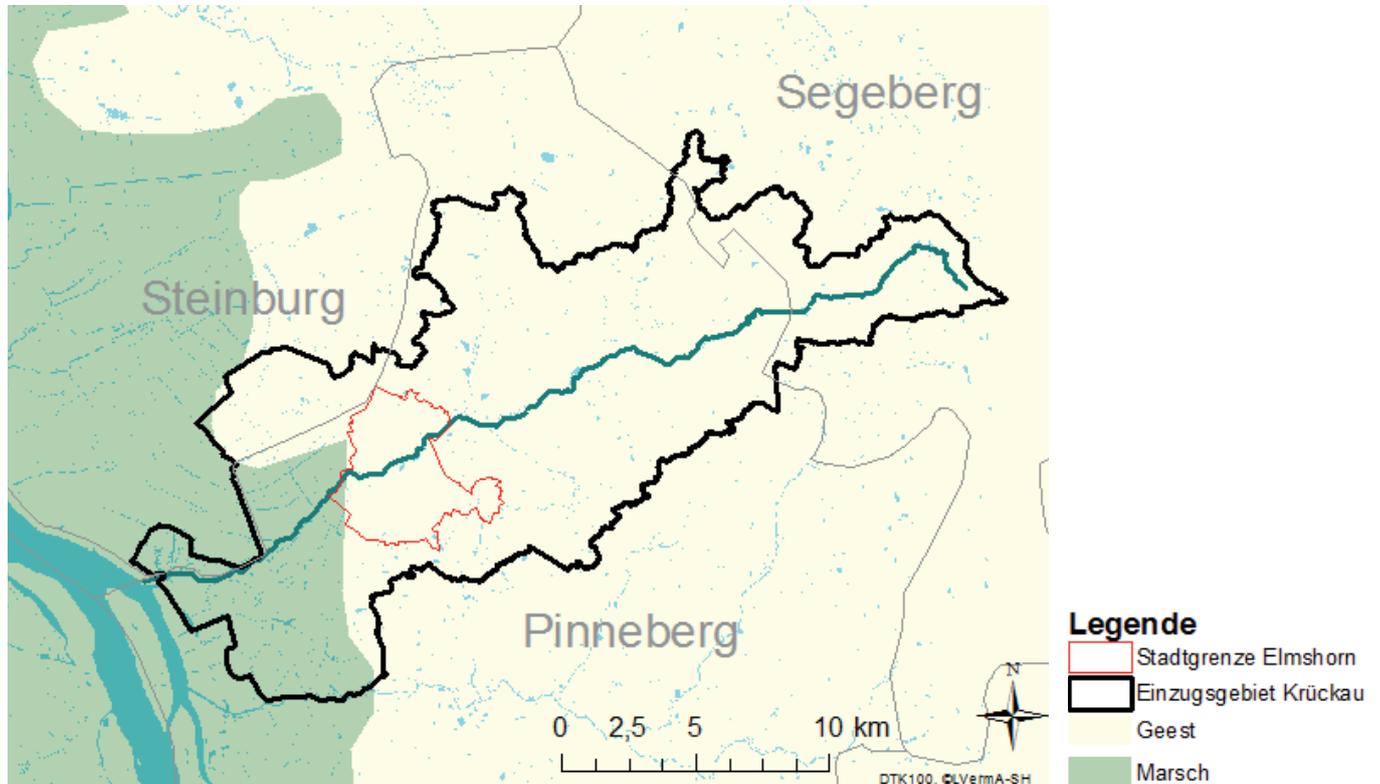


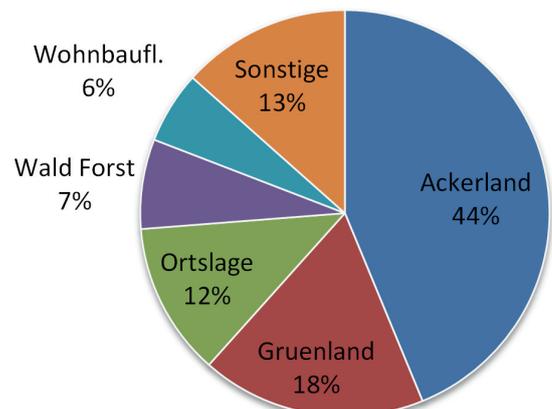
Abb. 2: Modellgebiet Elmshorn und Umland (TUHH 2014)

Naturräume

Das Modellgebiet befindet sich in den Naturräumen Geest und Marsch. Der überwiegende Flächenanteil wird der Geest zugeordnet, die durch glaziale Sandablagerungsprozesse entstanden ist. Der kleinere Anteil wird der Marsch zugeordnet, die im Zuge von nacheiszeitlichen maritimen Sedimentationsprozessen entstanden ist. Die höher gelegene Geest im Einzugsgebiet der Krückau weist Geländehöhen bis 49 m ü. NN und eine ausgeprägtes Gefälle auf. Die Böden sind überwiegend sandig, sehr durchlässig für Wasser und wenig fruchtbar. Die Marsch zeichnet sich im Bereich der Krückau durch geringe Geländehöhen, die überwiegend unter 0 m ü. NN liegen, und ein geringes Gefälle aus. Die Böden sind sehr feinkörnig, wenig durchlässig und sehr fruchtbar. Aufgrund der geringen Höhenlage müssen die Böden in der Marsch durch ein System aus Gräben, Sielen und Schöpfwerken fortwährend entwässert werden.

Flächennutzung

Abbildung 3 zeigt die stark anthropogen beeinflusste Flächennutzung im Einzugsgebiet der Krückau. Die Nutzung als Ackerland dominiert mit einem Anteil von 44 %. Auf Grünland- und Wald-/Forstnutzung entfallen 25 % der Fläche des Einzugsgebietes. Die Nutzungsarten Ortslage und Wohnbaufläche, die zu den baulich geprägten Flächen zählen, machen zusammen etwa 18 % aus. Hinzu kommen 13 % sonstige Flächennutzungen wie z.B. Sonderkulturen oder Flächen gemischter Nutzung.



[ATKIS® Basis-DLM, ©LVerMA-SH, Stand 2009]

Abb. 3: Flächennutzungsarten im Einzugsgebiet der Krückau (TUHH 2014)

2.2 Die Krückau

Die Krückau entspringt südlich von Kaltenkirchen und mündet nach 37 km bei Seestermühe in die Elbe. Auf ihrem Weg durchfließt sie überwiegend dünn besiedeltes und ländlich geprägtes Gebiet. Ausnahmen davon sind die Kleinstadt Barmstedt und das Mittelzentrum Elmshorn.

Etwa bis zur Mündung der Offenau in die Krückau, wenige Kilometer oberhalb von Elmshorn, ist der Tideeinfluss der Nordsee spürbar. Hier kommt es zwar nicht mehr zu einer Strömungsumkehr, jedoch zu einem Rückstau bei Tidehochwasser (Thw). In Richtung Elbe nimmt der Tideeinfluss weiter zu und ist im Stadtgebiet von Elmshorn bereits deutlich spürbar. Das mittlere Tidehochwasser (MThw) im Bereich des Elmshorner Hafens beträgt ca. 1,75 m ü. NN und das mittlere Tideniedrigwasser (MTnw) beträgt ca. 0,2 m ü. NN, woraus sich ein Tidehub von ca. 1,55 m ergibt. Oberhalb des Elmshorner Hafens befindet

sich der Mühlenstau an der Pieningschen Mühle. Unterhalb von Elmshorn ist der 10 km lange Flussabschnitt bis zur Mündung zum Schutz vor Hochwasser beidseitig eingedeicht. An der Mündung befindet sich ein Sperrwerk zur Abwehr von Sturmfluten. Mehrere Siele und vier Schöpfwerke entwässern die tief liegenden Gebiete. Zusätzlich sind zwei weitere Pumpen in das Sperrwerk integriert. Abbildung 4 zeigt die Lage und die maximale Pumpleistung der Schöpfwerke. Das Schöpfwerk Kaltenweide in Elmshorn wird von der Stadtentwässerung betrieben. Je ein Schöpfwerk wird von den Sielverbänden Raa, Wisch-Kurzenmoor und Seestermühe betrieben. Die Pumpen im Sperrwerk werden durch das Land Schleswig-Holstein betrieben. Es dient dazu, bei hohen Wasserständen hinter dem geschlossenen Sperrwerk Wasser in die Elbe zu pumpen.

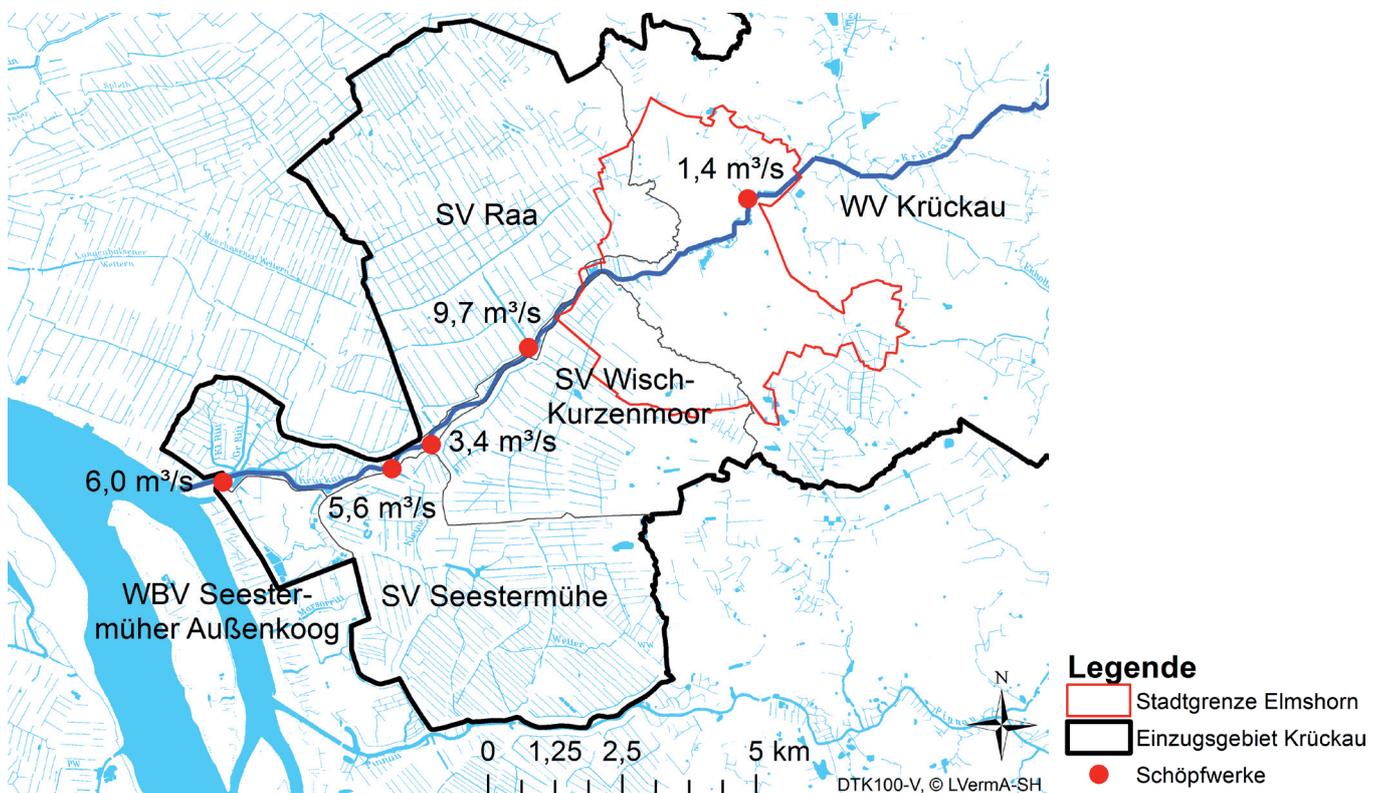


Abb. 4: Gebiete der Entwässerungsverbände und Schöpfwerke am Unterlauf der Krückau (TUHH 2014)

Bedeutung der Krückau für Elmshorn

Da die Krückau bis Mitte des 20. Jahrhunderts für damalige Seeschiffe befahrbar war, hatte sie eine große wirtschaftliche Bedeutung für die Stadt Elmshorn. Es gab eine lange Schiffbautradition, die erst 1978 mit dem Konkurs der Kremer Werft endete. Die Geschichte der Stadt ist eng mit dem Fluss Krückau verbunden, einerseits ein wichtiger Transportweg, andererseits auch eine Bedrohung, da die Marsch inklusive Teile des Stadtgebietes bei Sturmfluten gelegentlich überschwemmt wurden, was

eine Gefahr für Sachwerte und Leben darstellte. Durch Inbetriebnahme des Krückau-Sperrwerks im Jahre 1969 wurde die Überflutungsgefahr reduziert. Das Gebiet im Bereich der Krückau ist als Biotopverbundfläche gemäß dem Landschaftsrahmenplan als vorrangige Fläche für den Naturschutz ausgewiesen. Außerdem ist der gesamte Verlauf der Krückau im Landschaftsplan als Gewässer- und Erholungsstreifen gemäß §15a des Landesnaturschutzgesetzes ausgewiesen.

2.3 Die Stadt Elmshorn, Ober- und Unterlieger

Die Stadt Elmshorn liegt mitten im Einzugsgebiet der Krückau und stellt mit 47.514 Einwohnern das Mittelzentrum der Region dar. Sie liegt im Nordwesten der Metropolregion Hamburg und ist etwa 30 km von Hamburg und 70 km von der Nordseeküste entfernt. Die sechstgrößte Stadt Schleswig-Holsteins weist eine Fläche von 21,4 km² auf. Mit einer Einwohnerzahl von 2.322 pro km² liegt die Besiedlungsdichte über der von Hamburg sowie anderer Städte in Schleswig-Holstein (Kreis Pinneberg 2012, Stand 30.09.2010).

Naturräumlich Lage

Das Stadtgebiet liegt an der Grenze zwischen der Geest im Südosten und der Marsch, die den Westen der Stadt prägt. Von Nordosten nach Südwesten durchzieht die Krückau-Niederung die Stadt. Innerhalb der Stadtgrenze ist das Aufeinandertreffen von Marsch und Geest kaum wahrnehmbar, außerhalb der Stadtgrenze treten dagegen Höhenunterschiede von 5 - 10 m auf (Seeberger 1998). Der tiefste Punkt im Stadtgebiet liegt mit nur 0,3 m ü. NN in den Marschwiesen, der höchste Punkt mit 21,0 m ü. NN im Stadtpark auf dem Butterberg (Stadt Elmshorn 2013, Stand 21.11.2013).

Bevölkerungsstruktur

Die Bevölkerungsentwicklung Elmshorns folgte in den letzten Jahren einem positiven Trend. Von 2003 (48.958 Einwohner) bis 2007 (48.052 Einwohner) hatte die Stadt Elmshorn eine leicht abnehmende Bevölkerungszahl zu verzeichnen. Seit 2007 steigt die Einwohnerzahl wieder auf aktuell rund 49.618 Einwohner im ersten Quartal 2013. (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein 2013:6) Es wird prognostiziert, dass die Bevölkerung Elmshorns bis zum Jahre 2020 weiter ansteigt. Ab 2020 soll die Entwicklung wieder leicht zurückgehen und stagnieren. Externe Faktoren wie die wirtschaftliche Lage Elmshorns und die des Umlandes sowie die Entwicklung Hamburgs als wachsende Stadt können die Bevölkerungsstruktur Elmshorns zudem stark mit beeinflussen.

Flächennutzung und Bebauungsstruktur

Aufgrund der rasanten industriellen Entwicklungen und dem damit einhergehenden Bevölkerungswachstum weist die gesamte Stadt eine sehr hohe Dichte auf, denn die Stadtfläche konnte trotz zahlreicher Eingemeindungen nicht im gleichen Maße mitwachsen. (Melzer et. al. 2006a: 5) Von den 21,37 km² des Elmshorner Stadtgebietes sind etwa 15 km² Siedlungs- und Verkehrsfläche, was gut 70 % der Gesamtfläche ausmacht. Die verbleibende Fläche verteilt sich hauptsächlich auf 4,46 km² Landwirtschaftsfläche, 1,28 km² Waldfläche sowie 0,47 km² Wasserfläche. (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein 2011: 38f.)

Das Zentrum der Stadt wird durch einen kleinteiligen Kern mit vorwiegend gründerzeitlichen Blockrandstrukturen mit zwei bis drei Geschossen geprägt. In diesen Bereichen herrscht meist ein Versiegelungsgrad von bis zu 95 % vor. (Geiger et. al. 2009: 15f.) Ansonsten ist das Stadtbild der Innenstadt sehr heterogen. Während in der Innenstadt hauptsächlich Mischnutzungen vorliegen, dominieren in den Stadtrandlagen meist Wohngebiete mit Ein- bis Zweifamilienhaus-Bebauung mit freistehende Häusern sowie Doppel- und Reihenhäuser (Stadt Elmshorn 2008: 9). Das Gebiet Krückau-Vormstegen zählt zu den Sanierungsgebieten der Stadt Elmshorn. Die Ausweisung als Sanierungsgebiet macht eine großflächige Umstrukturierung und städtebauliche Neuordnung möglich. (Melzer et. al. 2006a: 4ff.) Zentral in der Innenstadt am Hafen befindet sich das Werk des Lebensmittelherstellers Peter Kölln KGaA. Industrie- und Gewerbeflächen existieren momentan am Stadtrand sowie historisch gewachsen im Innenstadtbereich. Die beiden großen Gewerbe- und Industriegebiete liegen jedoch am östlichen Stadtrand an der Autobahnzufahrt und am nördlichen Stadtrand entlang der Bahnlinie. Insgesamt ist das Stadtgebiet von Elmshorn dicht bebaut und größtenteils versiegelt. Die Flächen für eine weitere Siedlungsentwicklung sind, abgesehen von den innerstädtischen Sanierungsgebieten, weitestgehend ausgeschöpft, sodass Elmshorn nur noch wenig an seinen Stadträndern wachsen kann. Allerdings sind die äußeren Bereiche von einer eher geringeren Dichte geprägt, dafür aber häufig relativ homogen und monofunktional bebaut. Hier wären eine erhöhte Nutzungsmischung und eine der Zersiedelung entgegenwirkende Siedlungsentwicklung sinnvoll.

Hochwasserschutz

Entlang der Krückau ist durch die „Landesverordnung zur Festsetzung eines Überflutungsgebietes an der Krückau und ihrem Nebenlauf Offenau vom 15. Sept. 1976“ (GVObI: 230) ein Überflutungsgebiet festgesetzt. Dort ist es nach § 58 Abs.1 Nr.1 Landeswassergesetz verboten, bauliche oder sonstige Anlagen zu errichten, wesentlich zu verändern oder zu beseitigen. Ebenso dürfen nach § 58 Abs.1 Nr.2 Landeswassergesetz keine Erdoberflächen erhöht oder vertieft werden. Somit dürfen in einem Überflutungsgebiet keinerlei Veränderungen vorgenommen werden. Unter gegebenen Voraussetzungen sind Ausnahmen zulässig. Diese Ausnahmen können beispielsweise sein, dass das Wohl der Allgemeinheit die Maßnahme innerhalb des Überflutungsgebietes rechtfertigt oder dass ein Verbot eine unbillige Härte darstellen würde. Zurzeit arbeitet das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume an der Neuberechnung und Festlegung der Überflutungsgebiete, die endgültige Neufestsetzung steht jedoch noch aus. Ein integriertes Hochwasserschutzkonzept, welches den Umgang mit Flusshochwasser und mit der Regenentwässerung (aus städtischem Gebiet und aus der Marsch) behandelt, existiert in Elmshorn und Umland derzeit nicht.

2.4 Ober- und Unterlieger

Werden Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes, der Flächenvorsorge und der Verbesserung des natürlichen Wasserrückhalts in einem Flusseinzugsgebiet getroffen, wirken sich diese nicht nur lokal auf die Raumnutzung aus, sondern auch im regionalen Kontext des Flusseinzugsgebiets. So können fehlende Überflutungsflächen im Oberlauf eines Flusses zu höheren und schneller auftretenden Hochwassern am Unterlauf des Flusses führen (Voigt 2005). Andersherum können fehlende Überflutungsflächen flussabwärts einen Rückstau des Wassers verursachen und somit auch Oberlieger beeinträchtigen. Generell liegen Hochwasserentstehungs- und Hochwasserschadensgebiete meist räumlich getrennt voneinander, sodass „eine Abhängigkeit des Unterliegers von hochwasserreduzierenden Maßnahmen des Oberliegers“ (BMVBS 2010) besteht. Im Rahmen des einzugsgebietsbezogenen Ansatzes des Hochwasserrisikomanagements sollen Maßnahmen dort realisiert werden, wo diese am effektivsten und effizientesten sind (BBR 2005). Dadurch entsteht die Situation, dass Oberlieger beispielsweise Retentionsflächen ausweisen und finanzieren müssen, um das Auftreten von Hochwassern flussabwärts zu vermindern, ohne von diesen Maßnahmen aber selbst zu profitieren. Daraus ergibt sich ein hohes Konfliktpotenzial. Ein finanzieller Ausgleich für entstehende Nachteile und/oder eine Kostenbeteiligung der Unterlieger kann hier die Umsetzung von effektiven und effizienten Hochwasserschutzmaßnahmen fördern (Ehrler et al. 2008). Generell ist für den Umgang mit dieser Oberlieger-Unterlieger-Problematik die kooperative Zusammenarbeit von Flussanliegern über Verwaltungsgrenzen hinweg erforderlich (Bohl 2011), um eine integrierte Betrachtung auf der Ebene des Einzugsgebiets zu ermöglichen und so eine adäquate Problembearbeitung und Maßnahmenabstimmung im Sinne aller Anlieger zu ermöglichen.

Da sich die Geest-Marsch-Grenze in Elmshorn befindet liegen die Oberlieger der Krückau in der Geest (z.B. Kaltenkirchen 31 m ü. NN), die Unterlieger in der Marsch. Während die Stadt Elmshorn stark versiegelt und dicht bebaut ist, ist die Flächenstruktur der Ober- und Unterlieger

eher ländlich geprägt. Einzig Barmstedt im Oberlauf der Krückau übernimmt die Aufgabe eines Unterzentrums und zählt als die kleinste Stadt im Kreis Pinneberg. Mit einer Bevölkerungsdichte von 13.574 Einwohnern (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein 2013) auf 44,85 km² ist Barmstedt im Vergleich zu den umliegenden Gemeinden dicht besiedelt. Barmstedt liegt am künstlich angelegten Rantzauer See, der von der Krückau gespeist wird. Die anderen Oberlieger, wie Bullenkuhlen und Langelen, sind ländlich geprägt und haben eine geringe Einwohnerzahl je km² und einen geringen Versiegelungsgrad. Bullenkuhlen (90 Einw. / je km² (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein 2012) liegt etwa 5 km östlich von Elmshorn am historischen Ochsenweg. Kaltenkirchen zählt mit 19.919 Einwohnern im Jahr 2013 (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein 2013: 6) als Mittelzentrum und ist der Endpunkt der Entwicklungsachse Nord in der Metropolregion Hamburg.

Die Unterlieger Seester und Seestermühe sind Gemeinden im Kreis Pinneberg in Schleswig-Holstein. Mit 908 Einwohnern auf 11,57 km² (Seester) und 959 Einwohnern auf 23,35 km² (Seestermühe) im Jahre 2012 zählen sie zu den dünn besiedelten Räumen. (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein 2012) Die Gemeinden liegen in der Marsch zwischen der Krückau und der Pinnau. Elmshorn und Uetersen sind die beiden nächstgrößeren Städte, zu denen es eine enge infrastrukturelle Verbindung gibt. Die Siedlungen wurden in der Vergangenheit in ihrer Entwicklung stark durch den Einfluss der ins Land gerufenen Siedler aus Friesland und den Niederlanden geprägt, die durch Deichbauten, Entwässerungssysteme und Schleusen das Land vor dem Wasser der Elbe sicherten und die Kultivierung des durch Überflutungen geprägten Landes in Acker- und Weideland vornahmen. In den Sommermonaten ist das Marschgebiet beliebtes Ausflugsziel für Tagestouristen und Radwanderer. Insbesondere das Deichvorland zwischen den beiden Deichlinien entlang der Elbe wird von Wanderern, Inlineskatern und Radfahrern genutzt.

2.5 Akteure

Der planerische Umgang mit den oben skizzierten Herausforderungen erfordert den Einbezug verschiedener Akteure, um der ebenen-, sektor- und naturraumübergreifenden Natur des Klimawandels und der Klimaanpassung gerecht zu werden. Darüber hinaus müssen Anpassungsmaßnahmen lokal umgesetzt werden, was unter Berücksichtigung der komplexen Ursache-Wirkungszusammenhänge in natürlichen und sozioökonomischen Systemen den Einbezug verschiedener, auch privater Akteure und lokalen Wissens erforderlich macht. Aufgaben und Verantwortung können bzw. müssen zur optimalen Realisierung der Klimaanpassung unter staat-

lichen, privatwirtschaftlichen und zivilgesellschaftlichen Akteuren aufgeteilt werden (Knieling et al. 2011). Dies führt zur Ausbildung von Akteursnetzwerken und neuen Regelungs- bzw. Governance-Formen auf regionaler Ebene (Knieling et al. 2011; OECD 2010). Die Betroffenheit durch den Klimawandel und damit auch die Interessen verschiedener Akteure sind dabei höchst unterschiedlich (Frommer 2009), womit Planungsprozesse zur Klimaanpassung so gestaltet werden müssen, dass unterschiedliche Interessen und Perspektiven integriert werden können (Fröhlich et al. 2011). Kooperative Regelungsformen, die zu konsensualen Verhandlungslösungen führen, können

dabei die Legitimität und Effektivität von Entscheidungen und Entscheidungsprozessen erhöhen und damit „die Umsetzungsqualität von Strategien und Maßnahmen verbessern“ (Knieling et al. 2011).

Im Modellgebiet Elmshorn und Umland existieren bereits verschiedene Instrumente, über welche die Akteure kommunizieren und kooperieren. Im Folgenden werden das Kreisentwicklungskonzept (KEK), das Stadt-Umland-Konzept (SUK), die Arbeitsgruppe des Bearbeitungsgebietes 18 (Krückau), welche als Folge der Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG) entstanden ist, und ein Beispiel für eine bestehende intersektorale Kooperation im Bereich Klimaschutz dargestellt. Außerdem existiert durch die Leitstelle Klimaschutz und den Klimaschutzmanager eine intersektorale Kooperation.

Das **Kreisentwicklungskonzept (KEK)** des Kreises Pinneberg wurde 2007 verabschiedet und soll Teil eines informellen Instrumentariums sein, dass sich über mehrere administrative Ebenen erstreckt. Ausdrückliche Aufgabe ist die Vermittlung zwischen informellen Entwicklungskonzepten auf (inter-) kommunaler (z.B. den Stadt-Umland-Konzepten) und metropolitaner Ebene (z.B. dem REK der Metropolregion Hamburg). Darin spiegelt sich die zur Zeit der Entstehung des KEK aktuelle Diskussion um die Organisation der Regionalplanung in dem Instrument ¹. Das KEK ist Nachfolger des ehemals verpflichtenden Kreisentwicklungsplans, nach dessen Wegfall sich die Arbeitsgemeinschaft der Hamburger Randkreise auf die Etablierung eines neuen Instruments zum Regionalmanagement auf Kreisebene entschlossen. 2005 begann die inhaltliche Arbeit, als der Kreis die Kommunen um Beiträge zum Entwicklungskonzept bat. Zentrales Element ist die KEK-Plattform, die online verfügbar ist. Ein gedrucktes Planwerk existiert nicht. Das KEK unterliegt keinen starren Fortschreibungszyklen und kann durch Beiträge aus Kommunen, Verbänden und Politik laufend ergänzt bzw. verändert werden. Eine Lenkungsgruppe aus Vertretern von Kreis und Kommunen koordiniert die Arbeit am KEK, themenbezogene Ausschüsse im Kreistag sind verantwortlich für die Inhalte und beschließen die Aufnahme bestimmter Beiträge. Damit soll ein zu jeder Zeit aktueller Überblick über den Stand suprakommunal relevanter Projekte gewährleistet werden. Ein Ziel ist ausdrücklich auch die Beeinflussung der formellen, staatlichen Regionalplanung durch die Darstellung kommunaler Prioritäten und Entwicklungsvorstellungen. Durch den nun doch nicht veränderten institutionellen Rahmen der schleswig-holsteinischen Regionalplanung, die sehr begrenzten Aktivitäten der Metropolregion im Bereich räumlicher Entwicklung und vor allem durch das mittlerweile verminderte Interesse der kreisangehörigen Kommunen hat das KEK nach Meinung der meisten Akteure seine potenziell mögliche Regelungswirkung nicht erreicht.

Stadt-Umland-Konzept (SUK) ist die u.a. in Schleswig-Holstein gebräuchliche übergreifende Bezeichnung für eine freiwillige und gleichberechtigte Kooperation einer städtischen Kommune mit ihren Umlandgemeinden mit dem Ziel, eine abgestimmte Entwicklung zu planen und zu steuern. Als Vorläufer entstanden Anfang der 1990er-Jahre in Schleswig-Holstein die ersten Gebietsentwicklungsplanungen als flächenbezogene Abstimmungs- und Entwicklungskonzepte im Stadt-Umland-Bereich. Träger der Planung war das Land. Aus diesen entwickelten sich die Stadt-Umland-Konzepte. Die Trägerschaft ging durch interkommunale Vereinbarungen auf die beteiligten Städte und Gemeinden über. Das Land unterstützte die Erstellung der SUKs durch die Übernahme der Kosten für externe Moderation und Prozessorganisation. Der Ausgangspunkt der SUKs ist, dass raumbedeutsame Aktivitäten in vielen Fällen nicht mehr mit den politisch-administrativen Strukturen zusammenpassen (vgl. Blecken / Ludke 2012). Kommunale Aufgaben werden komplexer und reichen über administrative Grenzen hinaus. Daher gewinnt die Stadt-Umland-Region als Handlungs- und Entscheidungsraum an Bedeutung. Dieser wird bei der SUK mit einer freiwilligen interkommunalen Kooperation als Bottom-Up-Strategie begegnet, allerdings im Schatten der Hierarchie in Form der staatlichen Landes- und Regionalplanung.

Im Kreis Pinneberg sind Stadt-Umland-Konzepte in den beiden größten kreisangehörigen Städten Pinneberg und Elmshorn etabliert und durch Kooperationsverträge 2009 stärker institutionalisiert worden. Kernthema bei beiden war eine abgestimmte Entwicklung der Siedlungsflächen, in Elmshorn ging es zusätzlich um interkommunale Gewerbeflächen, den Einzelhandel und den Tourismus. Die organisatorische Struktur der Kooperation beruht auf ständigen Arbeitsausschüssen, koordinierenden Bürgermeisterrunden und der einmal jährlich tagenden Regionalkonferenz. Die drei Organe der SUK bilden neue Arenen für die Beteiligten. Verhaltensänderungen können nach Ansicht einiger Beteiligter vor allem durch die Stabilität einer solchen Konstruktion zustande kommen, indem sich ein Vertrauensverhältnis zwischen den Akteuren bildet. Für die Kooperation gilt das Prinzip der Freiwilligkeit und der Gleichberechtigung. Dies drückt sich darin aus, dass jede Kommune unabhängig von ihrer Einwohnerzahl oder ihrer Größe mit einer Stimme am Prozess beteiligt ist. Die Planungshoheit der kommunalen Gremien wird durch das SUK nicht berührt.

Die Stadt-Umland-Kooperation kann einen Interessenausgleich zwischen Kommunen bezuglich Bauleitplanung, Flächenausweisung, und Abstimmung von Ausgleichsmaßnahmen leisten. Am Ende könnte ein Stadt-Umland-Konzept stehen, dass auch anpassungsrelevante Maßnahmen umfasst. Eine erste Evaluation der schleswig-holsteinischen SUKs (Diller 2004) weist darauf hin, dass ein regionaler Ausgleich über Leitprojekte und Ausgleichsfonds vielversprechend ist. Die direkte

¹ Die ehemalige schwarz-gelbe Landesregierung beabsichtigte eine Änderung des schleswig-holsteinischen Landesplanungsgesetzes. Die Regionalplanung sollte kommunalisiert und in die Trägerschaft der Kreise überführt werden. Die bestehenden Planungsregionen wären dabei erhalten geblieben. Gleichzeitig erfuhr Anfang der 2000er-Jahre mit dem neuen REK der Metropolregion Hamburg die metropolitane Ebene eine gewisse Aufmerksamkeit.

Zahlung von Ausgleichsgeldern ist dagegen schwierig, da ihre Berechnung oft nicht eindeutig möglich ist bzw. Vertrauen zwischen den Partnern und Akzeptanz der SUK darunter leiden können.

Die **Arbeitsgruppe des Bearbeitungsgebietes 18** (Krückau) ist als Folge der Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG) entstanden. In der Absicht, den rechtlichen Rahmen der Wasserpolitik innerhalb der EU zu vereinheitlichen, wurden von europäischer Seite bestimmte Anforderungen an ein integriertes Gewässermanagement gestellt, darunter die räumliche Orientierung an Flussgebietseinheiten und die Beteiligung relevanter nicht-staatlicher Stakeholder. Die übergeordneten Ziele der WRRL beziehen sich auf Schutz und Verbesserung des Zustandes aquatischer Ökosysteme (inkl. von diesen abhängige Landökosysteme), die nachhaltige Wassernutzung durch langfristigen Schutz vorhandener Ressourcen, die Reduzierung prioritärer Stoffe und das Beenden des Einleitens/Freisetzens prioritär gefährlicher Stoffe, die Reduzierung der Verschmutzung des Grundwassers sowie die Minderung der Auswirkungen von Überschwemmungen und Dürren (vgl. Art. 1 WRRL). Innerhalb von 15 Jahren soll im Zuge der Umsetzung der WRRL für Oberflächengewässer ein guter ökologischer und chemischer Zustand und für das Grundwasser ein guter quantitativer Zustand erreicht werden.

Die Umsetzung in Deutschland variiert in den Ländern, abhängig von den jeweiligen Wassergesetzen. In Schleswig-Holstein wurde den seit langem bestehenden Wasser- und Bodenverbänden eine zentrale Rolle zugestanden, sie führen in den 34 Arbeitsgruppen im Land jeweils den Vorsitz. Weiterhin sind an den ehrenamtlich organisierten Gremien die Selbstverwaltungskörperschaften der Städte und Gemeinden, Behörden sowie zivilgesellschaftliche Interessengruppen und wirtschaftliche Akteure beteiligt. Hier findet die Entscheidung und Umsetzung von konkreten Maßnahmen zum Erreichen der in der WRRL formulierten Ziele statt. Die Aufgaben der Arbeitsgruppe umfassen u. A. die Beurteilung von Vorschlägen und Maßnahmen der Wasser- und Bodenverbände sowie die Setzung von Prioritäten bei der Umsetzung. Die bisherige Arbeit der Arbeitsgruppe wird von den Beteiligten positiv bewertet, die Zusammenarbeit im Einzugsgebiet habe die Teilnehmer zum Denken in größeren Zusammenhängen angeregt, die institutionelle Stabilität bilde eine gute Voraussetzung für den Aufbau von Vertrauen untereinander. Kritisiert wird die teilweise mangelnde Umsetzung von Maßnahmen, die Dominanz durch landwirtschaftliche Akteure und eine mangelnde Abstimmung mit anderen Managementansätzen im selben Raum (z. B. gemäß FFH-Richtlinie).

Intersektorale Koordination wird notwendig, da es sich bei der kommunalen oder staatlichen Verwaltung nicht um eine unitarische Institution, sondern um ein Organisationsfeld handelt (Einig 2003). Dieses Feld besteht aus einer Vielzahl autonomer Organisationseinheiten, die meist nach Themenfeldern, also Sektoren, gegliedert sind. Isoliertes Handeln einzelner Sektoren ist besonders dann nicht zielführend, wenn sich das zu behandelnde Problem als eine Querschnittsaufgabe darstellt, die mehrere dieser Einheiten betrifft bzw. darüber hinaus nur durch gemeinsames Vorgehen von Akteuren aus der staatlichen, zivilgesellschaftlichen und privaten Sphäre angegangen werden kann. Dies ist beim Klimawandel und der Bewältigung seiner regionalen und lokalen Folgen der Fall (Henschke & Roßnagel 2013). Vor diesem Hintergrund versuchen Ansätze der intersektoralen Koordination alle Handlungen verschiedener Sektoren aufeinander abzustimmen, die ein bestimmtes Themenfeld beeinflussen können. Dadurch sollen kontraproduktive Handlungen vermieden und Synergien ausgeschöpft werden. Zudem trägt die Arbeit zu einer Diffusion innovativer Ansätze und damit zur Schaffung eines gemeinsamen Problembewusstseins bei den Beteiligten bei.

Intersektorale Koordination im Bereich **Klimaschutz** findet im Modellgebiet zum Beispiel durch die Leitstelle Klimaschutz beim Kreis Pinneberg und durch den **Klimaschutzmanager** der Stadt Elmshorn statt. Die Leitstelle Klimaschutz ist eine Querschnittseinrichtung und innerhalb des Fachdienstes Umwelt in der Kreisverwaltung angesiedelt. Hauptaufgabe ist die Koordination und Vernetzung der Aktivitäten zum Klimaschutz im Kreis Pinneberg. Es handelt sich um eine freiwillige Leistung des Kreises, die auf Initiative des ehemaligen Landrates übernommen wurde. Die Stelle des Elmshorner Klimaschutzmanagers wird zum überwiegenden Teil aus Bundesmitteln gemäß der „Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen“ im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative finanziert. Kommunen bewerben sich mit einem Klimaschutzkonzept und erhalten über drei Jahre 65 % der Kosten einer Stelle eines Klimaschutzmanagers (bei finanzschwachen Kommunen bis zu 85 %) erstattet. Die Fördermaßnahme wird vom Deutschen Institut für Urbanistik (Difu) bundesweit evaluiert. Das eingeforderte Konzept soll eine strategische Ausrichtung der Klimaschutzbemühungen garantieren, indem Maßnahmen nach Wichtigkeit und Machbarkeit priorisiert und integriert betrachtet werden. In der Stadt Elmshorn arbeitet seit dem 01.02.2012 ein Klimaschutzmanager. Seine Koordinationsaufgaben beschränken sich nicht auf die öffentliche Verwaltung, sondern beziehen Bildungsträger und die Privatwirtschaft mit ein. Da beide Stellen keine Ressourcen besitzen, um eigenständig Klimaschutzmaßnahmen umzusetzen, sind sie auf eine positive Interaktionsorientierung der beteiligten Partner angewiesen. In diesem Umfeld gewinnt das Ausloten von Potenzialen und das gezielte Einbringen und Bewerben bestimmter Themen eine zentrale Bedeutung. Grundlage hierfür ist u. A. die Bereitstellung entsprechender Informationen, z. B. in Form von Potenzial- oder Risikoanalysen.

2.6 Hochwasser und Überflutungen im Modellgebiet

In der Vergangenheit kam es vor allem in Elmshorn immer wieder zu Hochwassern und Überflutungen. Ursächlich hierfür ist die Lage der Stadt am Übergang von der höher gelegenen Geest zur tief liegenden Marsch. Dadurch droht Hochwassergefahr sowohl bei hohen Abflüssen aus dem Einzugsgebiet als auch bei Sturmfluten in der Elbe. Beide Arten von Hochwasser können Überflutungen verursachen, die entweder direkt durch Ausuferung entstehen oder indirekt einen Rückstau auslösen, bei dem die hohen Wasserstände in der Krückau das Wasser aus

der Kanalisation daran hindern abzufließen. Im Folgenden erläutert Kapitel 2.6.1 die unterschiedlichen Arten von Hochwassern und Überflutungen, die im Modellgebiet auftreten können und skizziert die Ursachen. Anschließend schildert Kapitel 2.6.2 die historische Entwicklung des Hochwasserschutzes am Unterlauf der Krückau bis heute und erläutert das Hochwasserschutzsystem. Zum Abschluss erläutert Kapitel 2.6.3 die Art der Oberflächenentwässerung in Elmshorn und führt die schon heute auftretenden Problematiken auf.

2.6.1 Ursachen von Hochwasser und Überflutungen

Ein Binnenhochwasser wird durch extreme Niederschlagsereignisse über dem Einzugsgebiet verursacht, bei dem große Regenmengen entweder innerhalb kürzester Zeit oder über mehrere Tage verteilt fallen. Während das Niederschlagswasser anfänglich noch durch die Vegetation, in der oberen Bodenschicht, in Senken oder in Rückhaltebecken zurückgehalten wird, fließt mit andauerndem Regen immer mehr Wasser in die Krückau. Ist keine Vegetation vorhanden und der Boden versiegelt, entfällt diese Funktion und das Wasser wird direkt abgeleitet. Dementsprechend begünstigt ein hoher Versiegelungsgrad der Flächen im Einzugsgebiet die Entstehung von Hochwassern und Überflutungen. Abbildung 5 stellt schematisch die unterschiedlich großen Anteile der Komponenten der Wasserbilanz im natürlichen und urbanen Raum dar. Im urbanen Raum sind aufgrund der versiegelten Flächen und der fehlenden Vegetation die Anteile der Versickerung sowie der Verdunstung des Niederschlagswassers deutlich geringer. Dementsprechend ist der Anteil des direkt abfließenden Wassers höher, das über ein unterirdisches Kanalnetz abgeleitet und im Fall von Elmshorn direkt in die Krückau eingeleitet wird (siehe Kapitel 2.6.3).

Im oberen Einzugsgebiet, das sich in der Geest befindet, gelangt das Niederschlagswasser über das natürliche Gefälle in die Krückau und erhöht dort den Wasserstand, sodass es zu Ausuferungen kommen kann. Sind davon Bereiche betroffen, die normalerweise trocken sind, bezeichnet man dies als Überflutung. Insbesondere im Bereich dicht bebauter Gebiete wie Elmshorn oder Barmstedt können die Überflutungen großen Schaden anrichten.

Im unteren Einzugsgebiet der Krückau, welches sich im Bereich der Marsch befindet, sammelt sich das Niederschlags- und Grundwasser in dem dichten Entwässerungsnetz. Um Überflutungen des flachen, tief liegenden Gebietes zu vermeiden, wird das Wasser über Siele und Schöpfwerke in die tidebeeinflusste Krückau entwässert. Die Siel-Entwässerung erfolgt durch das natürliche Gefälle und funktioniert nur, wenn der Wasserstand in der Krückau für einen ausreichend langen Zeitraum niedriger als in den Gräben ist. Andernfalls müssen Schöpfwerke, die mit Pumpen ausgestattet sind, eingesetzt werden. Da weite Teile der Marsch im Bereich der Krückau sehr niedrige Geländehöhen aufweisen, erfolgt die

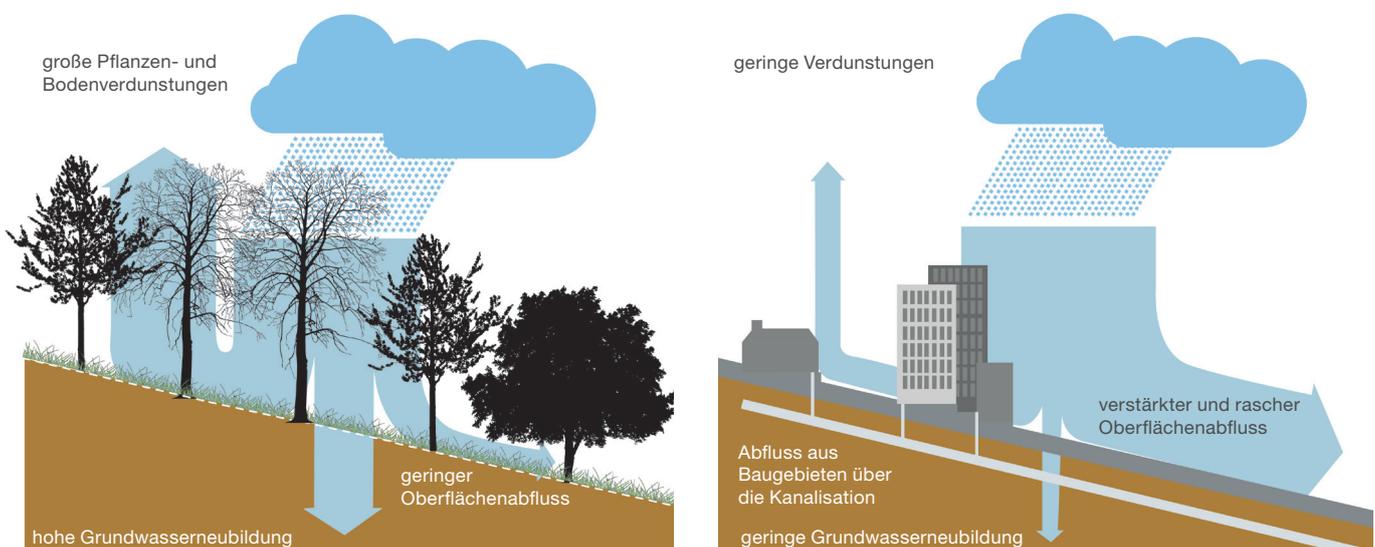


Abb. 5: Natürliche und städtische Wasserbilanz (Fink/Klostermann 2012)

Entwässerung bereits heute fast ausschließlich über Schöpfwerke. Durch den zusätzlichen Eintrag von Wasser über die Schöpfwerke erhöht sich der Wasserstand in der Krückau. Insbesondere während der Flutphase, einer Sperrwerksschließung oder eines Binnenhochwassers kann der Betrieb der Schöpfwerke zu einer deutlichen Erhöhung des Wasserstandes in der Krückau führen, woraus Überflutungen entstehen können. Während im eingedeichten Abschnitt zuerst die Deichvorländer betroffen sind, sind es in Elmshorn vor allem die Bereiche um den Hafen und ein Teil der Innenstadt. Gleichzeitig führen die hohen Wasserstände dazu, dass das Niederschlagswasser, welches in der Stadt Elmshorn anfällt, schlechter oder gar nicht mehr aus der Kanalisation abgeführt werden kann (siehe Kapitel 2.6.3).

Bei einer Sturmflut in der Elbe liegen die Wasserstände deutlich über den natürlichen, durch die Gezeiten hervorgerufenen Wasserständen. Die Hauptursache für eine solche Erhöhung sind starke westliche Winde über der Deutschen Bucht. Bei höheren Wasserständen wird das Sperrwerk an der Mündung geschlossen, sodass kein Wasser aus der Elbe in die Krückau gelangen kann. Gleichzeitig kann jedoch auch kein Wasser der Krückau und ihrer Zuflüsse in die Elbe gelangen, sodass dieses

hinter dem Sperrwerk aufgestaut wird und der Wasserstand im Fluss steigt. Die Geschwindigkeit des Anstiegs hängt wesentlich von der Menge des zufließenden Wassers ab. Je länger die Sperrung andauert und je größer der Zufluss aus dem Einzugsgebiet ist, desto höher steigt der Wasserstand. Die Folge sind die gleichen wie beim Binnenhochwasser.

Lokale Überflutungen im Stadtgebiet von Elmshorn entstehen durch Starkregenereignisse. Die großen Niederschlagsmengen, die innerhalb kürzester Zeit fallen, können die Kanalisation über ihre Leistungsfähigkeit hinaus beanspruchen. Das Wasser kann in diesem Fall nicht mehr vollständig abgeführt werden. Hohe Wasserstände in der Krückau können zudem den Abfluss aus dem Kanalsystem behindern und die Entstehung lokaler Überflutungen begünstigen. Überschüssiges Wasser, das bei Starkregenereignissen nicht mehr vom Entwässerungssystem aufgenommen wird, sammelt sich an tief liegenden Orten wie z.B. Geländesenken oder Kellern. Im ungünstigsten Fall überlagert sich eine lang andauernde Sturmflut mit einem Binnenhochwasser oder einem Starkregenereignis über dem Stadtgebiet von Elmshorn. In diesem Fall kann es zu besonders hohen Wasserständen und entsprechend schweren Überflutungen kommen.

2.6.2 Hochwasserschutz am Unterlauf der Krückau

Der Schutz vor Überflutungen durch Binnenhochwasser und Sturmfluten der tief liegenden Gebiete im Unterlauf erfolgt durch ein System, bestehend aus verschiedenen Hochwasserschutzelementen. Ohne diese Maßnahmen

wäre eine Nutzung der tief liegenden Gebiete in der derzeitigen Form nicht möglich. Versagt das System, ist mit großen Schäden durch weitreichende Überflutungen zu rechnen.

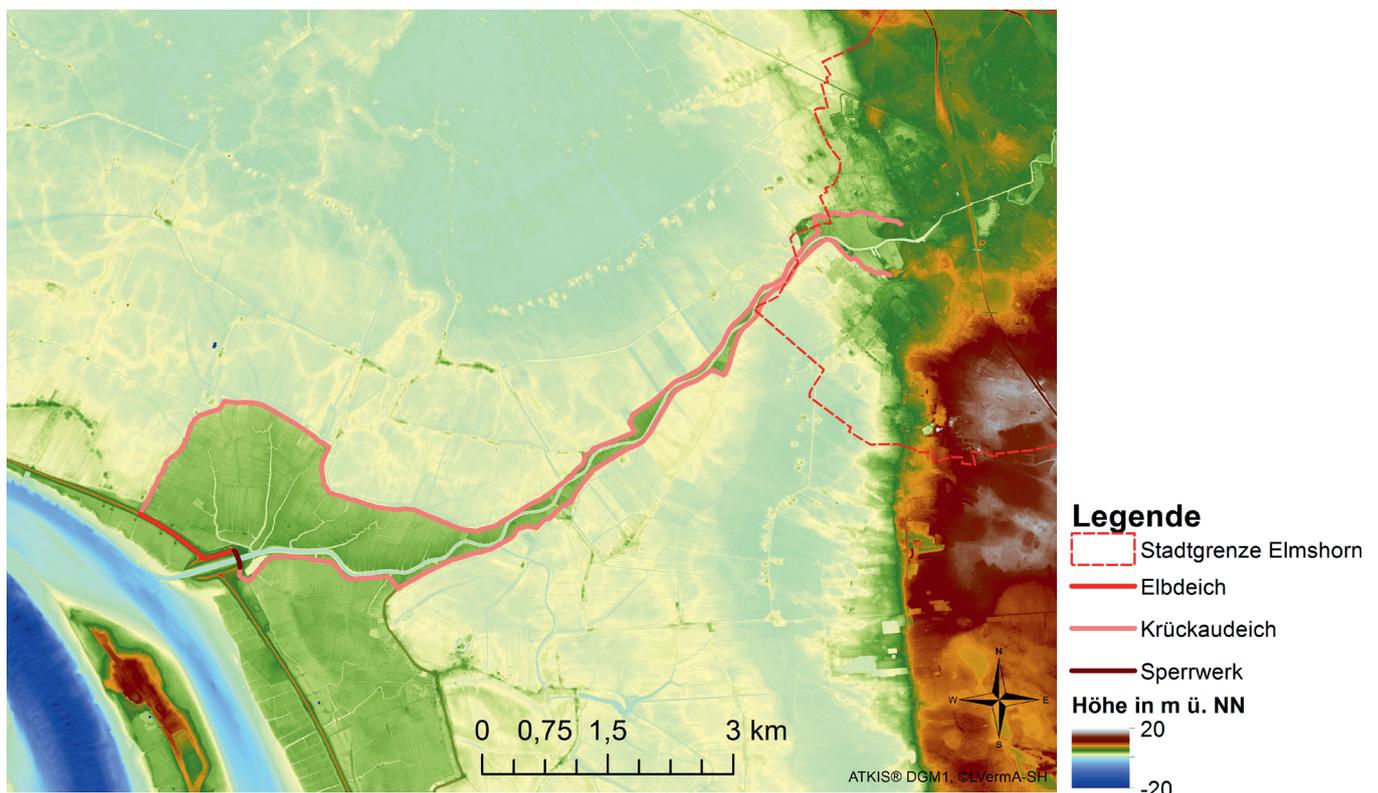


Abb. 6: Geländehöhen am Unterlauf der Krückau (TUHH 2014)

Bauwerke ermöglichen Hochwasserschutz

Abbildung 6 zeigt die Topographie entlang des Unterlaufs der Krückkau. Man erkennt sehr deutlich den Übergang von der Geest zur Marsch an dem Höhengsprung im Gelände. Die Deiche, die von Elmshorn bis zur Mündung verlaufen und dort an das anstehende Gelände anschließen, sind als hellrote Linien gekennzeichnet. Nahe der Stadt haben die Deiche eine Höhe von etwa 6 m ü. NN. Die südliche Deichlinie schließt im Bereich des Elmshorner Segelhafens ohne merklichen Höhengsprung an das bestehende Gelände an. Die nördliche Deichlinie endet im Bereich des Elmshorner Hafens abrupt. Das anschließende Gelände weist allerdings nur Höhen von etwa 4 m ü. NN auf. Diese Höhen liegen zwar oberhalb des heutigen maßgebenden Wasserstands von 3,2 m ü. NN, allerdings fällt das Gelände in nördlicher und westlicher Richtung stark ab, sodass sich das Wasser im Falle einer Überflutung rasch ausbreiten und das gesamte Stadtgebiet nördlich der Königstraße durchströmen würde. Im Bereich der Kruck und des Elmshorner Hafens liegen die Geländehöhen bei 2,5 m ü. NN und höher. Teile des Hafens wurden in der Vergangenheit aus Gründen des Hochwasserschutzes künstlich aufgehöhht. Der Bereich der Kruck diente einst als Spülfeld, auf dem Baggergut, welches zum Erhalt der Schifffbarkeit aus der Krückkau entnommen wurde, abgelagert wurde. Das weitere Deichvorland bis zur Mündung weist Höhen zwischen

2 und 2,5 m ü. NN auf. Einst lag das Gelände hier deutlich niedriger und wurde häufig von der Tide überflutet. Dabei setzten sich Schwebstoffe aus dem Wasser ab, wodurch im Laufe der Jahrhunderte die Geländehöhe stetig zunahm. Mit zunehmender Höhe wurden die Flächen immer seltener überflutet und das Anwachsen des Geländes verlangsamte sich. Durch den heutigen Sperrwerksbetrieb werden die Vorländer nur noch sehr selten überflutet, sodass praktisch kein Anwachsen mehr stattfindet. Die Geländehöhe im Deichhinterland liegt deutlich unter den Höhen der Vorländer und erreicht in einigen Bereichen lediglich -1,5 m ü. NN. Eine Ablagerung von Sedimenten kam in den letzten Jahrhunderten nicht zustande. Historische Karten zeigen, dass die Deichlinie in der heutigen Form bereits im Jahr 1795 bestand (von Varendorf, 1789 - 1796).

Die Deichhöhen der Krückkau-Deiche liegen heute bei knapp 6 m ü. NN im Bereich Elmshorn und bei knapp 7 m ü. NN im Bereich hinter dem Sperrwerk (Stadelmann 2010). Das Sperrwerk schließt an die Elbdeiche an und weist eine Schutzhöhe von 8 m ü. NN auf (ebd.). Der höchste Wasserstand der letzten Jahrzehnte wurde bei der Sturmflut im Februar 1962 gemessen. Dieses Ereignis hat auch in Elmshorn große Schäden verursacht.

Der Sperrwerksbau und die Folgen

In der Folge dieser Sturmflut wurde die Küstenschutzstrategie im Bereich der deutschen Nordseeküste überarbeitet. Die neue Strategie sah unter anderem eine Verkürzung der ersten Deichlinie der Elbe durch die Errichtung von Mündungssperrwerken an den Nebenflüssen vor (Schleswig-Holstein 1963), die bei höheren Wasserständen in der Elbe schließen und erst öffnen, wenn sich Außen- und Binnenwasserstand wieder gleichen. An der Mündung der Krückkau wurde 1969 das Krückkau-Sperrwerk gebaut

(siehe Abb. 7). Dessen Betriebsordnung beschreibt die Funktion: „Das Sperrwerk soll [...] verhindern, dass das Stadtgebiet von Elmshorn und die Krückkau-Niederung durch Sturmfluten gefährdet oder durch Zusammentreffen hoher Oberwasserzuflüsse mit ungünstigen Tiden beeinflusst werden. [...] Das Sperrwerk muss so rechtzeitig geschlossen werden, dass ein für die Zeit der Schließung genügend großer Stauraum für das Oberwasser zur Verfügung steht [...]“ (Amt für ländliche Räume Husum 2007).



Abb. 7: Das geschlossene Krückkau-Sperrwerk, Blick in Richtung Elbe (Nehlsen 2013)

Seit dem Sperrwerksbau gehören die hinter dem Sperrwerk liegenden Krückau-Deiche (siehe Abb. 6) nicht mehr zur ersten, sondern zur zweiten Verteidigungslinie. Der wesentliche Unterschied liegt in einer anderen Art der Belastung der Deiche. Ohne das Sperrwerk mussten die Deiche mehrmals pro Jahr hohen Sturmflutwasserständen und den damit einhergehenden hohen Strömungsgeschwindigkeiten und Wellen standhalten. Seit Inbetriebnahme des Sperrwerks werden höhere Wasserstände durch das Sperrwerk abgefangen. Im Zeitraum von 2000 bis 2010 geschah dies im Mittel 55 Mal pro Jahr. In der Folge werden die Deiche nur noch selten durch aufstauendes Wasser während der Sperrung belastet. Zudem sind die angreifenden Strömungsgeschwindigkeiten bei geschlossenem Sperrwerk deutlich geringer als bei einer frei einlaufenden Sturmflut. Insgesamt ist durch den Sperrwerksbetrieb ein Versagen der Deiche daher unwahrscheinlicher geworden. Dies zeigt sich auch darin, dass die Krückau-Deiche in den letzten Jahrzehnten nicht in dem Maße wie die Elbdeiche ertüchtigt werden mussten.

Da die Deiche zwar vergleichsweise hoch sind, aber bereits Wasserstände über 2,5 m ü. NN zu Überflutungen im Elmshorner Hafengebiete führen, wurde 1969 eine Staustufe an der Pieningschen Mühle errichtet, um zusätzlichen Speicherraum für das Wasser aus dem Oberlauf der Krückau zu schaffen. Hier kann das Wasser auf bis zu 3,5 m ü. NN aufgestaut werden, sodass der Hafengebiete entlastet wird (vgl. Stadelmann 2010). In den letzten Jahren erfolgte jedoch keine Stauhaltung. Seit Beginn der Pegelaufzeichnungen im Jahr 1996 am Pegel A23, wo neben dem Wasserstand auch der Abfluss bestimmt wird, kam es nicht zu einem Zusammentreffen einer längeren Sperrwerksschließung mit einem hohen Binnenhochwasserabfluss.

Unterschiedliche Anforderungen an die Hochwasserschutzbauwerke

Abbildung 8 zeigt einen schematischen Längsschnitt durch den Unterlauf der Krückau und gibt für den oberen und den unteren Abschnitt die maßgebende Hochwassersituation an.

Im Oberlauf, wo der Tideeinfluss nicht vorhanden oder nur noch marginalen Einfluss hat, resultiert der maßgebende Wasserstand aus einem Hochwasserereignis, welches statistisch gesehen einmal in 100 Jahren (HQ100) auftritt. Im Stadtbereich von Elmshorn wechselt die maßgebende Belastungssituation, da sich ab hier der Rückstau infolge der Sperrwerksschließung auswirkt. Die höchsten Wasserstände in diesem Abschnitt der Krückau ergeben sich aus der Kombination einer Sturmflut mit geschlossenem Sperrwerk und einem Binnenhochwasser bei gleichzeitigem Schöpfwerksbetrieb. Maßgebend ist eine sturmflutbedingte Schließung des Sperrwerks, welche über 3 Tidehoch- (Thw) und 2 Tideniedrigwasser (Tnw) andauert (vgl. Abb. 9). Dies entspricht ungefähr einer Dauer von 30 h.

Zusätzlich wird davon ausgegangen, dass die Krückau zeitgleich ein Binnenhochwasser führt, welches statistisch einmal in zehn Jahren (HQ10) auftritt. Darüber hinaus laufen die Schöpfwerke im Unterlauf mit voller Leistung. In der Summe resultiert aus der Schöpfwerksleistung ein Abfluss in der gleichen Größenordnung des Binnenhochwasserabflusses. Im Folgenden wird die geschilderte Kombination als Extremlastfall bezeichnet. Sofern nicht anders angegeben, liegt dieser allen Berechnungen und der Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen zugrunde. Abbildung 9 verdeutlicht den charakteristischen Verlauf des Binnen- und Außenwasserstandes am Krückau-Sperrwerk für den Extremlastfall. Es wird deutlich, dass die Höhen der beiden Tnw von entscheidender Bedeutung sind, da hier eine Öffnung des Sperrwerkes am wahrscheinlichsten ist.

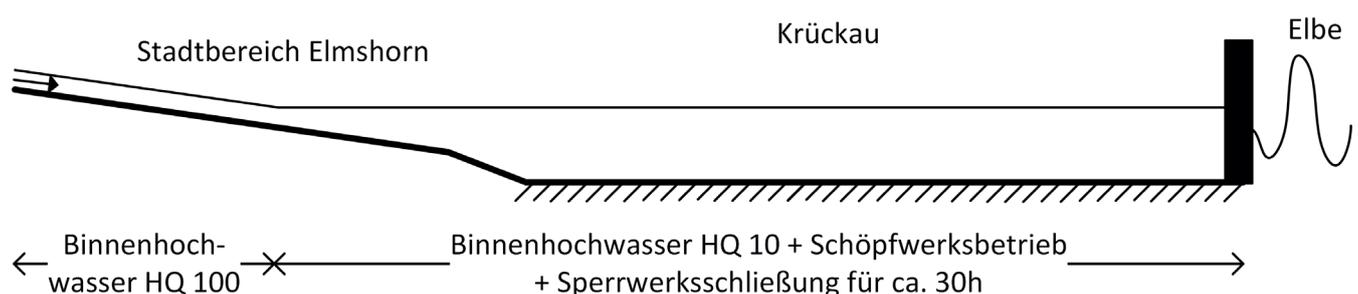


Abb. 8: Schematischer Längsschnitt durch die Krückau mit Bereichen unterschiedlicher Anforderungen an Hochwasserschutzanlagen (TUHH 2014)

Bleibt das Sperrwerk geschlossen, füllt sich der Raum hinter dem Sperrwerk. Die Geschwindigkeit des Anstiegs hängt dabei vom Oberwasserzufluss ab, je größer der Abfluss, desto schneller steigt der Wasserstand. Neben dem Oberwasserzufluss hängt der Anstieg des Wasserstandes von der Höhe des Wasserspiegels in der Krückkau ab. Abbildung 10 verdeutlicht diesen Zusammenhang. Bei niedrigen Wasserständen steht lediglich das Profil

der Krückkau als Speicher zur Verfügung, sodass die Kurve zunächst steil ansteigt, um dann ab etwa 2 m ü. NN zunehmend abzufachen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass ab diesem Wasserstand erste Ausuferungen auftreten. Etwa ab 2,5 m ü. NN ist die gesamte Fläche zwischen den Deichen von Wasser benetzt und der Anstieg verläuft linear.

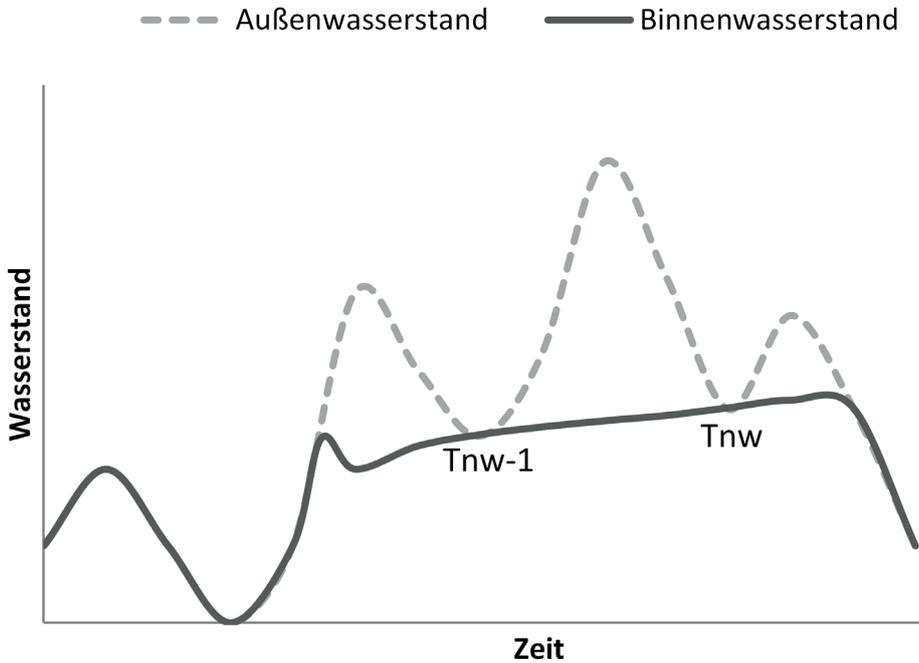


Abb. 9: Wasserstände im Fall einer Sperrwerksschließung über 3 Thw und 2 Tnw (TUHH 2014)

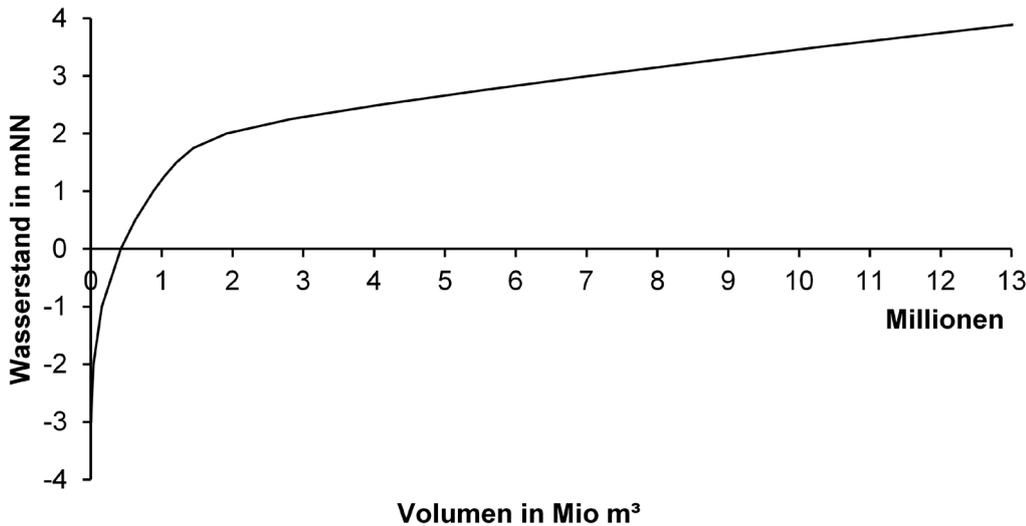


Abb. 10: Verfügbares Stauvolumen im Unterlauf der Krückkau in Abhängigkeit vom Wasserstand (TUHH 2014)

2.6.3 Oberflächenentwässerung

Die Regenwasserableitung erfolgt in Elmshorn durch ein unterirdisches Kanalnetz in Kombination mit einem offenen Grabensystem. Die Krückkau spielt eine entscheidende Rolle bei der Entwässerung Elmshorns, da sowohl die unterirdische Kanalisation als auch die Gräben in diese entwässern. Ca. 95 % des Niederschlagswassers, das nicht vor Ort versickern oder zurückgehalten werden kann, fließt über insgesamt 27 Regenwassersiele in die

Krückkau (Pasche et al. 2010). Das Kanalnetz hat eine Länge von 270 km, das überwiegend als Trennsystem betrieben wird, d.h. Schmutz- und Regenwasser werden in getrennten Kanalsystemen abgeleitet. Lediglich 11 % des Kanalsystems werden im Mischverfahren betrieben, bei dem Schutz- und Regenwasser zusammen abgeleitet werden (siehe Abb. 11 und Abb. 12)



Abb. 11: Blick in die unterirdische Mischwasserkanalisation (Stadtentwässerung Elmshorn)

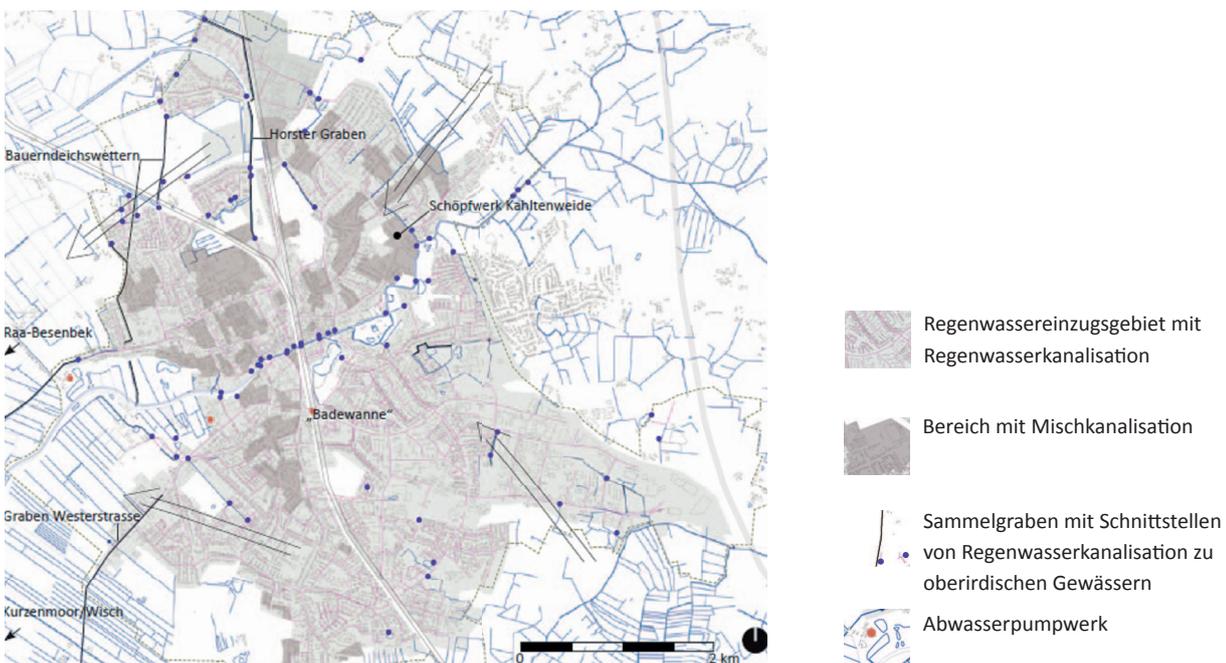


Abb. 12: Einzugsgebiete der Trenn- bzw. Mischkanalisation und Darstellung des offenen Grabensystems im Stadtgebiet von Elmshorn (mit der allgemeinen Entwässerungsrichtung) (Higlistler 2011)

Krückkau als Engpass

Weite Teile des Geländes im Einzugsgebiet der Regenwasserkanalisation weisen geringe Geländehöhen auf. Die Einhaltung von Mindesttiefen (Frostsicherheit), Wandstärken der Rohre und die Vorhaltung eines ausreichenden Gefälles zu den Kanalauslässen am Gewässer führen dazu, dass die Rohrunterkante der Auslässe z. T. bei 0,5 m ü. NN und damit sehr deutlich unter dem Wasserstand des mittleren Tidehochwassers liegen (siehe Abb. 13). Ein Wasserstand in der Krückkau oberhalb der Rohrunterkante beeinflusst die Entwässerungsleistung negativ. Je höher der Wasserstand, desto schlechter die Entwässerungs-

leistung. Das derzeitige Entwässerungssystem ist für einen maximalen Wasserstand von 2,1 m ü. NN in der Krückkau ausgelegt. In diesem Fall kann ein zweijähriges Regenereignis noch schadlos abgeführt werden. Liegt der Wasserstand höher oder ist das Regenereignis stärker, besteht die Gefahr des Überstaus der Kanalisation. Im Zeitraum von 1998 bis 2013 liefen am Pegel Elmshorn etwa sechs Prozent aller Thw höher als 2,1 m ü. NN auf. Im Mittel lag der Wasserstand für 0,7 Stunden (ca. 40 Minuten) pro Tag über 2,1 m ü. NN.

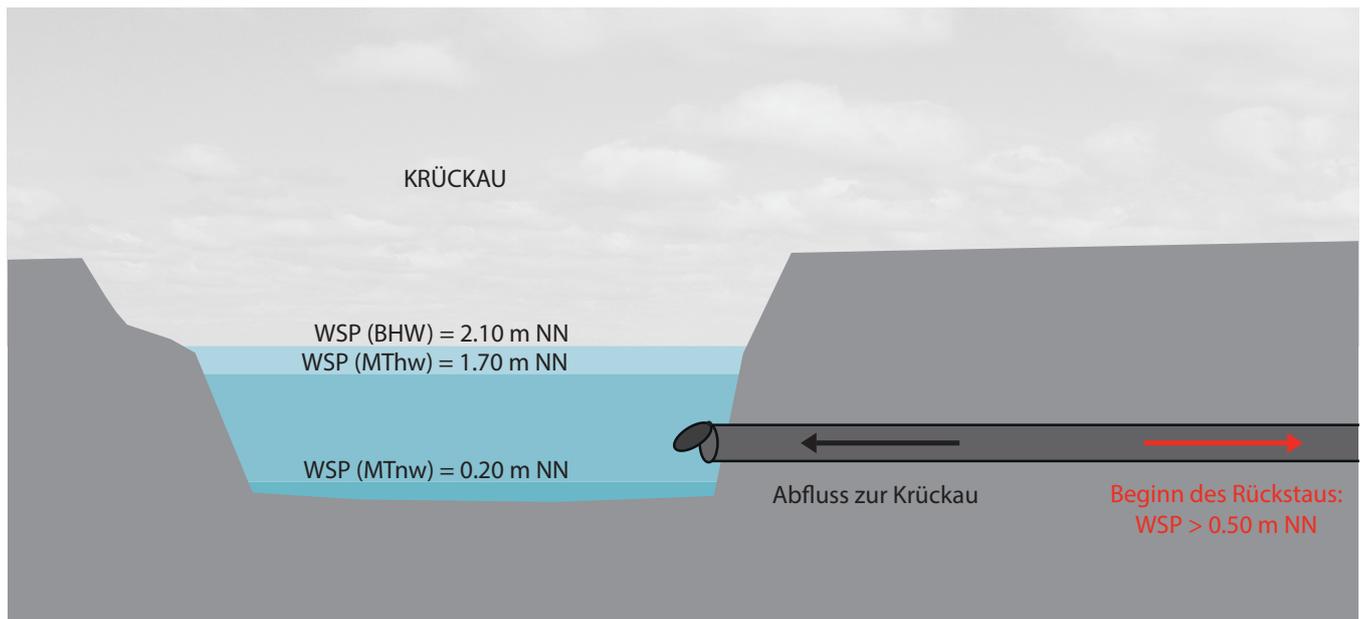


Abb. 13: Durch tief liegende Auslässe der Regenentwässerung in die Krückkau wird die Abflussleistung deutlich beeinflusst. (Stadtentwässerung Elmshorn, verändert)

Unterbrochenes Grabensystem bereitet Probleme

Dagegen sorgen im Umland und im nordöstlichen Stadtgebiet Elmshorns offene Grabensysteme sowohl für die Ableitung des Regenabflusses als auch für die Drainage des Bodens. Das Wasser gelangt anschließend über Siele oder Schöpfwerke in die Krückkau, die größtenteils unabhängig vom Wasserstand der Krückkau operieren können (Bartel/Tutas 2004, Beiersdorf 2011). Dieses System hat

jedoch über die Jahre vor allem im Nordosten Elmshorns im Bereich der „Siedlung“ – einem Einfamilienhausgebiet aus den 50er-Jahren – seine Funktionsfähigkeit eingebüßt. Nach und nach haben Grundstückseigentümer vor allem die kleineren Gräben verrohrt bzw. völlig zurückgebaut, um zusätzliche Grundstücksfläche zu gewinnen (siehe Abb. 14).



Abb. 14: Bruchstücke des ehemaligen offenen Grabensystems im Bereich der „Siedlung“ (Römhild, Mai 2012 und Kruse, März 2012)

Diese Maßnahmen waren teilweise genehmigt und dienten vor allem der Schaffung von Parkplätzen entlang der schmalen Wohnstraßen bzw. Wohnwege, zur bequemeren Nutzung der Grundstücke (Ingenieurgesellschaft Klütz & Kollegen GmbH 2005), zur Erweiterung der hinteren oder seitlichen Gartenbereiche oder zur Schaffung von mehr Wohnraum. Das ehemalige Fassungsvermögen der Gräben hat sich damit erheblich reduziert, zudem wurde die Funktionsfähigkeit teilweise unterbrochen. Zeitgleich führt diese Entwicklung oftmals zu einem erhöhten Versiegelungsgrad, sodass mehr Niederschlagswasser abgeleitet werden muss. Diese Entwicklung führt schon heute zu Entwässerungsproblemen auf den Grundstücken und Straßen.

Die nachfolgenden Abbildungen (siehe Abb. 15) illustrieren die Veränderung des Entwässerungssystems in der Siedlung von den 1950ern/1960ern bis zum heutigen Zeitpunkt. Die Gebäude sind grau hinterlegt und das jeweilige Entwässerungssystem farblich markiert.

Auch in anderen Bereichen Elmshorns wurde durch die Ausbreitung der Stadt bestehende Grabensysteme, die aus dem Umland über das Stadtgebiet verliefen, unterbrochen, verrohrt (und damit in ihrer Kapazität reduziert) oder verlegt. Dies führt schon heute zu Entwässerungsproblemen.



Abb. 15: Das ursprüngliche Entwässerungssystem der Siedlung aus den 1950er- / 1960er- Jahren (Abb. oben) im Vergleich zur aktuellen Situation (Abb. unten) (Römhild / Kruse 2012)

Versickerung an ungeeigneten Standorten

Stadtweit ist zudem problematisch, dass manche Bebauungspläne auch für ungeeignete Gebiete die Versickerung des Niederschlagswassers auf Privatgrundstücken festsetzen. Der hohe Grundwasserstand in diesen Gebieten

macht eine Drainage der Grundstücke erforderlich, sodass das versickerte Wasser anschließend in die Kanalisation eingespeist wird, um eine Vernässung der Grundstücke zu verhindern (Beiersdorf 2011).

Normanforderungen an die Entwässerungssicherheit

Neben den zuvor aufgeführten Punkten spielen auch aktuelle gesetzliche Anforderungen eine Rolle, die durch die Stadtentwässerung bei der Neuplanung oder bei der Sanierung bestehender Entwässerungssysteme umgesetzt werden müssen. Dazu gehören insbesondere die europäische DIN-Norm DIN EN 752 und das technische Arbeitsblatt der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. DWA-A 118. Ziel ist dabei, einen ausreichenden Überflutungsschutz zu gewährleisten. „Aus wirtschaftlichen Gründen können sie (die Entwässerungssysteme – Anmerkung der Verfasser) jedoch nicht so ausgelegt werden, dass bei Regen ein

absoluter Schutz vor Überflutungen und Vernässungen gewährleistet ist.“ (DWA 2006, S. 13) Derzeit kann die Stadtentwässerung Elmshorn eine Überflutungssicherheit von einmal in 3 Jahren sicherstellen, womit Elmshorn die Anforderungen für den aktuellen Überflutungsschutz in den meisten Stadtgebieten erfüllt. Die Anforderungen für Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete für eine Überflutungshäufigkeit von einmal in 30 Jahren ohne Einstau in der Regenkanalisation wird jedoch nicht erfüllt. Problematisch bei der Bemessung der Regenkanalisation ist der variable Wasserstand in der Krückau, den bisher keine Norm oder Richtlinie vorsieht.

Ort	Häufigkeit der Bemessungsregen ¹⁾	Überstauhäufigkeit	Überflutungshäufigkeit	Überstauhäufigkeit bestehender Netze
Ländliche Gebiete	1 in 1	1 in 2	1 in 10	1 in 1
Wohngebiete	1 in 2	1 in 3	1 in 20	1 in 2
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	1 in 5	seltener 1 in 5	1 in 30	1 in 3
Unterführungen	1 in 10	seltener 1 in 10	1 in 50	1 in 5

¹⁾ Für Bemessungsregen dürfen keine Überlastungen auftreten

Abb. 16: Bemessungshäufigkeit nach DIN EN752 bzw. DWA A118

2.6.4 Zusammenfassung

Die Überflutungsgefahr entlang der Krückau droht von verschiedenen Hochwassersituationen. Dementsprechend hängt der maßgebende Wasserstand je nach Abschnitt von unterschiedlichen Faktoren ab. Im Oberlauf, wo der Tideeinfluss nicht vorhanden oder nur gering ist, resultiert der maßgebende Wasserstand aus einem Hochwasserereignis, welches statistisch gesehen einmal in 100 Jahren (HQ100) auftritt. Im Stadtbereich von Elmshorn wechselt die maßgebende Belastungssituation, da sich ab hier der Rückstau infolge der Sperrwerksschließung auswirkt. Die höchsten Wasserstände in diesem Abschnitt der Krückau ergeben sich aus der Kombination einer Sturmflut mit geschlossenem Sperrwerk und einem Binnenhochwasser bei gleichzeitigem Schöpfwerksbetrieb.

Die Nutzung der tief liegenden Gebiete am Unterlauf der Krückau ist von einem funktionierenden Hochwasserschutz abhängig. Dieser umfasst eine geschlossene

Deichlinie, die Überflutungen durch hohe Wasserstände vermeidet, ein Sturmflutsperrwerk, welches die Krückau gegen hohe Wasserstände in der Elbe abschottet und ein Entwässerungssystem, das dafür sorgt, dass Niederschlags- und Grundwasser aus den tief liegenden Gebieten abfließt oder abgepumpt wird. Einige Bereiche, wie z.B. der Elmshorner Hafen, sind trotz der Maßnahmen bereits heute gelegentlich von Überflutungen betroffen. Darüber hinaus stellt der Anschluss des Deiches (Höhe ca. 6 m ü. NN) an das anstehende Gelände (Höhe ca. 4 m ü. NN) im Bereich des Nordufers im Elmshorner Hafens ein potenzielles Risiko dar. Zwar liegen die 4 m ü. NN oberhalb des heutigen maßgebenden Wasserstands, allerdings fällt das Gelände in nördlicher und westlicher Richtung stark ab, sodass sich das Wasser im Falle einer Überflutung rasch ausbreiten und das gesamte Stadtgebiet nördlich der Königstraße betreffen könnte.

Auch die Oberflächenentwässerung in einigen Stadtteilen von Elmshorn bereitet bereits heute große Probleme. Hier kommt es häufiger als zulässig zu Überstauungen in Teilbereichen der Kanalisation bzw. zu lokalen Überflutungen im Stadtgebiet. Die Gründe hierfür sind vielfältig:

- eine zunehmende Versiegelung von Flächen im Stadtgebiet (z.B. im Industriegebiet Nord, aber auch durch eine nachträgliche Verdichtung von Wohngebieten in Form der sogenannten Bebauung in der zweiten Bauflucht);
- das teilweise genehmigte Verrohren bzw. Zuschütten von bestehenden offenen Entwässerungsgräben durch die Bürger sowohl auf privatem als auch auf öffentlichem Grund;
- die Versickerung von Regenwasser auf privaten Grundstücken an ungeeigneten Standorten.

Wo sich die derzeitigen Entwässerungsprobleme im Stadtgebiet befinden, illustriert Abbildung 17.

Hinzu kommen aktuelle gesetzlichen Anforderungen, die durch die Stadtentwässerung umgesetzt werden müssen, die u.a. einen Schutz vor Überflutungen bei Starkregen vorsehen.

Ein Ausbau bzw. eine Erweiterung der Elmshorner Kanalisation ist in vielen Fällen aufgrund der topographischen Gegebenheiten vor Ort nicht bzw. nur unter einem hohen Kostenaufwand möglich (Beiersdorf 2011, Kluge et al. 2010). Hinzu kommt, dass die Versickerung von Niederschlagswasser in großen Bereichen der Stadt aufgrund von anstehendem Grundwasser, einem hohem Versiegelungsgrad und zum Teil belasteten Böden nicht umsetzbar ist. Von daher müssen Maßnahmen getroffen werden, die zukünftig das Entwässerungssystem in Elmshorn auf flexible Weise ergänzen können.

Trotz der großen Relevanz des Hochwasserschutzes für die Stadt Elmshorn und die Umlandgemeinden existiert bislang kein integratives Hochwasserschutzkonzept, welches den Umgang mit Flusshochwasser und der Regenentwässerung (aus städtischem Gebiet und aus der Marsch) behandelt.

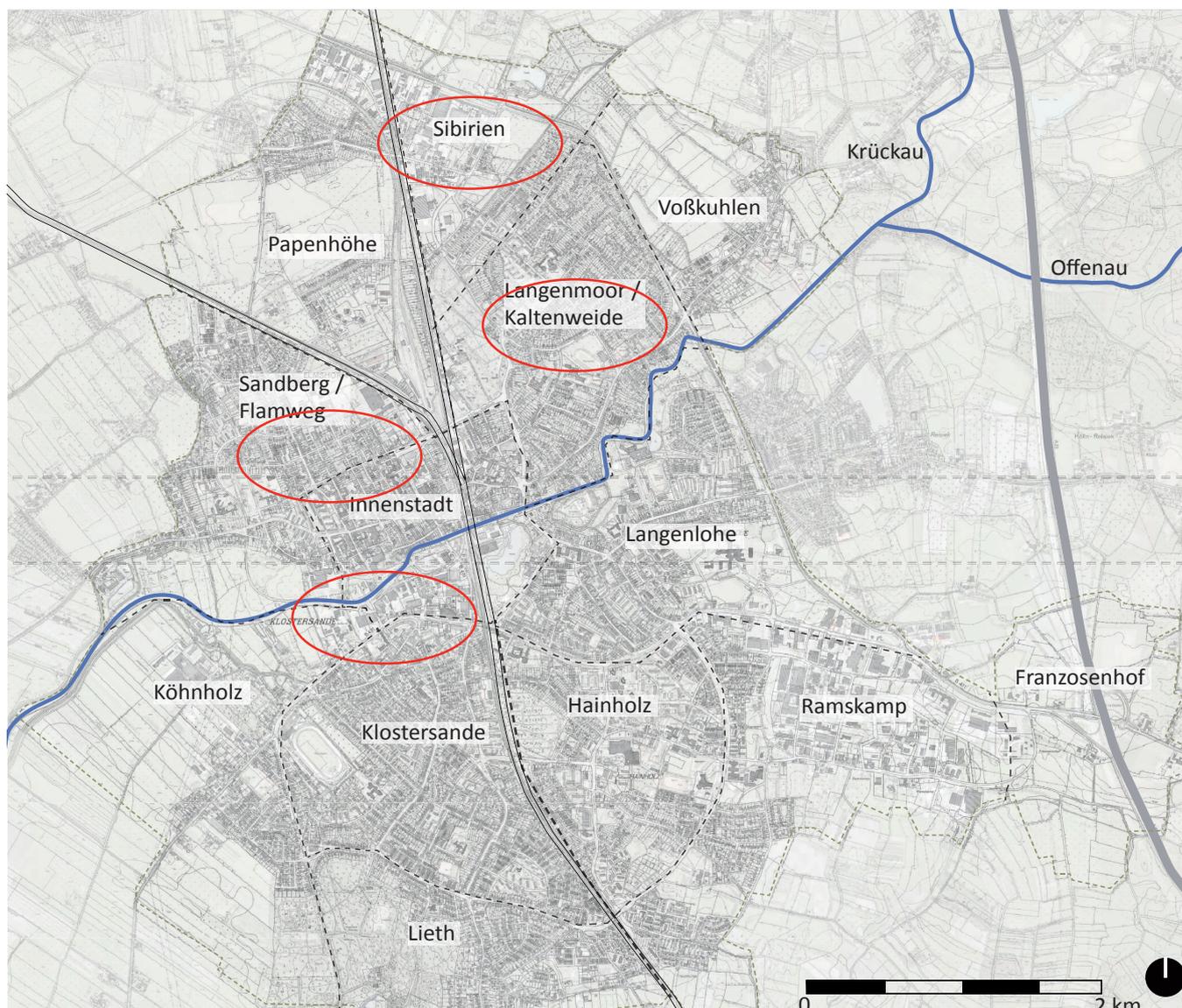


Abb. 17: Verortung der derzeitigen Entwässerungsprobleme im Stadtgebiet von Elmshorn (Higlistler / Kruse 2012)

2.7 Klimaveränderungen in der Region

In diesem Kapitel werden die von den regionalen Klimamodellen REMO und CLM projizierten regionalen Klimaänderungen für den Landkreis Pinneberg betrachtet. Der Fokus liegt dabei auf den Änderungen von Temperatur und Niederschlag. Diese werden im klimatologischen Mittel über einen Zeitraum von 30 Jahren quantifiziert. Als Referenzzeitraum dienen die Jahre von 1971 bis

2000. Die Auswertungen beziehen sich auf die Klimaänderungen bis Mitte des 21. Jahrhunderts (2036 - 2065) und zum Ende des 21. Jahrhunderts (2071 - 2100). Die hier vorgestellten Ergebnisse sind Teil einer Auswertung der regionalen Klimamodellergebnisse für die verschiedenen Modellgebiete innerhalb von KLIMZUG-NORD (Rechid et al. 2013).

Datengrundlage

Datengrundlage sind Simulationen der regionalen Klimamodelle REMO (Jacob 2001) und CLM (Rockel et al. 2008), die Randwerte stammen aus Simulationen des globalen Klimamodells ECHAM5-MPIOM (Roeckner et al. 2003, Jungclaus et al. 2006). Die Bandbreite zukünftiger Klimaänderungen aufgrund unterschiedlicher möglicher Treibhausgasemissionen wird durch Rechnen der SRES Emissionsszenarien (Nakicenovic et al. 2000) A1B, A2, und B1 abgebildet. Damit werden mögliche Pfade globaler demographischer, sozioökonomischer und technologischer Entwicklungen berücksichtigt. Diese globalen Szenarien sind im Glossar kurz beschrieben. Für jedes Emissionsszenario werden mehrere Realisierungen gerechnet, um die Bandbreite zukünftiger Klimaänderungen aufgrund

der internen Klimavariabilität abzuschätzen. Für REMO liegen jeweils drei Realisierungen der Szenarien A1B, A2, und B1 in ca. 10 km horizontaler Auflösung vor (Jacob et al. 2005, Jacob et al. 2008, Jacob et al. 2009, Jacob et al. 2012), für CLM jeweils zwei Realisierungen der Szenarien A1B und B1 in ca. 18 km horizontaler Auflösung (Hollweg et al. 2008, Lautenschlager et al. 2009, Keuler et al. 2009a, Keuler et al. 2009b). Die einzelnen Szenarien sowie die verschiedenen Realisierungen sind in den folgenden Abbildungen möglicher Klimaänderungen dargestellt. Das vorliegende Ensemble von 13 Simulationen deckt nur einen Teil der Bandbreite möglicher zukünftiger Klimaänderungen ab².

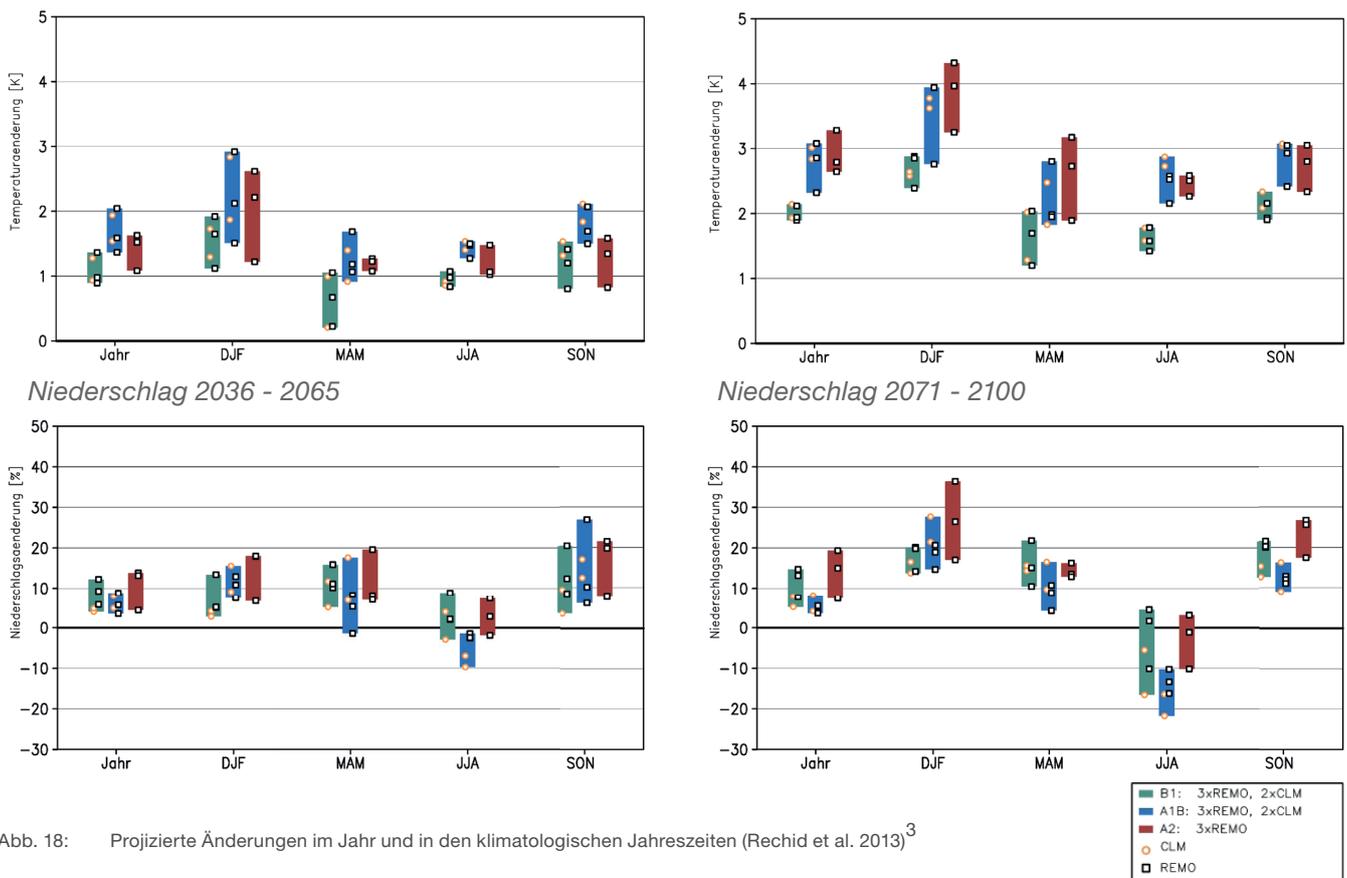


Abb. 18: Projizierte Änderungen im Jahr und in den klimatologischen Jahreszeiten (Rechid et al. 2013)³

² Zum einen besteht die Möglichkeit, dass die zukünftigen Treibhausgasemissionen die durch die Szenarien aufgespannte Bandbreite verlassen, zum anderen wird durch die Auswertung der Ergebnisse von lediglich zwei regionalen Klimamodellen, welche von demselben globalen Klimamodell angetrieben werden, nur ein Teil der Bandbreite aufgrund von Modellunsicherheiten abgedeckt. Ein Vergleich mit größeren Ensembles, wie sie in den Projekten PRUDENCE und ENSEMBLES erstellt wurden und in CORDEX zurzeit erweitert werden, bietet sich an, um die in diesem Abschnitt erhaltenen Ergebnisse besser einordnen zu können.

³ Abb. 18 zeigt die projizierten Änderungen im Jahr und in den klimatologischen Jahreszeiten für die Temperatur (a, b) und den Niederschlag (c, d) für 2036 - 2065 (links) und 2071 - 2100 (rechts) gegenüber 1971 - 2000. Die farbigen Balken zeigen die Bandbreite der Klimaänderungssignale aller Realisierungen eines Szenarios für die beiden Zielzeiträume. Die Markierungen zeigen die Werte der einzelnen Simulationen. Die Abkürzungen DJF, MAM, JJA und SON stehen für die meteorologischen Jahreszeiten Dezember-Januar-Februar; März-April-Mai; Juni-Juli-August; sowie September-Oktober-November.

Änderungen der jahreszeitlichen Mittel

Die projizierten Änderungen der jahreszeitlichen Mittel stellt Abbildung 18 für Temperatur und Niederschlag dar.⁴ Temperaturänderungen werden nach Konvention stets in Kelvin (K) angegeben, eine Änderung um 1 K entspricht einer Änderung um 1 °C.

Alle Szenarien zeigen für alle Zielzeiträume einen Anstieg der Temperatur. Der größte Temperaturanstieg wird für den Winter (DJF), der geringste Anstieg für Sommer (JJA) erwartet. Bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts hängt der projizierte Temperaturanstieg mehr vom Modell und der Realisierung als vom Emissionsszenario ab. Dagegen ist der Temperaturanstieg zum Ende des 21. Jahrhunderts von den Emissionsszenarien abhängig. Die Szenarien A1B und A2 mit vergleichsweise hohen Treibhausgasemissionen zeigen einen deutlich größeren Temperaturanstieg als das Szenario B1 mit vergleichsweise geringen Treibhausgasemissionen.

Im Jahresmittel zeigen die verschiedenen Szenarien einen Anstieg der Niederschlagsmenge für beide Zielzeiträume. Dieser zeigt sich auch in der jahreszeitlichen Niederschlagsmenge in Herbst, Winter (stärkste Zunahme gegen Ende des 21. Jahrhunderts) und Frühjahr. Zur Mitte des 21. Jahrhunderts zeigt sich für die sommerliche Niederschlagsmenge kein klarer Trend. Gegen Ende des 21. Jahrhunderts zeigen nur im A1B Szenario alle Simulationen eine Abnahme der sommerlichen Niederschlagsmenge. Im B1 und A2 Szenario zeigen einige Simulationen eine Zunahme, andere eine Abnahme der sommerlichen Niederschlagsmenge. Der Einfluss der Klimavariabilität ist beim Niederschlag deutlich größer als bei der Temperatur. Daher sind auch gegen Ende des 21. Jahrhunderts keine deutlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Szenarien zu erkennen.

Änderung der Tageswerte

Abbildung 19 stellt die simulierten Perzentile der Tagesmitteltemperatur im Referenzzeitraum 1971 - 2000 sowie deren Änderungen dar. Der Begriff des Perzentils wird im Glossar erläutert. Im Winter fällt der Anstieg der niedrigen Perzentile (kalte bis sehr kalte Tage) deutlich stärker aus als der Anstieg der höheren Perzentile (milde Tage). Die mittlere Erwärmung im Winter kommt vor allem dadurch zustande, dass deutlich weniger kalte bis sehr kalte Tage vorkommen. Die Verteilung der simulierten Tagesmitteltemperaturen im Winter wird damit im Zukunftsklima schmaler. Diese Aussage ist für alle Realisierungen der 3 Szenarien in beiden zukünftigen Zeiträumen erfüllt. Im Sommer ist für den Zeitraum 2036 - 2065 der Anstieg für die verschiedenen Perzentile bei beiden Modellen für das B1 Szenario sehr ähnlich, für das A1B und das A2 Szenario zeigt sich ein leicht stärkerer Anstieg der höheren Perzentile (warme bis heiße Tage) im Vergleich zu den niedrigeren Perzentilen (kühle Tage). Diese Aussage ist für die beiden regionalen Klimamodelle gleich. Für den Zeitraum 2071 - 2100 ist der stärkere Anstieg der höheren Perzentile für das A1B und das A2 Szenario noch etwas ausgeprägter als für den Zeitraum 2036 - 2065. Für das B1 Szenario zeigt sich weiterhin keine eindeutige Abhängigkeit des Temperaturanstiegs vom Perzentil.

In Abbildung 20 sind die simulierten Perzentile der Tagesniederschlagssummen an Tagen mit mehr als 1 mm Niederschlag im Referenzzeitraum 1971 - 2000 sowie deren Änderungen dargestellt. Im Sommer wird eine Abnahme der Niederschlagsintensität an Tagen mit leichten bis

mittleren Niederschlägen projiziert, an Tagen mit hoher Niederschlagsintensität dagegen eine Zunahme. Dies zeigt, dass die leichte Abnahme der klimatologischen Niederschlagsmenge im Sommer bis zum Ende des 21. Jahrhunderts gleichzeitig mit einer Zunahme der Intensität von Starkniederschlägen verbunden ist. Der Übergangsbereich zwischen Abnahme und Zunahme der sommerlichen Niederschlagsintensitäten befindet sich in etwa im Bereich des 80. Perzentils mit Tagesniederschlägen von ca. 10 mm im Referenzzeitraum. Im Winter ist eine generelle Zunahme der Niederschlagsintensitäten festzustellen. Für den Zeitraum 2071 - 2100 zeigen alle Realisierungen aller Szenarien das beschriebene Signal, für den Winter kann keinerlei Trennung nach Szenario festgestellt werden. Für den Sommer zeigt sich eine etwas stärkere Tendenz zu einem Anstieg der hohen Niederschlagsintensitäten für das A2 und das A1B Szenario im Vergleich zum B1 Szenario. Für den Zeitraum 2036 - 2065 sind die Änderungen etwas schwächer ausgeprägt als für den Zeitraum 2071 - 2100. Für den Winter zeigen dennoch alle Realisierungen aller Szenarien einen Anstieg der niedrigen und mittleren Perzentile, bei den hohen Perzentilen zeigen einzelne Simulationen negative Änderungen, welche auf die hohe Variabilität der stärkeren Niederschläge zurückzuführen sind. Für den Sommer ist der Anstieg der hohen Niederschlagsintensitäten in jeder Realisierung der verschiedenen Szenarien zu finden, während die Abnahme der niedrigen Niederschlagsintensitäten für den Zeitraum 2036 - 2065 kein robustes Ergebnis ist.

⁴ Für den Winter wurden alle CLM, sowie die REMO-A1B-1; REMO-A1B-2; REMO-B1-1; REMO-A2-1 Läufe weggelassen, da in den für diese Simulationen verwendeten Modellversionen eine unrealistische Häufung von Tagesmitteltemperaturen um 0 °C aufgetreten ist. In der linken Spalte sind die Perzentile der mittleren Tagestemperatur für den Referenzzeitraum (a) und die Abweichungen für die beiden Zielzeiträume (c, e) für den Winter dargestellt, in der rechten Spalte die entsprechenden Abbildungen für den Sommer (b, d, f).

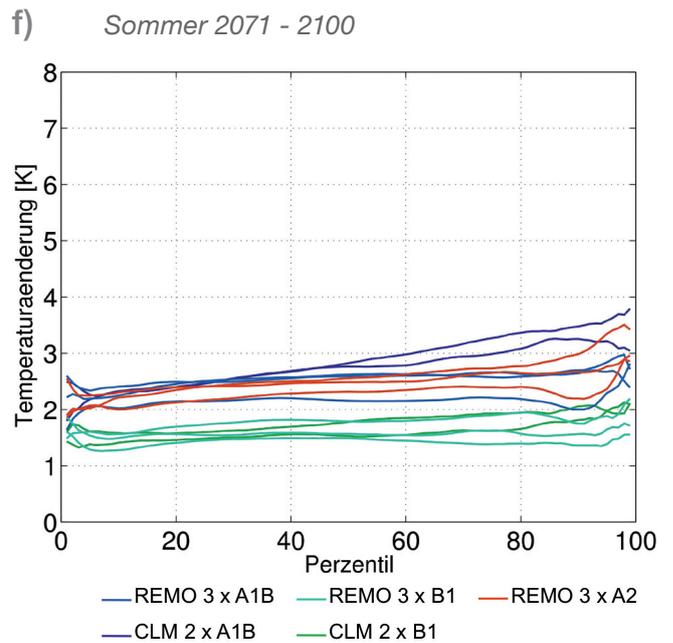
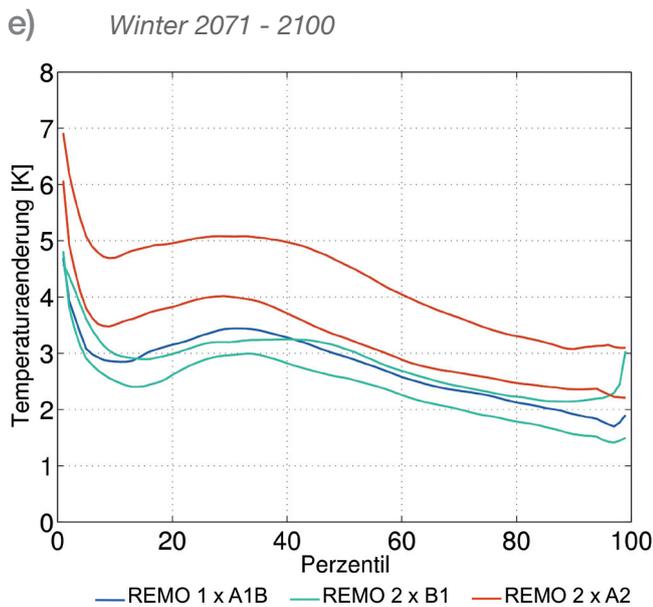
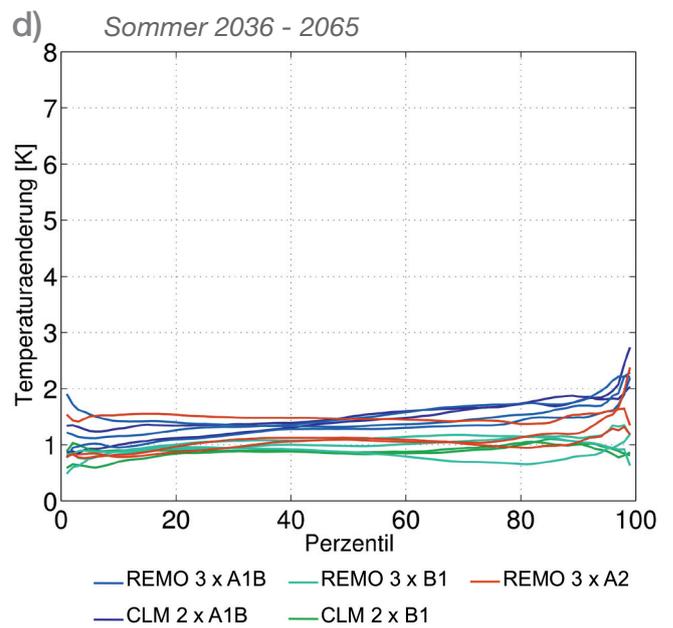
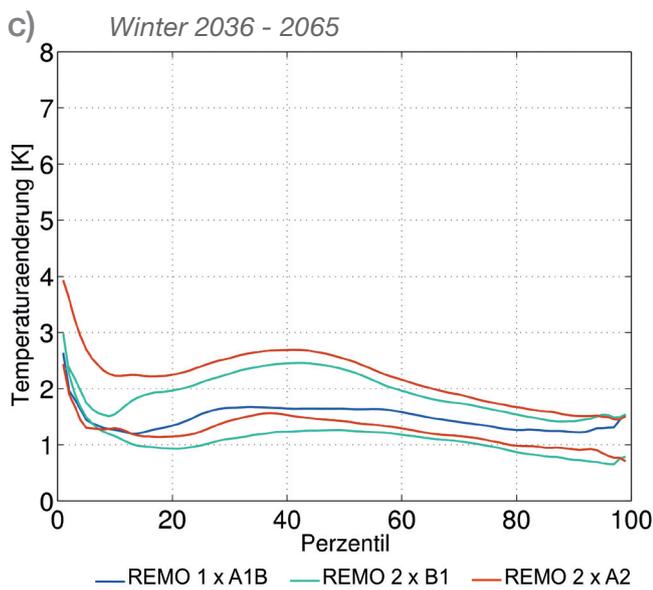
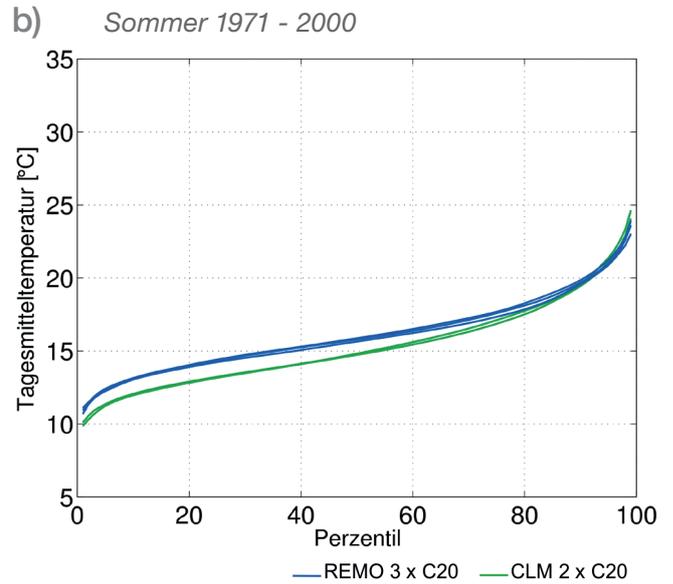
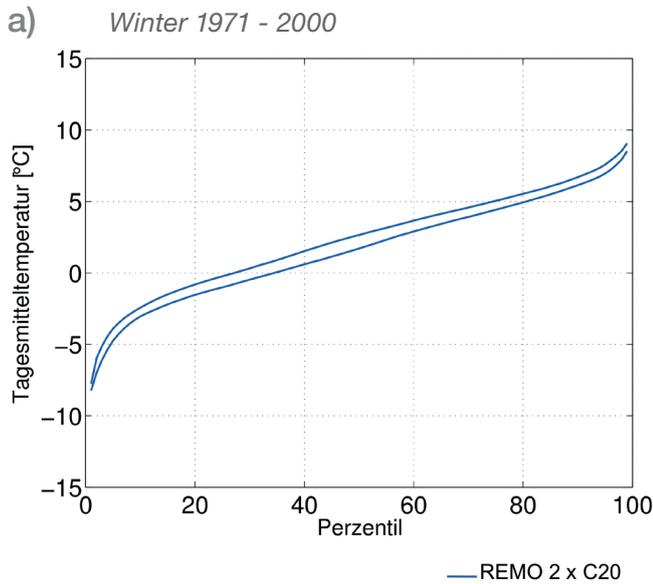


Abb. 19: Perzentile der mittleren Tagesstemperatur (Rechid et al. 2013)⁵

⁵ In der linken Spalte sind die Perzentile des Tagesniederschlags für den Referenzzeitraum (a) und die Abweichungen für die beiden Zielzeiträume (c, e) für den Winter dargestellt, in der rechten Spalte die entsprechenden Abbildungen für den Sommer (b, d, f)

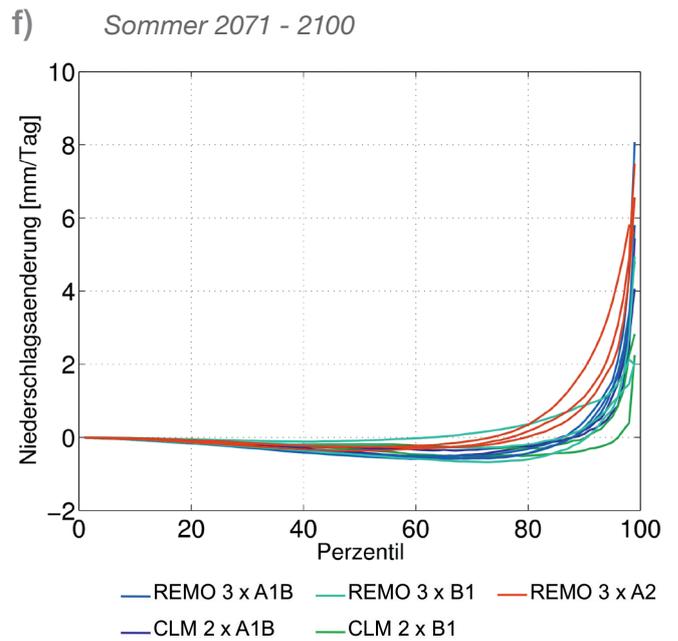
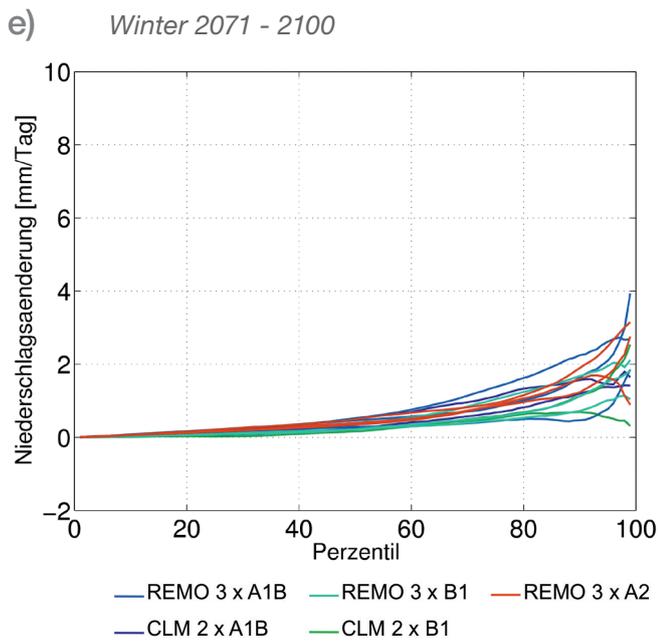
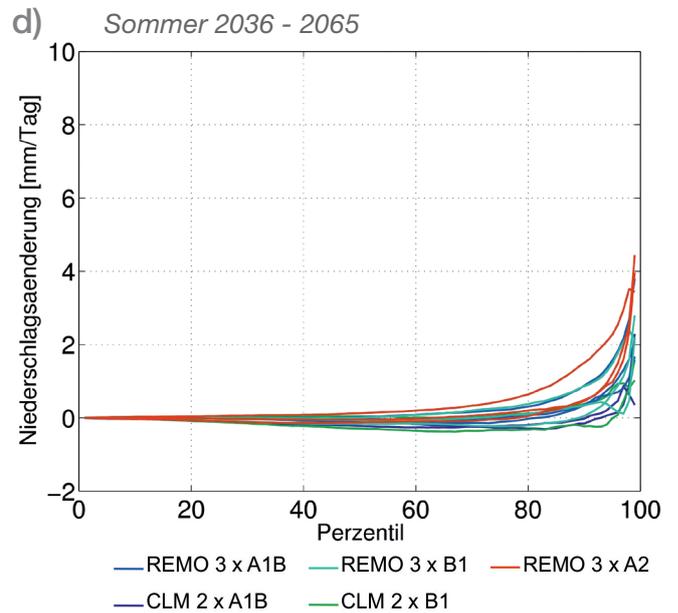
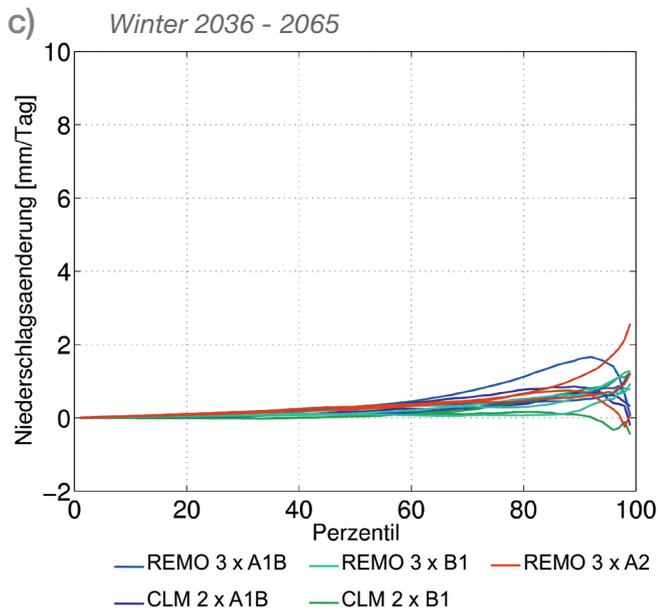
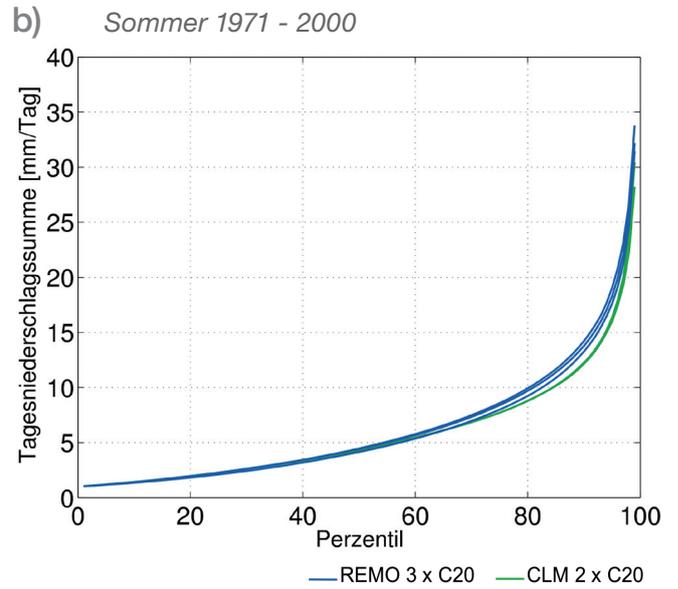
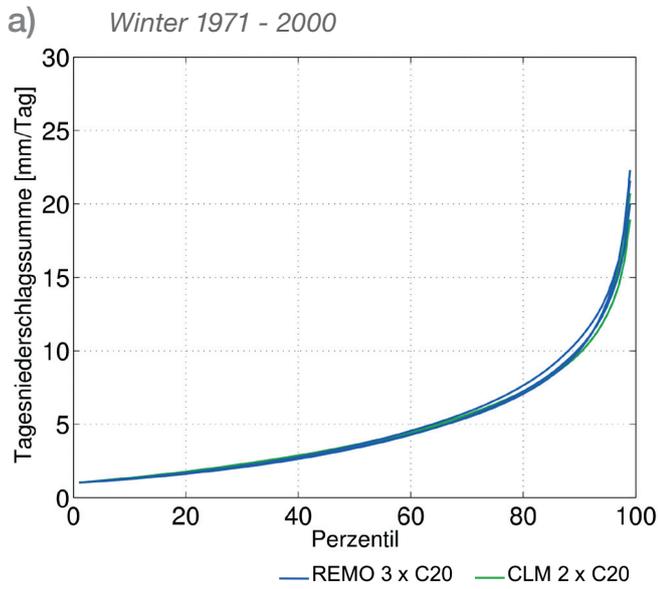


Abb. 20: Perzentile des Tagesniederschlags (Rechid et al. 2013)⁶

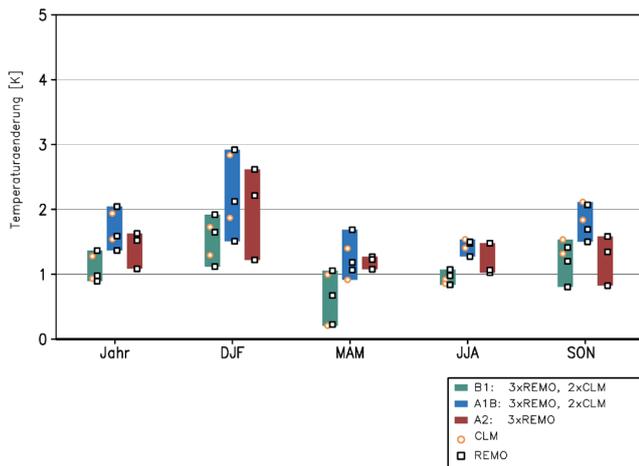
6 In der linken Spalte sind die Perzentile des Tagesniederschlags für den Referenzzeitraum (a) und die Abweichungen für die beiden Zielzeiträume (c, e) für den Winter dargestellt, in der rechten Spalte die entsprechenden Abbildungen für den Sommer (b, d, f)

Änderung der Kenntage

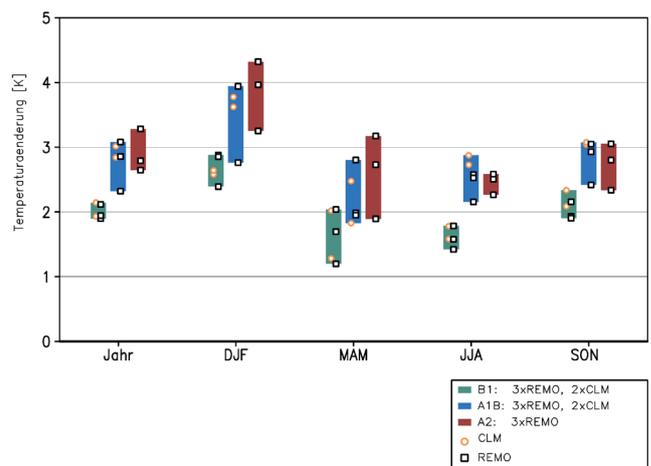
In Abbildung 21 sind die projizierten Änderungen ausgewählter Kenntage dargestellt. Die Anzahl der Sommertage (Tage mit T_{max} größer $25\text{ }^{\circ}\text{C}$) nimmt im zukünftigen Klima deutlich zu, insbesondere zum Ende des 21. Jahrhunderts. Auch die Anzahl der Hitzetage (Tage mit T_{max} größer gleich $30\text{ }^{\circ}\text{C}$) steigt deutlich an. Die Anzahl der Tropennächte (Tage mit T_{min} größer $20\text{ }^{\circ}\text{C}$) nimmt nur leicht zu, da die minimale Tagestemperatur auch in Zukunft nur selten über $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ bleibt.

Die Anzahl der Tage mit Starkniederschlag (Tage mit Niederschlag größer gleich 20 mm) pro Jahr steigt in jeder Jahreszeit an, wobei der Trend gegen Ende des 21. Jahrhunderts für alle Jahreszeiten außer Sommer deutlicher ist.

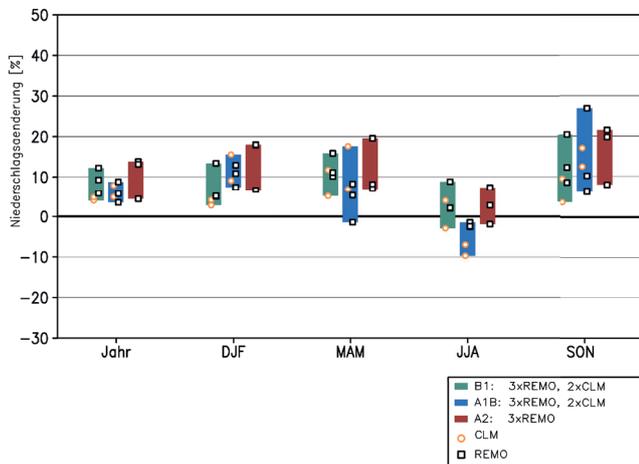
a) Sommer-, Hitzetage und Tropennächte 2036 - 2065



b) Sommer-, Hitzetage und Tropennächte 2071 - 2100



c) Tage mit Niederschlag $\geq 20\text{ mm}$ 2036 - 2065



d) Tage mit Niederschlag $\geq 20\text{ mm}$ 2071 - 2100

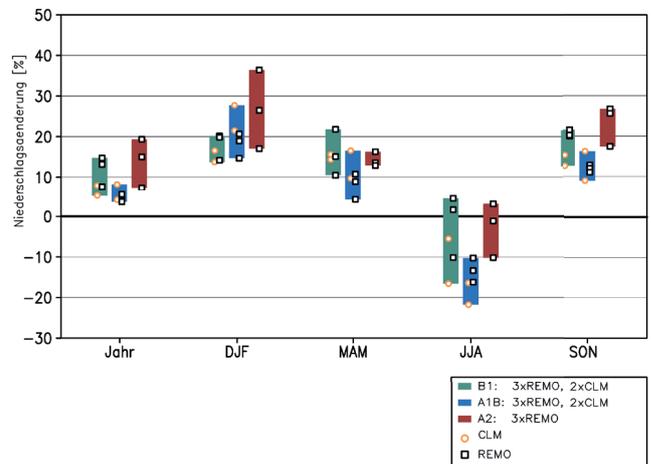


Abb. 21: Projizierte Änderungen der Anzahl von Sommer-, Hitzetagen, Tropennächten und Starkniederschlagstagen (Rechid et al. 2013)⁷

⁷ Projizierte Änderungen der Anzahl von Sommertagen (10 - 16 Tage pro Jahr im Referenzzeitraum), der Anzahl von Hitzetagen (1 - 5 Tage pro Jahr im Referenzzeitraum), und der Anzahl von Tropennächten (0,1 - 0,3 Tage pro Jahr im Referenzzeitraum) (a, b) und projizierte Änderung der Anzahl von Starkniederschlagstagen (0,5 - 1,1 Tage pro Jahr in DJF; 0,3 - 0,6 Tage pro Jahr in MAM; 1,2 - 2,0 Tage pro Jahr in JJA; und 0,7 - 1,6 Tage pro Jahr in SON) für die verschiedenen Jahreszeiten (c,d.) jeweils dargestellt für 2036 - 2065 (links) und 2071 - 2100 (rechts) gegenüber 1971 - 2000. Die farbigen Balken zeigen die Bandbreite der Klimaänderungssignale aller Realisierungen eines Szenarios für die beiden Zielzeiträume. Die Markierungen zeigen die Werte der einzelnen Simulationen.

Stadtklima von Elmshorn

Eine Stadt bildet durch die Bebauung und die versiegelten Flächen ein anderes Klima aus als die ländliche Umgebung. Zum einen wird die Sonneneinstrahlung vom Tag gespeichert und nachts als Wärme abgegeben, zum anderen wird der Wind in den bodennahen Schichten abgeschwächt. Dies beeinflusst wiederum die Wolkenbildung und den Niederschlag.

Für Elmshorn liegen keine meteorologischen Messwerte vor, sodass die Wärmeinsel von Elmshorn nicht bestimmt werden kann. Vermutlich bildet Elmshorn eine nächtliche Wärmeinsel aus. Da die regionalen Klimamodelle REMO und CLM horizontale Auflösungen von ungefähr 10 km bzw. 18 km verwenden, kann dieser Effekt in den Simulationen nicht quantifiziert werden. In dem höher auflösenden meteorologischen Modell METRAS (Schlünzen 1990, Schlünzen et al. 2012) zeigt Elmshorn eine schwach ausgeprägte Wärmeinsel.

Zusammenfassung

Unter der Annahme der Emissionsszenarien B1, A1B und A2 muss sich Elmshorn und Umgebung bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts auf steigende Temperaturen einstellen (ca. 1 - 3 °C im Winter und ca. 1 - 1,5 °C im Sommer). Zum Ende des 21. Jahrhunderts ist eine Differenzierung der Simulationsergebnisse auf Grundlage der Szenarien mit vergleichsweise hohen Treibhausgasemissionen A1B und A2 (stärkerer Temperaturanstieg) und auf dem Szenario mit vergleichsweise niedrigen Treibhausgasemissionen B1 (schwächerer Temperaturanstieg) zu erkennen. Je nach zukünftigem Verlauf der Treibhausgasemissionen sind daher für diesen Zeitraum unterschiedlich starke Temperaturanstiege zu erwarten. Die Anzahl von Sommer- und Hitzetagen wird in der Zukunft deutlich ansteigen. Dies deutet auf eine gesteigerte Hitzebelastung am Tag hin. Im zukünftigen Klima steigt die Anzahl der Tropennächte pro Jahr, bleibt aber absolut betrachtet mit 1 - 4 Tagen pro Jahr auch in Zukunft vergleichsweise gering.

Aufgrund seiner Größe wird Elmshorn selbst keinen Einfluss auf den Niederschlag besitzen, ist jedoch bei Windrichtungen aus Süd-Ost durch Hamburg beeinflusst. Im Lee von Hamburg wird der Niederschlag verstärkt (Schlünzen et al. 2010).

Das zukünftige Stadtklima von Elmshorn hängt somit auch von den städtebaulichen Maßnahmen von Elmshorn und Hamburg ab. Entsiegelung und Begrünung von Elmshorn hilft, die nächtlichen Temperaturen zu senken und Starkniederschläge zu puffern.

Des Weiteren muss sich Elmshorn und Umgebung in der Zukunft auf steigende mittlere Niederschlagssummen einstellen. Im Sommer zeigen einzelne Simulationen in allen Szenarien auch einen möglichen Rückgang in der Niederschlagssumme. Nur für das A1B Szenario zeigen alle Simulationen einen Rückgang der Niederschlagssummen gegen Ende des 21. Jahrhunderts. Dieser Rückgang geht jedoch mit einer Verstärkung der Starkniederschläge einher. In den anderen Jahreszeiten gehen die steigenden Niederschlagssummen mit steigenden Niederschlagsintensitäten in allen Niederschlagsklassen einher, wobei die Intensitäten an Tagen mit hohen Niederschlägen stärker zunehmen als an Tagen mit geringen Niederschlägen.

Bei städtebaulichen Maßnahmen in Elmshorn muss die Wirkung von Gebäuden und versiegelten Flächen auf das Stadtklima berücksichtigt werden, um die Effekte des Klimawandels nicht zusätzlich zu verstärken.

3 Folgen des Klimawandels in der Modellregion: Probleme durch mehr Wasser

Edgar Nehlsen, Elke Kruse

Es ist zu erwarten, dass steigende Niederschlagsmengen und -intensitäten sowie ein steigender mittlerer Meeresspiegel die Wahrscheinlichkeit von Hochwasser und Überflutungen im Einzugsgebiet der Krückau erhöhen. Der Binnenabfluss der Krückau wird zu großen Teilen aus den Niederschlägen über dem Einzugsgebiet gebildet. Dementsprechend haben veränderte Niederschläge einen signifikanten Einfluss auf den Binnenabfluss. Kapitel 3.1 stellt dar, mit welcher Abflussänderung zukünftig zu rechnen ist. Der Fokus der Auswertung liegt auf den für den Hochwasserschutz maßgebenden Binnenabflussereignissen, die ein Wiederkehrintervall von 10 und 100 Jahren (HQ10 und HQ100) ausweisen. Die zweite relevante Größe für den Hochwasserschutz an der Krückau ist der tidebeeinflusste Wasserstand in der Elbe. Die zukünftig zu erwartenden Veränderungen in der Elbe werden vom Anstieg des mittleren Meeresspiegels in der Nordsee bestimmt. Kapitel 3.2 gibt einen Überblick zum aktuellen Stand des Wissens hinsichtlich der zu erwartenden Veränderungen des mittleren Meeresspiegels bis zum Ende des Jahrhunderts. Auf der Grundlage einer Sensitivitätsstudie mit einem hydrodynamisch-numerischen Modell werden die Auswirkungen eines veränderten Meeresspiegels auf die Wasserstände in der Elbe untersucht. Schließlich werden die Auswirkungen der veränderten Wasserstände in der Elbe auf die Vorflutverhältnisse in der Krückau dargestellt. Die Änderungen des Binnenhochwasserabflusses aus dem Einzugsgebiet der Krückau und der Tidewasserstände in der Elbe haben ebenfalls Änderungen des Extremlastfalls⁸ zur Folge. Kapitel 3.3 zeigt zunächst die Veränderung des Wiederkehrintervalls dieses Lastfalls und anschließend die zu erwartenden Änderungen des Wasserstands im Unterlauf der Krückau. Kapitel 3.4 zeigt schließlich die Probleme auf, die im Stadtgebiet von Elmshorn durch höhere Niederschlagsmengen und -intensitäten verursacht werden.

8 Kombination aus Binnenhochwasserabfluss (HQ10) mit einer Schließung des Sperrwerks über 3 Thw und 2 Tnw

3.1 Binnenhochwasser

Datengrundlage und Methodik

Mit einem Niederschlag-Abfluss Modell (N-A-Modell) vom Einzugsgebiet der Krückau wurde die Auswirkung der veränderten Niederschläge auf den Binnenabfluss in der Krückau bestimmt. Als Eingangsdaten für die Modellierung wurden Simulationsergebnisse des regionalen Klimamodells REMO (Kapitel 2.7) verwendet. An fünf Stationen, die regelmäßig über das Einzugsgebiet der Krückau verteilt sind, liefert das regionale Klimamodell die notwendigen Parameter Niederschlag, Temperatur, Windgeschwindigkeit und Sonnenscheindauer. Alle Datensätze reichen vom Jahr 1950 bis zum Jahr 2100 und

haben eine zeitliche Auflösung von einer Stunde. Die Auswertung der Simulationen erfolgte für die Pegel an der Autobahn A23 und im Elmshorner Hafen. Aus den Jahreshöchstabflüssen von drei Intervallen, jeweils von 50 Jahren Länge, wurde per Extremwertstatistik die Wiederkehrzeitspanne bestimmter Hochwasserabflüsse bestimmt. Aus einer Gegenüberstellung der ersten Zeitscheibe (1951 - 2000) der zweiten (2001 - 2050) und der dritten (2051 - 2100) ergeben sich die prozentualen Änderungen der Abflüsse mit gleicher Wiederkehrzeitspanne.

Steigende Hochwasserabflüsse

Abbildung 22 zeigt die Ergebnisse für den Pegel an der Autobahn A23. Abgebildet sind die Änderungen von Abflussereignissen gegenüber der Referenzperiode 1951-2000 mit den Wiederkehrintervallen 10 und 100 Jahren. In der ersten Hälfte des Jahrhunderts ist in beiden Fällen tendenziell eine leichte Abnahme zu erkennen, während in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts die Mehrheit der Simulationsergebnisse auf eine Zunahme der Abflüsse hindeutet. Insgesamt ergibt sich für das HQ10 eine Bandbreite von -20 % bis +15 % (2000 - 2050) und -5 % bis +25 % (2050 - 2100). Für das HQ100 ergibt sich eine Bandbreite von -35 % bis +5 % (2000 - 2050) und -25 % bis +30 % (2050 - 2100). Für den Elmshorner Hafen ergeben sich ähnliche relative Abflussänderungen. Der absolute Abfluss zwischen der A23 und dem Elmshorner Hafen wird im Wesentlichen durch den Zufluss der Offenau und die Einleitungen aus dem Stadtgebiet über die Regenwassersiele und das Schöpfwerk Kaltenweide

erhöht. Die Bestimmung der Wiederkehrintervalle erfolgt auf der Basis der Abflussscheitelwerte, also den maximalen Abflüssen der Hochwasserereignisse. Aus der Kenntnis eines Abflusses mit definiertem Wiederkehrintervall geht jedoch nicht hervor, welches Wasservolumen (Fülle) die Hochwasserwelle insgesamt beinhaltet. Die Fülle ergibt sich durch die Aufsummierung des Abflusses über die Dauer des Hochwasserereignisses. Für die Bestimmung des maßgebenden Wasserstandes im tidebeeinflussten Bereich muss neben dem Scheitelwert des Hochwasserereignisses auch die Fülle bekannt sein. In Abbildung 23 sind Abflussscheitelwert und Fülle aller simulierten Hochwasserereignisse gegeneinander aufgetragen. Der Zeitraum zur Ermittlung der Fülle ist zu 30 h gewählt. Dies entspricht der Dauer der Sperrwerksschließung. Deutlich zu erkennen ist der lineare Zusammenhang, sodass jedem Abfluss eine Fülle zugeordnet werden kann.

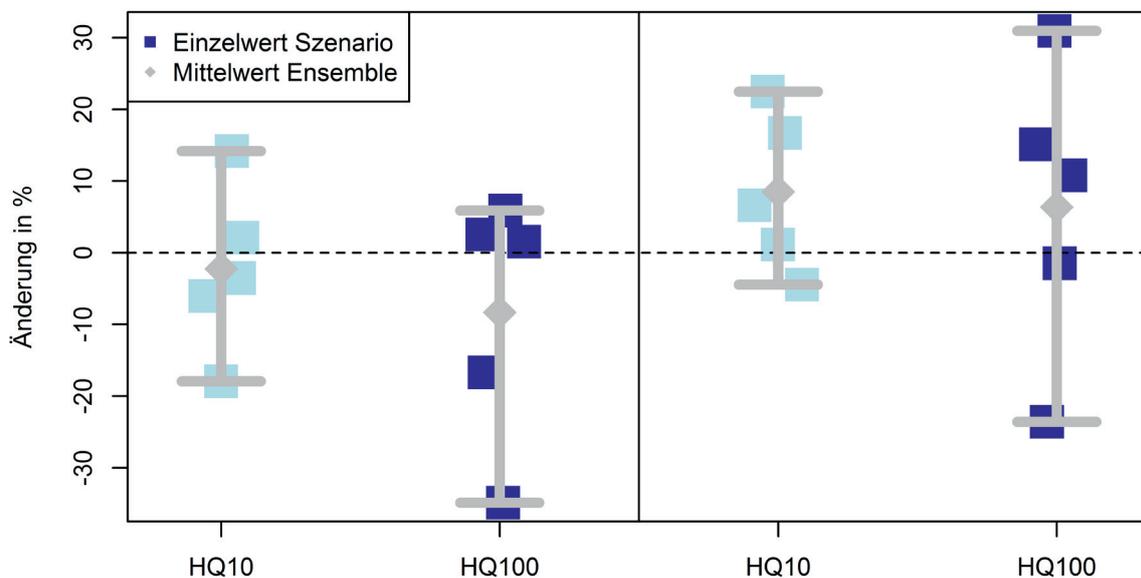


Abb. 22: Bandbreiten der Änderung von Hochwassern 2001 - 2050 (links) und 2051 - 2100 (rechts) für verschiedene Wiederkehrintervalle gegenüber 1951 - 2000 (TUHH 2014)

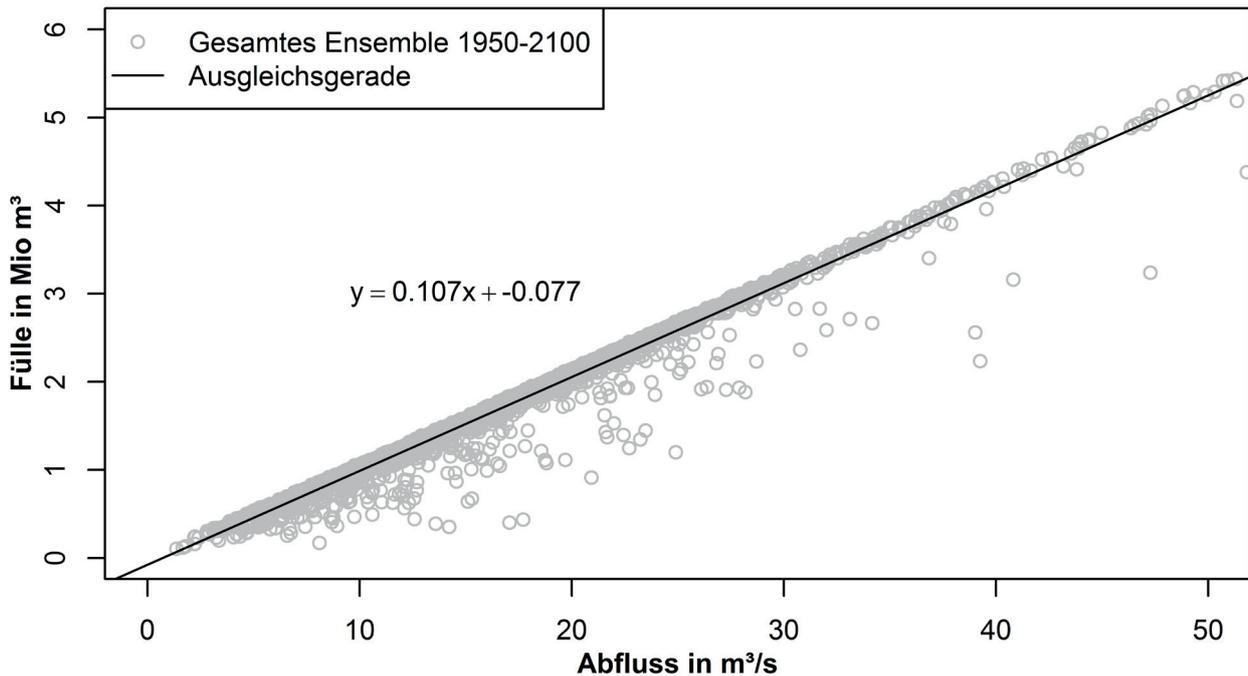


Abb. 23: Zusammenhang zwischen Abflussscheitelwert und 30h-Fülle (TUHH 2014)

3.2 Hohe Tidewasserstände

Durch die Verbindung mit der Elbe unterliegt der Unterlauf der Krückau dem Tideinfluss der Nordsee. Die

Tidewasserstände in der Nordsee hängen wiederum vom mittleren globalen Meeresspiegel ab.

Meeresspiegelanstieg in der Nordsee

Der Meeresspiegel ist keine Konstante, sondern unterliegt seit jeher Schwankungen und Veränderungen. In den letzten Jahren wurden verschiedene Arbeiten zu dieser Thematik veröffentlicht.

Jensen et al. (2011) haben Pegelaufzeichnungen an der deutsche Nordseeküste analysiert und Trends für die Änderung des relativen mittleren Meeresspiegels (Landenkungen/ -hebungen nicht berücksichtigt) ermittelt. Für den Pegel Cuxhaven ergaben die Untersuchungen einen positiven Trend von $2,3 \pm 0,1$ mm pro Jahr (Zeitraum 1843 - 2008). Für den Zeitraum 1971 - 2008 ergab sich ein signifikant höherer Trend von $3,6 \pm 0,8$ mm pro Jahr. Ein beschleunigter Anstieg ab 1971 wurde von denselben Autoren auch an allen anderen untersuchten Pegeln festgestellt. Woodworth et al. (2009) stellten für den Pegel Cuxhaven ebenfalls einen beschleunigten Anstieg seit 1970 fest. Der Pegel Cuxhaven wird für Untersuchungen langfristiger Veränderungen in der Elbe stets als Referenz herangezogen. Das hat den Grund, dass die Aufzeichnungen anderer Pegel, die weiter im Inneren des Ästuars liegen, stark beeinflusst sind von anthropogenen Eingriffen in das Elbe-Ästuar und somit für derartige Untersuchungen unbrauchbar sind.

Angaben zu Projektionen möglicher künftiger Meeresspiegel beziehen sich überwiegend auf den Anstieg des globalen mittleren Meeresspiegels. Auf der regionalen Ebene, wie z.B. für den Nordseeraum, können aufgrund verschiedener Effekte deutliche Abweichungen von den mittleren globalen Änderungen auftreten (Lowe et al. 2009). Der UN Klimarat IPCC (2007) gibt für den Anstieg des globalen mittleren Meeresspiegels bis zum Ende des 21. Jahrhunderts eine Spanne zwischen 18 und 79 cm an. Zu möglichen regionalen Unterschieden wird keine Aussage getroffen. Die Spanne basiert auf detaillierten Modelluntersuchungen, welche die Auswirkungen verschiedener möglicher Klimaentwicklungen auf den Meeresspiegelanstieg betrachten. Ein wesentlicher Unsicherheitsfaktor ist dabei das Verhalten der beiden kontinentalen Eisschilde über der Antarktis und Grönland. Das Prozessverständnis und dementsprechend auch die Modelle sind an dieser Stelle noch verbesserungsfähig. Zusätzliche Unsicherheiten entstehen dadurch, dass die für die Entwicklung des künftigen Klimas verantwortlichen Emissionen von Treibhausgasen unbekannt sind. Daher erfolgen die Untersuchungen auf der Grundlage von Szenarien, die sich in den Annahmen zur Emission von Treibhausgasen unterscheiden.

Seit der Veröffentlichung des vierten Sachstandsberichtes des IPCC in 2007 äußerten einige Autoren Zweifel an der angegebenen Spanne für den Meeresspiegelanstieg. Laut Pfeffer et al. 2008 ist ein Meeresspiegelanstieg von bis zu 2 m bis Ende des 21. Jahrhunderts zwar wenig wahrscheinlich, aber nicht ausgeschlossen. Auch in

Literaturstudien wie z.B. von Gönnert et al. 2009 oder Nicholls et al. 2010 finden sich deutlich höhere Obergrenzen. Für den regionalen Meeresspiegelanstieg in der Nordsee existieren einige Studien. Vellinga et al. (2009) geben z.B. für die niederländische Küste einen Anstieg von maximal 1,15 m bis zum Ende des Jahrhunderts an.

Auswirkungen auf die Elbe

Im Rahmen von KLIMZUG-NORD wurden verschiedene Szenarien zum Anstieg des mittleren Meeresspiegels in der Nordsee betrachtet. Die untersuchte Spanne reicht von 0,25 bis 1,40 m, womit der überwiegende Bereich der angegebenen Werte für den Anstieg des mittleren globalen Meeresspiegels bis zum Ende des 21. Jahrhunderts abgedeckt ist. Schulte-Rentrop und Rudolph (2011) führten eine Systemanalyse des Elbe-Ästuars durch und zeigten die Auswirkungen von variierenden Meeresspiegelanstiegen und Oberwasserzuflüssen auf verschiedene Sturmflutcharakteristiken. In Abbildung 24 sind die Ergebnisse der Untersuchungen am Beispiel der Sturmflutcharakteristik vom Februar 1976 dargestellt. Man erkennt den in Richtung Nordsee abnehmenden Einfluss des Binnenzuflusses auf den Wasserstand. Im Bereich der Krückau-Mündung nahe Glücksstadt beträgt dieser nur noch wenige Zentimeter. Demzufolge ist der Anstieg des Meeresspiegels in der Nordsee die dominierende

Komponente bei der Veränderung von Sturmflutwasserständen in der Elbe im Bereich der Krückau-Mündung. Der Scheitelwasserstand erhöht sich in etwa um den Betrag des angesetzten Anstiegs des mittleren Meeresspiegels am nordseeseitigen Modellrand.

Holzwarth (2011) hat in einer Sensitivitätsstudie gezeigt, dass bei einer Anhebung des mittleren Meeresspiegels (MSL) in der Nordsee um 0,8 m die Tidekennwerte Thw und Tnw nicht im gesamten Elbe-Ästuar konstant um den Betrag des MSL-Anstiegs angehoben werden (vgl. Abb. 25). Es wurde deutlich, dass das Thw im Verlauf des Ästuars stärker ansteigt als die angesetzten 0,8 m, während das Tnw weniger stark ansteigt. Dementsprechend nimmt der Tidehub zu. Bei einer Anhebung des MSL in der Nordsee steigt das Thw im Bereich der Krückau-Mündung nahe Glücksstadt um etwa 0,9 m und das Tnw um etwa 0,7 m an.

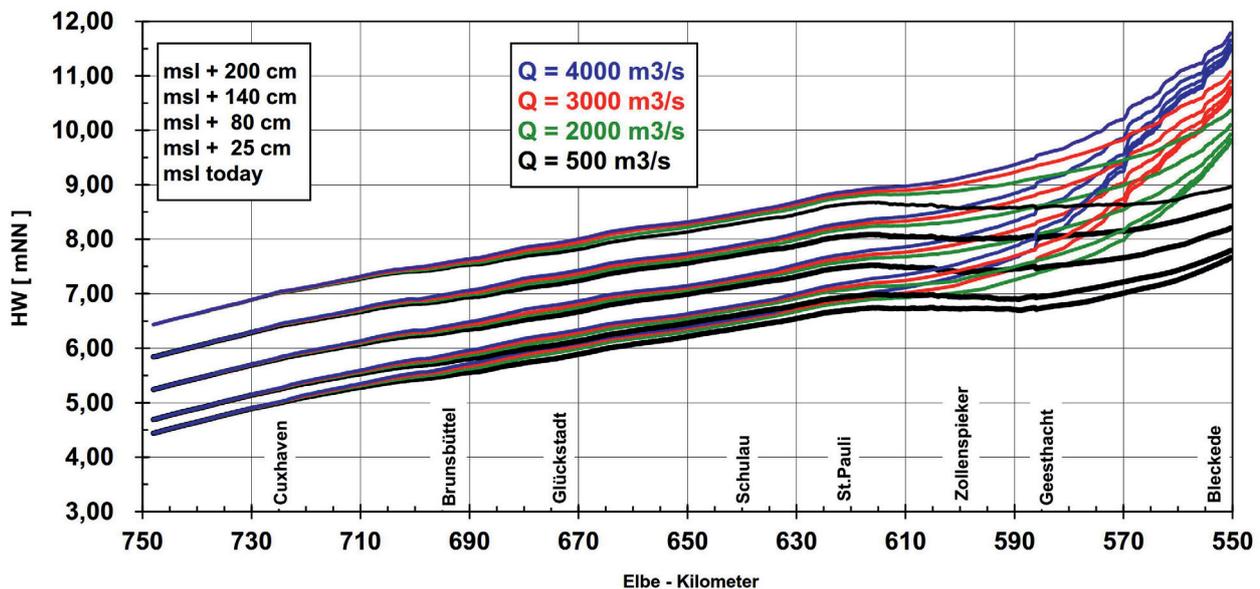


Abb. 24: Einfluss des Meeresspiegelanstiegs und Binnenzuflusses auf Sturmflutwasserstände der Sturmflutcharakteristik SF76 entlang des Elbe-Ästuars (Schulte-Rentrop und Rudolph 2011)

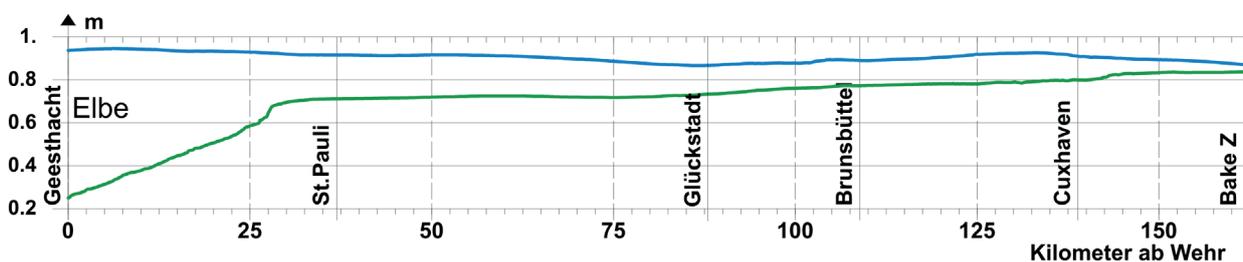


Abb. 25: Differenz des mittleren Tidehochwassers (blau) und Tideniedrigwassers (grün) zwischen Referenz- und Experimentsituation (MSL +0,8 m) entlang der Fahrrinne des Elbe-Ästuars (Holzwarth 2011)

Auswirkungen auf die Krückau

Ein Anstieg des mittleren Meeresspiegels in der Nordsee hat signifikanten Einfluss auf Wasserstände und Strömungen in der Krückau. Unter Beibehaltung des bisherigen Betriebs, bei dem in der Regel bei einem Wasserstand von 2,2 m unter NN am Sperrwerk die Schließung erfolgt, sind im Fall eines Anstiegs des mittleren Meeresspiegels deutlich mehr Sperrwerksschließungen zu erwarten. Derzeit beträgt das mittlere Tidehochwasser am Krückau-Sperrwerk ca. 1,7m ü. NN. Das bedeutet, dass Tiden, die höher als 0,5 m über dem mittleren Tidehochwasser auflaufen, gesperrt werden. Da numerische Modellrechnungen zu den Auswirkungen eines möglichen Meeresspiegelanstiegs auf die Elbe derzeit nur für kurze Zeiträume vorliegen, ist es zweckmäßig, auf gemessene Pegelzeitreihen zurückzugreifen und diese im Nachhinein um einen konstanten Wert anzuheben. Auf der Grundlage des modifizierten Datensatzes lässt sich damit eine mittlere Anzahl an Sperrungen pro Jahr in Abhängigkeit vom Schließwasserstand ermitteln. Im Rahmen der Untersuchungen wurden die Aufzeichnungen des Elbe-Pegels Kollmar verwendet. Die Daten dieses Pegels eignen sich besonders durch seine Lage nahe der Krückau-Mündung und bis 1964 zurückreichende Aufzeichnungen. Abbildung 26 und

Abbildung 27 stellen dar, wie viele Sperrungen sich pro Jahr bei definierten Schließwasserständen ergeben würden. Für einen Schließwasserstand von 2,2 m ü. NN ergeben sich aus der ursprünglichen Zeitreihe im Mittel etwas mehr als 50 Schließungen pro Jahr, was den Aufzeichnungen der Sperrwerksbetreiber entspricht (vgl. Portal Tideelbe). Bereits eine Anhebung des Thw um 0,25 m würde bei gleichem Schließwasserstand zu einer Verdopplung der Anzahl der Sperrwerksschließungen führen. Eine Anhebung um 0,4 m hätte eine Vervielfachung auf 200 Schließungen pro Jahr zur Folge. Noch dramatischer ist der Sprung bei einer Anhebung um 0,8 m, die zu über 500 Schließungen pro Jahr führen würde. Eine Anhebung um 1,4 m würde eine Sperrung von nahezu jeder der gut 700 Tiden pro Jahr zur Folge haben. Man erkennt zudem sehr deutlich, welchen Einfluss eine Änderung des Schließwasserstandes zur Folge hätte. Eine Senkung des Schließwasserstandes würde, unabhängig in jedem Fall zu einer deutlichen Zunahme der Sperrwerksschließungen führen. Eine Anhebung des Schließwasserstandes würde hingegen zu einer deutlichen Abnahme der Anzahl der Sperrwerksschließungen führen.

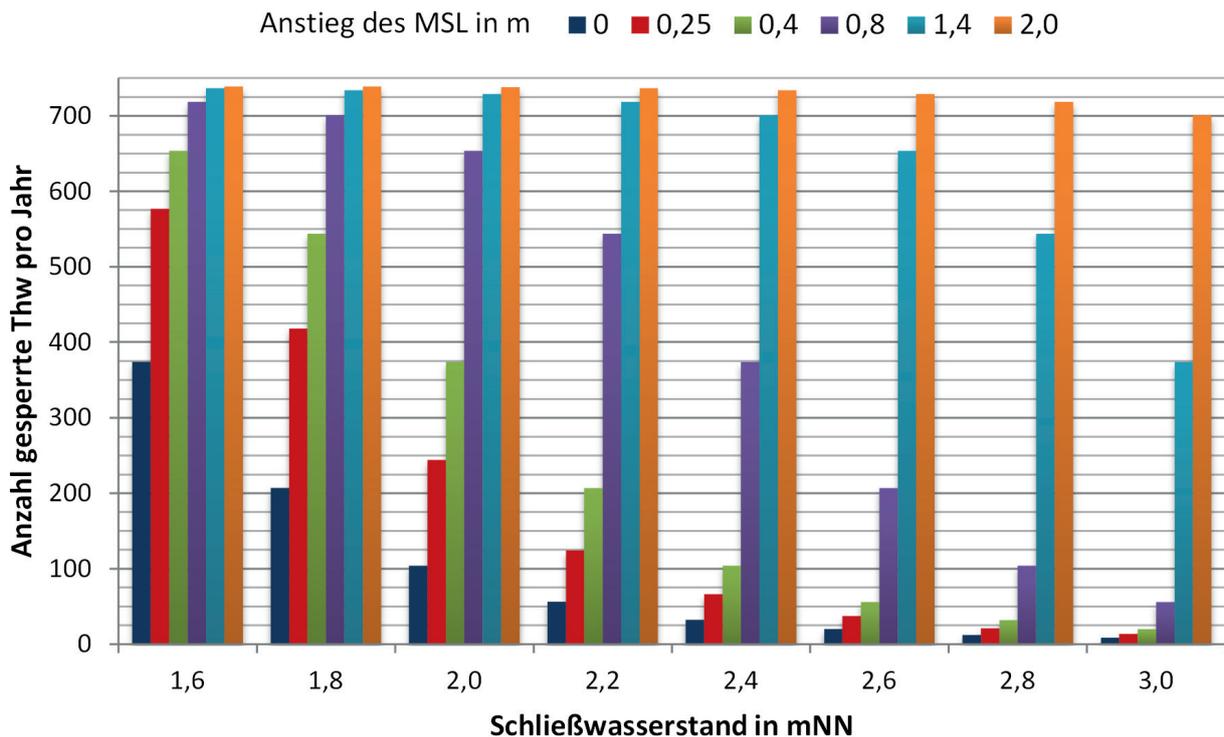


Abb. 26: Anzahl der durch das Krückau-Sperrwerk gesperrten Tidehochwasser (Thw) pro Jahr am Beispiel von Pegelaufzeichnungen des Pegels Kollmar (hydrologischen Jahre 1980 - 2011) unter Annahme verschiedener Schließwasserstände und Szenarien zum Anstieg des mittleren Meeresspiegels (MSL) (TUHH 2014)

In gleicher Weise wie die Tidehochwasser (Thw) wurden auch die Tideniedrigwasser (Tnw) betrachtet. In Abbildung 27 ist für verschiedene Schließwasserstände die Anzahl der Tnw pro Jahr angegeben, die den jeweiligen Schließwasserstand überschreitet. Für den Fall des aktuellen Schließwasserstandes von 2,2 m ü. NN würde eine Anhebung des Tnw um 0,8 m dazu führen, dass pro

Jahr ein Tnw den Wasserstand von 2,2 m ü. NN nicht mehr unterschreitet. Je nach anstehendem Oberwasserzufluss kann dementsprechend keine oder nur einer kurze Öffnung erfolgen, bevor die Flut eintritt. Die Anzahl der Tnw, die 2,2 m ü. NN überschreiten, erhöht sich bei einem Meeresspiegelanstieg um 2 m auf sieben.

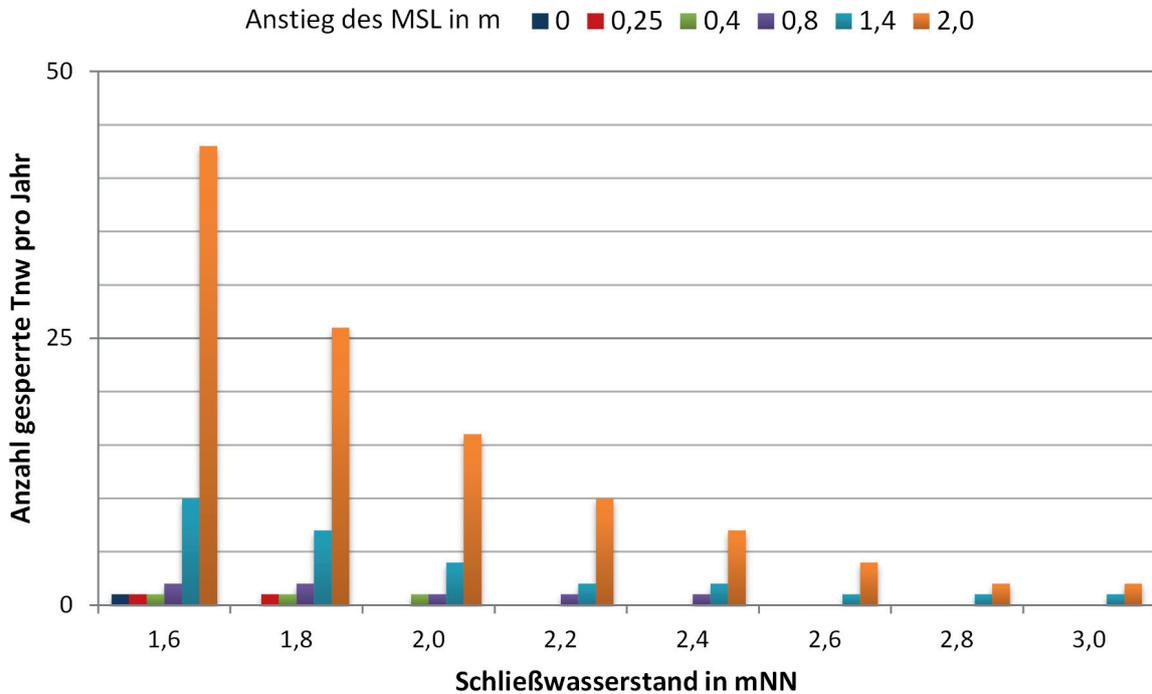


Abb. 27: Anzahl der durch das Krückau-Sperrwerk gesperrten Tideniedrigwasser (Tnw) pro Jahr am Beispiel von Pegelaufzeichnungen des Pegels Kollmar (hydrologische Jahre 1980 - 2011) unter Annahme verschiedener Schließwasserstände und Szenarien zum Anstieg der mittleren Meeresspiegels (MSL).

3.3 Kombiniertes Auftreten von Binnenhochwasser und hohen Tidewasserständen

Die beiden vorangegangenen Kapitel verdeutlichen die zu erwartenden klimawandelbedingten Änderungen an der Krückau durch die Einzelbetrachtung von Binnenabfluss und Tidewasserstand. Für den Hochwasserschutz im Unterlauf der Krückau ist bekanntermaßen der Extrem-

lastfall (vgl. Abschnitt 2.6.2), der eine Kombination eines hohen Oberwasserabflusses und einer lang andauernden Sperrwerksschließung aufgrund erhöhter Außerwasserstände umfasst, maßgebend.

Für den Hochwasserschutz am Unterlauf der Krückau sind zwei zentrale Fragen von Bedeutung:

1. Welches Wiederkehrintervall hat ein solches Ereignis unter heutigen Rahmenbedingungen und unter möglichen zukünftigen Rahmenbedingungen?
2. Welche Wasserstände treten unter heutigen Rahmenbedingungen und unter möglichen zukünftigen Rahmenbedingungen auf?

Wiederkehrintervall des Extremlastfalls

Bei der Bestimmung des Wiederkehrintervalls ist es zunächst von entscheidender Bedeutung, ob ein signifikanter Zusammenhang (Korrelation) zwischen erhöhten Binnenabflüssen und erhöhten Tnw-Ereignissen besteht, oder ob das Zusammentreffen als rein zufällig betrachtet werden kann. Die Analyse der Abflussdaten am Pegel A23 im Zeitraum vom 01.11.1996 bis zum 31.10.2011 und der Wasserstandsdaten am Pegel Kollmar im selben Zeitraum zeigt keinen Zusammenhang zwischen erhöhten Binnenabflüssen und erhöhten Tnw-Ereignissen. Für die Bestimmung des Wiederkehrintervalls des Extremlastfalls bedeutet das, dass sich das Gesamt-Wiederkehrintervall aus dem Produkt der einzelnen Wiederkehrintervalle ergibt. Da das Wiederkehrintervall eines HQ10 bekannt ist (10 Jahre), muss nur noch die Wahrscheinlichkeit des Tideereignisses bestimmt werden (vgl. Abb. 9). Die erforderlichen Höhen der beiden aufeinanderfolgenden Tnw ergeben sich aus dem Wasserstandsverlauf binnenseitig des Sperrwerks. Dieser wurde mithilfe des numerischen Strömungsmodells ermittelt. Bei den Berechnungen wurde am oberen Modellrand ein konstanter Binnenabfluss von $24 \text{ m}^3/\text{s}$ angesetzt. Dieser Wert entspricht dem mittleren Abfluss eines HQ10 über den Zeitraum von 30 h im Bereich des Elmshorner Hafens. Da der Abfluss des Schöpfwerks an der Kaltenweide bereits enthalten ist, wurden nur die drei verbleibenden Schöpfwerke Raa, Wisch-Kurzenmoor und Seestermühe berücksichtigt, was in der Summe einen Zufluss von $16,6 \text{ m}^3/\text{s}$ bedeutet. Bei der Simulation wurde das Sperrwerk gemäß der aktuellen Schließordnung bei $2,2 \text{ m ü. NN}$ geschlossen und über einen Zeitraum von 30 h geschlossen gehalten. Das erste Tnw in der Elbe tritt etwa acht Stunden nach Beginn der Schließung auf. Zu diesem Zeitpunkt beträgt der Binnenwasserstand am Sperrwerk $2,45 \text{ m ü. NN}$.

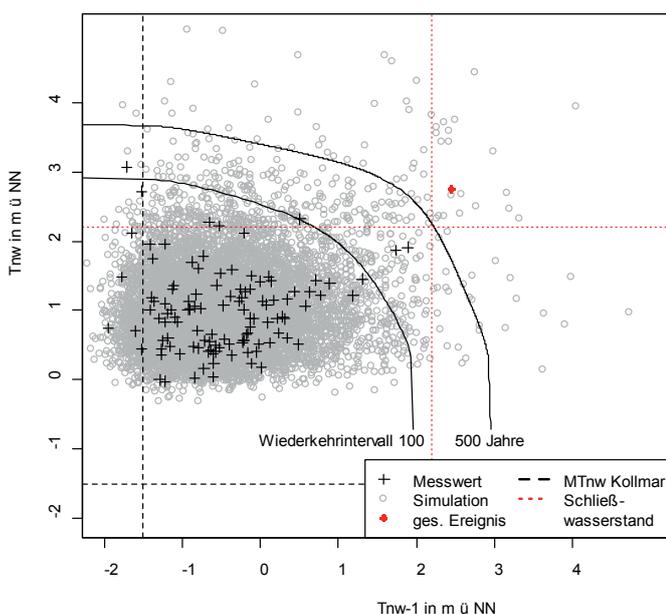


Abb. 28: Simulierte Datenpaare aus dem höchsten Tnw des Jahres und dem unmittelbar zuvor eingetretenen Tnw (Tnw-1) sowie Linien gleicher Wahrscheinlichkeit für den Pegel Kollmar (TUHH 2014)

Das zweite Tnw tritt nach etwa 20 Stunden auf. Zu diesem Zeitpunkt beträgt der Binnenwasserstand $2,75 \text{ m ü. NN}$. Dementsprechend führt also ein Tideereignis, dessen aufeinanderfolgende Tnw diese Wasserstände erreichen oder überschreiten, zum Eintritt des Extremlastfalls.

Das Wiederkehrintervall eines derartigen Ereignisses kann bestimmt werden. Als grundlegende Datensätze wurden die am Elbe-Pegel Kollmar aufgezeichneten Tideniedrigwasser herangezogen. Da die Daten erst ab 1964 vorliegen, musste der Datensatz verlängert werden, um eine ausreichend große Stichprobe zu erhalten. Hierzu wurden die aufgezeichneten Tnw am Pegel Cuxhaven herangezogen, die bis ins Jahr 1902 zurückreichen. Der Datensatz wurde um den festgestellten Trend von etwa $0,15 \text{ m pro 100 Jahre}$ bereinigt. Über eine ermittelte Transferfunktion konnten die Werte vom Pegel Cuxhaven auf den Pegel Kollmar übertragen werden. Aus dem verlängerten Datensatz wurden 2 Stichproben entnommen. Die erste Stichprobe umfasst das höchste Tnw pro Jahr, die zweite Stichprobe das unmittelbar vor dem höchsten Tnw eingetretene Tnw. Die jeweilige Verteilung der beiden Stichproben wird jeweils durch eine Randverteilung, die Abhängigkeitsstruktur zwischen den beiden Stichproben wird durch eine Copula beschrieben. Das Ergebnis ist eine gemeinsame Verteilungsfunktion, mit der die Wahrscheinlichkeit definierter Ereignisse bestimmt werden kann. In Abbildung 28 sind die mithilfe der jeweils angepassten Randverteilungen simulierten Paare von aufeinanderfolgenden Tnw und die gemessenen Werte aus den Stichproben dargestellt. Jeder Kombination aus Tnw und zuvor eingetretenen Tnw (Tnw-1) kann eine Wahrscheinlichkeit zugeordnet werden. Werden Punkte gleicher Wahrscheinlichkeit verbunden, erhält man Isolinien. In Abbildung 28 sind Isolinien für die Wahrscheinlichkeiten $0,01$, und $0,0002$ (entsprechen den Wiederkehrintervallen 100 und 500 Jahre) dargestellt. In rot ist das gesuchte Tideereignis mit einer Wahrscheinlichkeit kleiner als $0,0002$ dargestellt. Das aufgezeichnete Ereignis, das dem gesuchten Ereignis am nächsten kommt, ist die Sturmflut vom 06.12. - 08.12.2013 mit einem Wiederkehrintervall von gut 200 Jahren.

Um den Einfluss eines möglichen Anstiegs des Meeresspiegels auf die Wahrscheinlichkeit der Ereignisse zu analysieren, wurden analog zum Vorgehen in Kapitel 3.2 beide Stichproben jeweils um $0,25 \text{ m}$, $0,4 \text{ m}$, $0,8 \text{ m}$, $1,4 \text{ m}$ und $2,0 \text{ m}$ angehoben.

Tab. 1: Wiederkehrintervall des Extremlastfalls für den derzeitigen Zustand und verschiedene mögliche Meeresspiegelanstiege (TUHH 2014)

Szenario	Wiederkehrintervall gesuchtes Tideereignis	Wiederkehrintervall kombinierter Extremlastfall
MSL+0 m (ist Zustand)	>500 Jahre	> 5.000 Jahre
MSL+0,25 m	> 500 Jahre	> 5.000 Jahre
MSL+0,4 m	450 Jahre	4.500 Jahre
MSL+0,8 m	200 Jahre	2.000 Jahre
MSL+1,4 m	50 Jahre	500 Jahre
MSL+2,0 m	10 Jahre	100 Jahre

Wasserstand im Extremlastfall

Der maximale binnenseitige Wasserstand wurde mithilfe eines hydrodynamisch-numerischen Modells der Krückau bestimmt. Das Modell bildet die Krückau zwischen der Autobahn A23 oberhalb von Elmshorn und der Mündung inklusive der Vorländer ab. Neben dem Zufluss an der A23 werden in das Modell die Zuflüsse der Offenau und der Schöpfwerke eingesteuert. Am unteren Modellrand wird die Tide eingesteuert. Das Krückau-Sperrwerk wird ebenfalls im Modell abgebildet. Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse wurden mit dem Modell die Auswirkungen eines steigenden Binnen- und Schöpfwerkszuflusses auf den maximalen Wasserstand nach einer Schließdauer von 30 h untersucht. Dabei wurde der Binnenabfluss erhöht, sodass die in Kapitel 3.1 ermittelte Bandbreite für die Änderung des HQ abgedeckt ist. Für den Schöpfwerkszufluss wurde angenommen, dass dieser in gleichem Maße ansteigt wie der Binnenabfluss. Tabelle 2 zeigt die ermittelten Änderungen des maximalen Wasserstandes im Bereich des Elmshorner Hafens.

Für den maximalen Wasserstand im Elmshorner Hafen ergibt sich aus den Modellergebnissen unter heutigen Rahmenbedingungen eine Höhe von 3,20 m ü. NN. Bei diesem Wasserstand stehen Flächen im Bereich des Elmshorner Hafens ca. 0,7 m unter Wasser. Eine Zunahme des Binnenabflusses um 10 % führt zu einem verhältnismäßig moderaten Anstieg des Wasserstandes um 0,07 m. Dieser Anstieg setzt sich mit weiter steigendem Binnenabfluss linear fort. Der lineare Anstieg ist darauf zurückzuführen, dass bereits alle Vorländer überflutet sind und lediglich im Bereich Elmshorn kleinere Flächen mit steigendem Wasserstand zusätzlich überflutet werden. Der Meeresspiegelanstieg hat nur einen geringen Einfluss auf den Wasserstand im Extremlastfall. Die höheren Wasserstände führen allerdings dazu, dass die Wahrscheinlichkeit des Eintretens des Extremlastfalls deutlich ansteigt.

Tab. 2: Einfluss des steigenden Binnen- und Schöpfwerkszuflusses auf den maximalen Wasserstand in der Krückau nach einer Sperrwerksschließung über 30 h (TUHH 2014)

Szenario	Abfluss aus dem Einzugsgebiet	Schöpfwerkszufluss (ohne Kaltenweide)	Maximaler Wasserstand nach 30 h Schließung	Änderung gegenüber Referenz
	m ³ /s	m ³ /s	m ü. NN	m
HQ+0% (ist Zustand)	23,9	16,6	3,20	0,00
HQ+10%	26,4	18,0	3,27	0,07
HQ+20%	29	20,0	3,34	0,14
HQ+30%	31,5	22,0	3,41	0,21
HQ+50%	36,5	25,0	3,55	0,35

3.4 Oberflächenentwässerung

Die aktuelle Problematik der Oberflächenentwässerung im Stadtgebiet von Elmshorn kann zukünftig zum einen durch die prognostizierten zunehmenden Niederschlagsmengen und häufigere Starkregenereignisse zum anderen durch einen steigenden mittleren Meeresspiegel verschärft werden. Das bestehende Entwässerungssystem ist für heutige Verhältnisse (Niederschlagsmengen und Wasserstände) ausgelegt. Der Wasserstand der Krückau wird im Bereich von Elmshorn durch die Tide und den Binnenabfluss bestimmt. Der Einfluss des Binnenabflusses ist im Normalfall gering. Bei Hochwasserabflüssen hat der Binnenabfluss hingegen einen signifikanten Einfluss auf die Wasserstände im Krückau-Abschnitt Elmshorn. Wie in den vorangegangenen Kapiteln erläutert, ist zukünftig sowohl mit steigenden Hochwasserabflüssen als auch mit einem steigenden Meeresspiegel zu rechnen, sodass der für die Bemessung des Kanalnetzes angesetzte Wasserstand von 2,1 m ü. NN häufiger als bisher überschritten wird. Hinzu kommt, dass Veränderungen der Niederschlagscharakteristiken dazu führen können, dass ein Regenereignis, dem unter heutigen Bedingungen hinsichtlich seiner Menge und Intensität ein Wiederkehrintervall von 2 Jahren zugeordnet wird, unter zukünftigen Bedingungen ein deutlich kleineres Wiederkehrintervall hat. Das bedeutet, dass die heute angesetzten Sicherheiten (ein zweijähriges Regenereignis kann bei 2,1 m ü. NN noch schadlos abgeführt werden) durch Veränderungen des Wasserstands in der Krückau und der Niederschlagscharakteristik nicht mehr eingehalten werden können. Zusätzlich gelten gemäß einer neuer Norm erhöhte Sicherheitsanforderungen an das Kanalnetz, die bei Neubau oder Sanierung einzuhalten sind. Darüber hinaus sollten klimabedingte Änderungen unbedingt berücksichtigt werden. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund der langen Lebensdauer von Kanalnetzen.

Abbildung 29 zeigt den Anteil der Tidehochwasser (Thw), die den heute zur Kanalnetz Bemessung angesetzten Wasserstand in der Krückau von 2,1 m ü. NN überschreiten und die entsprechende mittlere Dauer pro Tag, für die der Wasserstand überschritten wird. Man erkennt, dass bereits ein geringer Anstieg des Wasserstandes um

0,25 m dazu führt, dass im Mittel ein Viertel aller Tiden höher als 2,1 m ü. NN auflaufen und dieser Wasserstand für 1,8 h pro Tag überschritten wird. Ein Anstieg des MSL von 0,8 m führt dazu, dass mehr als 80 % der Tiden höher auflaufen und pro Tag für 6,3 h.

Fällt in dieser Zeit Regen, staut sich der Regenabfluss in der Kanalisation auf. Je nach Intensität des Regenereignisses kann es zu einem Überstau aus der Kanalisation innerhalb des Stadtgebietes kommen. Zudem kann der anfallende Regenabfluss nicht planmäßig abgeleitet werden. Es kommt zu lokalen Überflutungen. Des Weiteren kann sich bei Starkregenereignissen der Regenabfluss an Tiefpunkten innerhalb des Stadtgebietes sammeln und ebenfalls lokale Überflutungen erzeugen.

Ein Beispiel für wiederkehrende Überflutungen im Stadtgebiet ist die „Badewanne“ (siehe Abb. 30), eine Unterführung der Bahnlinie südlich der Innenstadt Elmshorns, die bereits mehrfach infolge von Starkregenereignissen überflutet war.

Des Weiteren können die Bereiche innerhalb der Stadt, die durch ein Grabensystem entwässert werden, das nicht mehr voll funktionsfähig ist, von erhöhten Niederschlagsmengen und zunehmenden Starkregenereignissen betroffen sein. Das Verrohren der Gräben bis hin zum Rückbau führt dazu, dass die Ableitung des Regenabflusses als auch die Drainage des Bodens nicht mehr vollständig funktionsfähig ist. Hier steigt die Gefahr der Vernässung der Grundstücke durch ansteigendes Grundwasser bzw. Stauwasser bis hin zu lokalen Überflutungen auf den Grundstücken und Straßen.

Ein Ausbau bzw. eine Erweiterung der Kanalisation ist in Elmshorn in vielen Fällen aufgrund der topographischen Gegebenheiten vor Ort nicht bzw. nur unter einem hohen Kostenaufwand möglich. Hinzu kommt, dass die Versickerung von Niederschlagswasser in großen Bereichen der Stadt aufgrund von hoch anstehendem Grundwasser, einem hohem Versiegelungsgrad oder zum Teil belasteten Böden nicht umsetzbar ist.

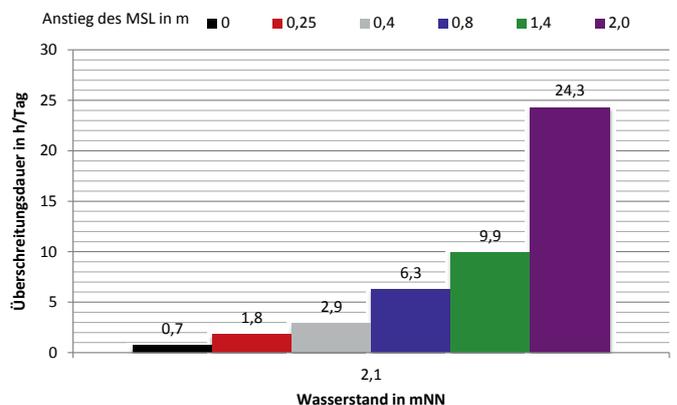
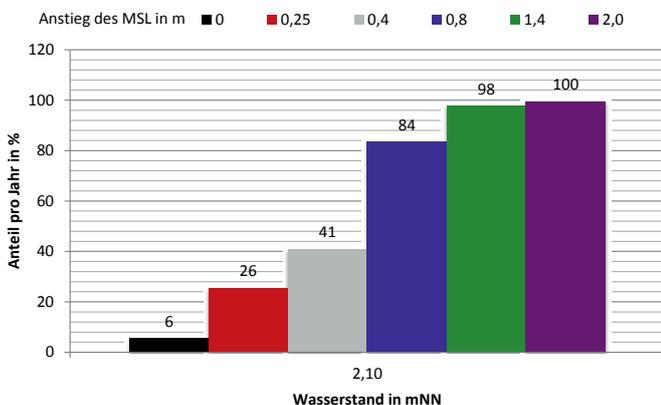


Abb. 29: Anteil der Tidehochwasser (Thw) am Pegel Elmshorn (hydrologische Jahre 1980 - 2011), die 2,1 m NN unter Annahme verschiedener Szenarien zum Anstieg des mittleren Meeresspiegels (MSL) überschreiten (links) und Dauer der Überschreitung pro Tag (rechts) (TUHH 2014)



Abb. 30: Die „Badewanne“ am 09.06.2004 (Stadtentwässerung Elmshorn)

3.5 Zusammenfassung

Für den Pegel an der A23, der sich einige Kilometer flussaufwärts von Elmshorn befindet, ergeben die Niederschlags-Abfluss-Simulationen Bandbreiten möglicher Änderungen für Hochwasserabflüsse. Für das HQ 10, welches für die Auslegung des Hochwasserschutzes im Unterlauf relevant ist, ergibt sich eine Bandbreite von -20 % bis +15 % (2000 - 2050) und -5 % bis +25 % (2050 - 2100). Für das H100, welches für die Auslegung des Hochwasserschutzes im Oberlauf relevant ist, ergibt sich eine Bandbreite von -35 % bis +5 % (2000 - 2050) und -25 % bis +30 % (2050 - 2100).

Für den weiteren Umgang mit den ermittelten Bandbreiten der Änderungen des HQ10 und des HQ100 ist

anzumerken, dass diese mit Unsicherheiten behaftet sind. Einerseits wurden die Bandbreiten auf der Grundlage von Ergebnissen fünf verschiedener Rechenläufe des regionalen Klimamodells REMO ermittelt. Derzeit existieren weitere Datensätze, die, wie die verwendeten Datensätze, alle gleich wahrscheinlich sind. Andererseits treten die betrachteten Hochwasserabflüsse nur sehr selten auf, sodass die Bestimmung über eine Extremwertstatistik, der ein Kollektiv an simulierten Abflüssen zugrunde liegt, erfolgen muss. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Ergebnisse der Extremwertstatistik sehr sensibel auf einzelne sehr hohe Abflussereignisse im Kollektiv reagieren. Die Sensitivität nimmt ab, je größer das Kollektiv gewählt wurde. Dementsprechend wurde die

Auswertung für Zeiträume von 50 Jahren durchgeführt. Für die Untersuchungen sind die Szenarien relevant, die eine Zunahme der Hochwasserabflüsse zur Folge haben, sodass nur diese Szenarien betrachtet werden.

Die Mehrheit der Autoren, die Untersuchungen zum globalen Meeresspiegelanstieg durchgeführt haben, geben Anstiegsraten im Bereich zwischen 0,4 und 0,8 m bis zum Ende des Jahrhunderts an. Einige Autoren kommen zu dem Schluss, dass ein größerer Anstieg im selben Zeitraum zwar unwahrscheinlich, aber nicht ausgeschlossen ist. Für die Nordsee liegen bisher nur wenige Untersuchungen zum Anstieg des mittleren Meeresspiegels vor. Ein Anstieg des mittleren Meeresspiegels in der Nordsee beeinflusst den Wasserstand im Elbe-Ästuar. Bei den Tidekennwerten zeigt sich, dass das MThw stärker ansteigt als der mittlere Meeresspiegel in der Nordsee, während der Anstieg des MTnw geringer ausfällt als der mittlere Anstieg in der Nordsee. Ein Anstieg des mittleren Meeresspiegels in der Nordsee um 0,8 m führt im Bereich der Krückau-Mündung zu einem Anstieg des MThw um 0,9 m und des MTnw um 0,7 m. Unter Beibehaltung der aktuellen Schließordnung (Schließung des Sperrwerks bei einem Wasserstand von 2,2 m ü. NN) würde bereits ein Anstieg von 0,25 m zu einer Verdopplung der Sperrwerksschließungen führen. Zur Entwässerung der tief liegenden Gebiete im Deichhinterland der Krückau müssen mit steigendem Meeresspiegel immer größere Förderhöhen überwunden werden. Die Entwässerung des Stadtgebietes von Elmshorn, die derzeit noch größtenteils über das freie Gefälle erfolgt, wird durch einen steigenden Meeresspiegel immer stärker beeinträchtigt.

Der maßgebende Wasserstand für den Hochwasserschutz im Unterlauf ergibt sich aus dem Extremlastfall, der eine Kombination einer Sperrwerksschließung über zwei Tnw mit einem HQ10 aus dem Einzugsgebiet bei maximalem Schöpfwerkseintrag vorsieht. Für den heutigen und zukünftigen Hochwasserschutz an der Krückau sind zwei zentrale Fragen von Bedeutung.

1. Welches Wiederkehrintervall hat ein solches Ereignis unter heutigen Rahmenbedingungen und unter möglichen zukünftigen Rahmenbedingungen?
2. Welche Wasserstände treten unter heutigen Rahmenbedingungen und unter möglichen zukünftigen Rahmenbedingungen auf?

Das Wiederkehrintervall des Extremlastfalls wurde unter Annahme der heute vorherrschenden Rahmenbedingungen zu größer als 5.000 Jahre bestimmt, was als äußerst selten eingestuft werden kann. Ein steigender Meeresspiegel führt zu deutlich kürzeren Wiederkehrintervallen. Für einen Meeresspiegelanstieg um 0,8 m beträgt das Wiederkehrintervall noch 2.000 Jahre, für einen Anstieg um 2 m nur noch 100 Jahre.

Der maximale zu erwartende Wasserstand in der Krückau bei Eintreten des Extremlastfalls wurde mithilfe eines numerischen Modells ermittelt. In einer anschließenden Sensitivitätsanalyse wurden die Auswirkungen eines stei-

genden Binnenabflusses auf den Wasserstand untersucht. Unter heutigen Bedingungen ist ein Wasserstand von 3,2 m ü. NN zu erwarten. Eine Zunahme des Binnenabflusses um 10 % führt zu einem verhältnismäßig moderaten Anstieg des Wasserstandes um 0,07 m. Dieser setzt sich linear fort, sodass für eine Binnenabflusszunahme von 50 % mit einem Anstieg des Wasserstandes von etwas 0,35 m zu rechnen ist. Die großen Vorlandflächen im Bereich der Mündung spielen eine wesentliche Rolle für den Hochwasserschutz. Nachdem der Wasserstand in der Krückau die Geländehöhe überschritten hat, steht die ca. 4,3 km² große Fläche zur Speicherung des zufließenden Wassers zur Verfügung. Dadurch wird der Anstieg des Wasserstandes pro zufließendem Kubikmeter deutlich verringert.

Das Entwässerungssystem von Elmshorn ist für heutige Niederschlagsmengen und Wasserstände in der Krückau ausgelegt. Zukünftig können höhere Wasserstände in der Krückau und veränderte Niederschlagscharakteristiken zu deutlich kleineren Wiederkehrintervallen (Sicherheiten) führen. Die Leistungsfähigkeit des Entwässerungssystems wird durch den Rückbau oder mangelnde Unterhaltung von oberirdischen Anlagen, z.B. Gräben, weiter reduziert. Hinzu kommen noch höhere Sicherheitsanforderungen an das Kanalnetz bei Neubau oder Sanierung durch eine neue Norm.

Insgesamt ist zukünftig also viel häufiger mit einer eingeschränkten Leistungsfähigkeit der Kanalisation, in deren Folge es zum Überstau und lokalen Überflutungen im Stadtgebiet kommt, zu rechnen. Ein Anstieg des Wasserstandes um 0,25 m führt dazu, dass im Mittel ein Viertel aller Tiden höher als 2,1 m ü. NN auflaufen und dieser Wasserstand für 1,8 h pro Tag überschritten wird. Ein Anstieg des MSL von 0,8 m führt dazu, dass mehr als 80 % der Tiden höher auflaufen und pro Tag für 6,3 h die Entwässerung stark eingeschränkt ist.

Ein Ausbau bzw. eine Erweiterung der Kanalisation ist in Elmshorn in vielen Fällen aufgrund der topographischen Gegebenheiten vor Ort nicht bzw. nur unter einem hohen Kostenaufwand möglich. Hinzu kommt, dass die Versickerung von Niederschlagswasser in großen Bereichen der Stadt aufgrund von anstehendem Grundwasser, einem hohem Versiegelungsgrad und zum Teil belasteten Böden nicht umsetzbar ist. Aufgrund der dichten Bebauung der Stadt, der wassernahen Lage des Zentrums an der Krückau, dem flachen Gelände sowie der Nähe zur Elbe muss sich Elmshorn verstärkt mit der Anpassung an den Klimawandel beschäftigen, um kostenintensive Schäden zu vermeiden. Von daher ist es notwendig, in Elmshorn bei den künftigen Planungen neben den durch die neue Norm erforderlichen Anpassungen unbedingt weitere Anpassungen an die zu erwartenden klimabedingten Änderungen durchzuführen. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund der langen Lebensdauer von Kanalnetzen.

4 Anpassung an den Klimawandel in der Modellregion: Maßnahmen für den Umgang mit mehr Wasser

Edgar Nehlsen, Elke Kruse,
Giovanni Palmaricciotti

In diesem Kapitel werden Anpassungsmaßnahmen zur Reduktion der negativen Klimafolgen, die in Kapitel 2.7 erläutert wurden, vorgestellt. Bezüglich ihrer Wirkungsweise lassen sich die Maßnahmen in zwei verschiedene Kategorien einteilen. Zum einen können Maßnahmen bewirken, dass weniger Niederschlagswasser in die Krückau gelangt und damit der Hochwasserabfluss reduziert wird. Dies kann entweder über eine großräumige Versickerung oder den Rückhalt des Wassers erreicht werden. Diese Maßnahmen werden in Kapitel 4.1 vorgestellt. Zum anderen können Maßnahmen bewirken, dass mehr Raum zur Ausbreitung des Wassers verfügbar ist, was einem Anstieg der Wasserstände entgegenwirkt. Diese Maßnahmen werden in Kapitel 4.2 erläutert. Abbildung 31 gibt einen Überblick über die untersuchten Maßnahmen sowie den Modellgebietsabschnitt, in dem diese sinnvoll und effektiv umgesetzt werden können.

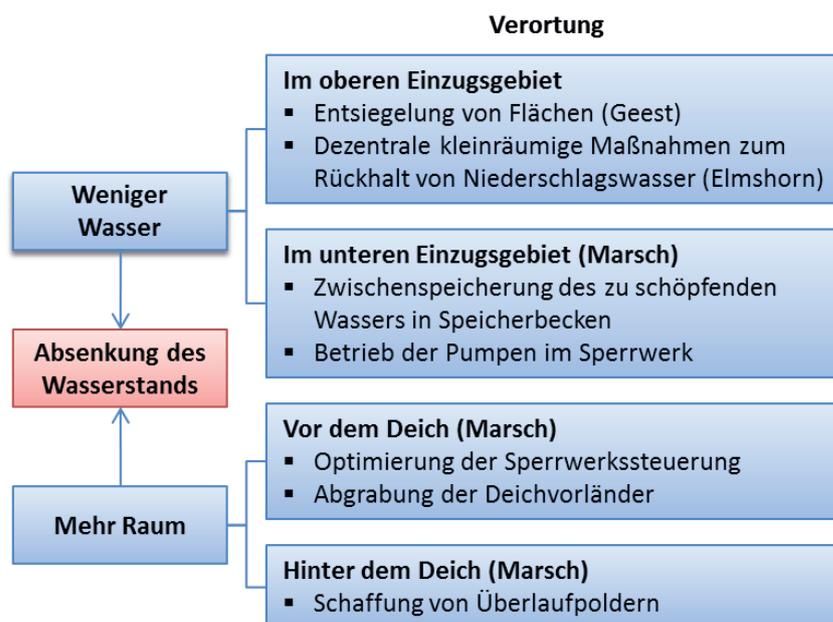


Abb. 31: Anpassungsmaßnahmen zur Reduktion von Hochwasserständen (TUHH 2014)

4.1 Weniger Wasser für den Fluss

Entlang des Unterlaufs der Krückau sind die Flächen, auf denen das Wasser im Hochwasserfall zwischengespeichert werden kann, durch die Deichlinie begrenzt. Dementsprechend führen zunehmende Abflüsse aus dem Einzugsgebiet zu höheren Wasserständen zwischen den Deichen. Um den klimawandelbedingten Anstieg zu verringern, sind Maßnahmen gefragt, die den Zufluss von Niederschlagswasser in die Krückau reduzieren. Je nach Lage im Modellgebiet kommen dafür verschiedene Maßnahmen in Frage, die speziell auf die jeweiligen Gegebenheiten abgestimmt sind.

Im Einzugsgebiet oberhalb von Elmshorn sowie in einigen Bereichen des Stadtgebietes lassen die natürlichen Gegebenheiten eine effektive Versickerung von Niederschlagswasser zu, sodass hier die Anpassung darin bestehen kann, den Anteil des versickernden Wassers zu erhöhen. Wo die Flächennutzung und die Art der Bebauung eine teilweise Entsiegelung oder den kompletten Rückbau zulassen, kann die Versickerung direkt vor Ort erfolgen. Dort wo eine Entsiegelung nicht möglich ist, würde das Niederschlagswasser in Versickerungsanlagen gesammelt und anschließend versickert.

In den übrigen Bereichen des Modellgebiets schränken hohe Grundwasserstände und eine geringe Durchlässigkeit der Böden die Versickerung stark ein. Im Stadtgebiet von Elmshorn kommen mögliche Kontaminationen des Untergrunds an den ehemaligen Industriestandorten (siehe Kapitel 2.6.3) hinzu. In diesen Bereichen sollten die Maßnahmen darauf zielen, das Niederschlagswasser möglichst dort, wo es anfällt, zurückzuhalten bzw.

zwischenzuspeichern. Die Kapitel 4.1.1 bis 4.1.4 zeigen mehrere im Detail ausgearbeitete Beispiele für das Stadtgebiet von Elmshorn auf, die in Form von Fokusgebieten vorgestellt werden (siehe Abb. 32). Diese sind an die natur- und stadträumlichen Gegebenheiten von Elmshorn angepasst. Die Fokusgebiete wurden in Absprache mit der Stadtentwässerung und dem Amt für Stadtentwicklung Elmshorn aufgrund von aktuellen Handlungsnotwendigkeiten ausgewählt und illustrieren die folgenden Maßnahmen:

Maßnahme 1: Reaktivierung und Ausbau des ehemaligen Grabensystems am Beispiel des Einfamilienhausgebietes „Siedlung“ im Nordosten

Maßnahme 2: Begrünung von Flachdächern bzw. flach geneigten Dächern am Beispiel der Industriegebiete Nord und Südost

Maßnahme 3: Multifunktionale Nutzung von Freiflächen und Straßenräumen zur kurzfristigen Speicherung von Regenabflüssen am Beispiel der Flächen um das Klinikum Elmshorn

Für den Bereich der Marsch wurden zwei Anpassungsmaßnahmen untersucht. In Kapitel 4.1.5 wird eine Maßnahme zur Zwischenspeicherung von Niederschlagswasser im Bereich der Schöpfanlage Wisch-Kurzenmoor vorgestellt. Die zweite untersuchte Maßnahme sieht vor, die im Sperrwerk vorhandenen Pumpen während des Extremlastfalls in Betrieb zu nehmen (Kapitel 4.1.6).



Abb. 32: Übersichtskarte mit den Fokusgebieten in Elmshorn, die genauer untersucht wurden (Angel/Kruse 2012)

Als weitere Anpassungsmaßnahme in der Stadt wurde die Regenwasserspeicherung mit anschließender Nutzung betrachtet. Diese kann für den Umbau von Bestandsgebieten eingesetzt werden, und wurde von daher für das Gebiet Elmshorn untersucht. Beispielhaft dienen die Industriegebiete Nord und Südost für eine Potenzi-

alanalyse. Die Ergebnisse einer Befragung der Betriebe und einer ersten quantitativen Abschätzung belegen jedoch, dass dies nicht als wirkungsvolle Maßnahme für die Industriegebiete in Elmshorn einzuschätzen ist. Von daher wird diese Maßnahme im Bericht nicht weiter ausgeführt.

4.1.1 Versickerung von Niederschlagswasser

Flächen, die durch Bauwerke oder undurchlässige Materialien bedeckt sind, werden als versiegelte Flächen bezeichnet. Abbildung 33 zeigt die versiegelten Flächen im Einzugsgebiet der Krückau im Jahr 2010. An dem hohen Versiegelungsgrad erkennt man die größeren Siedlungsräume Kaltenkirchen, Barmstedt und Elmshorn (von Ost nach West), den Verlauf von Verkehrswegen, sowie die kleineren Siedlungsräume entlang der Verkehrswege. Regen, der auf versiegelte Flächen fällt, kann nicht in die oberen Bodenschichten eindringen, sondern wird oberflächlich abgeleitet und in der Regel in der Kanalisation oder einem Vorfluter gesammelt. Schließlich gelangt das Wasser ohne größere zeitliche Verzögerung in den Hauptvorfluter, die Krückau und führt dort zu einem schnellen Anstieg des Hochwasserabflusses.

Ziel der Anpassungsmaßnahme ist es, den Anteil des Regenabflusses zu verringern und/oder es direkt zu versickern. Je nach Art der Bebauung kann dies entweder direkt an Ort und Stelle durch eine Entsiegelung von Flächen um-

gesetzt werden oder durch die gezielte Versickerung von Regenabfluss auf Versickerungsflächen, in Mulden oder Mulden-Rigolen-Elementen. Detaillierte Untersuchungen zu diesen Versickerungsmaßnahmen wurden im Rahmen von KLIMZUG-NORD für das Einzugsgebiet der Wandse im Hamburger Nordosten durchgeführt (siehe Hellmers, Hüffmeyer 2014 in Kruse et al. 2014).

Für die (Teil-)Entsiegelung sind insbesondere versiegelte Flächen wie Parkplätze, öffentliche Plätze oder Grundstücksauffahrten geeignet. Sie können mithilfe durchlässiger Beläge, z.B. Rasengittersteine oder Pflasterungen mit Sickerfuge teilentsiegelt oder ggf. sogar komplett zurückgebaut werden. Dadurch wird die natürliche Speicherfunktion des Bodens ganz oder teilweise wiederhergestellt. Das Niederschlagswasser dringt in die oberen Bodenschichten ein, versickert oder verdunstet. Falls Vegetation vorhanden ist, trägt diese zu einer Erhöhung der Verdunstungsleistung bei.

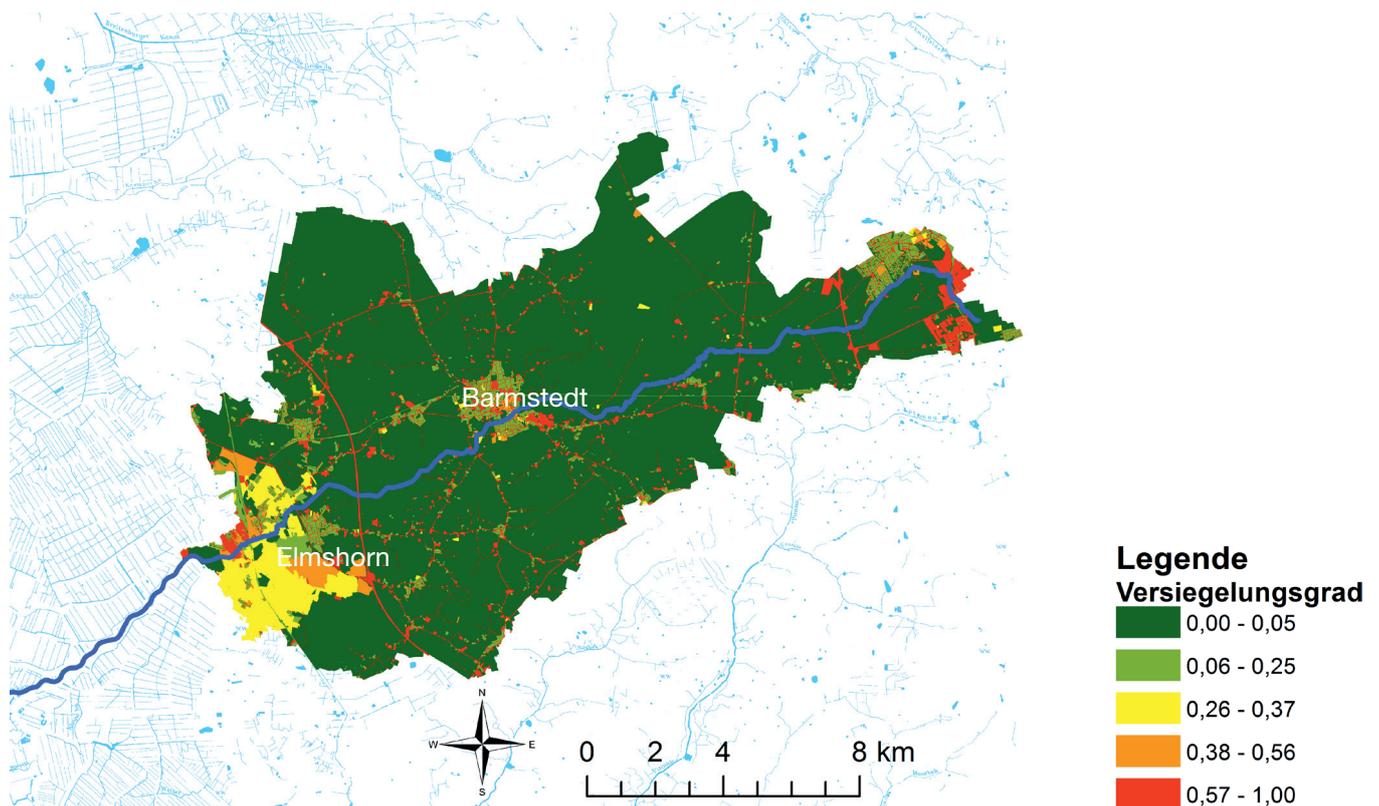


Abb. 33: Versiegelungsgrad der Flächen im oberen Einzugsgebiet der Krückau (TUHH 2014)

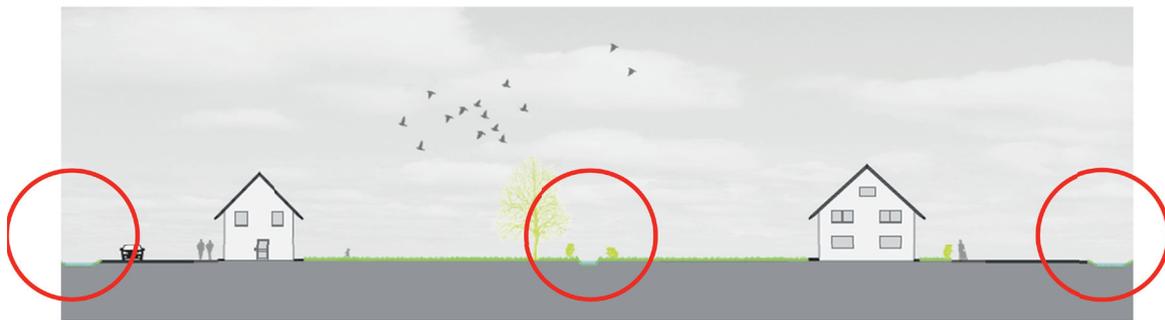
Für die Untersuchung der Wirksamkeit dieser Maßnahme wurde eine (Teil-)entsiegelung von 25% für das gesamte Einzugsgebiet angenommen. Dazu wurde im N-A-Modell der Versiegelungsgrad der versiegelten Flächen (Straßen ausgenommen) oberhalb von Elmshorn um 25 % reduziert. Für die Flächen im Stadtgebiet von Elmshorn, die den größten Anteil der versiegelten Flächen im Einzugsgebiet ausmachen, wo eine Versickerung aber nicht möglich ist, wurde angenommen, dass 25 % des Oberflächenabflusses über dezentrale Maßnahmen zurückgehalten werden (siehe Kapitel 4.1.2 bis 4.1.4). Mit dem veränderten Modell wurden die gleichen Rechenläufe, wie in Kapitel 3.1 geschildert, durchgeführt. Die Auswertung für den Pegel an der Autobahn A23 oberhalb

von Elmshorn und für den Elmshorner Hafen zeigte eine Reduktion der Abflussspitzen von etwa 5 % im Bereich des Pegels A23 und etwa 15 % im Elmshorner Hafen. Das Verhältnis zeigt den großen Einfluss der versiegelten Flächen im Stadtgebiet. Der Rückhalt von 25 % des direkt von diesen Flächen abfließenden Wassers hat einen deutlich größeren Einfluss als eine Teilentsiegelung im restlichen Einzugsgebiet. Im Extremfall führt ein um 15 % reduziertes HQ10 zu einer Reduktion des maximalen Wasserstandes von knapp 0,1 m.

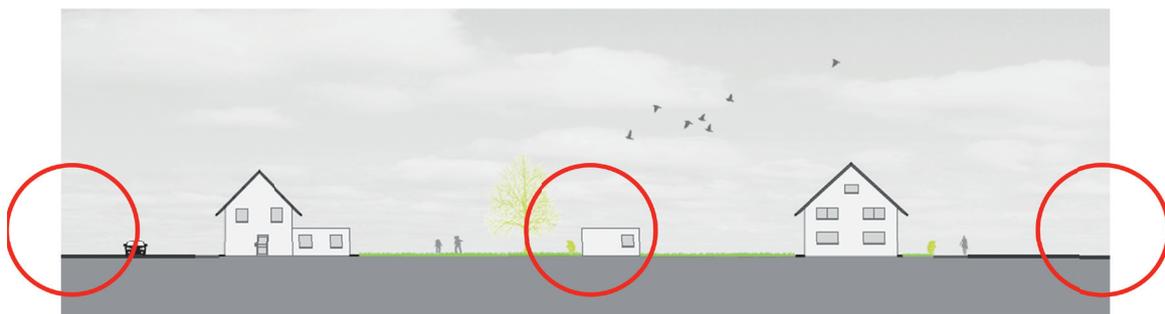
4.1.2 Reaktivierung und Ausbau des ehemaligen Grabensystems

Typisch für ältere Siedlungsgebiete in der Marsch bzw. für Gebiete mit schlecht versickerungsfähigem Untergrund ist eine Entwässerung mithilfe offener Gräben. Die Gräben dienen sowohl der Ableitung des anfallenden Niederschlagswassers von den versiegelten Flächen und gleichzeitig als Drainage des Bodens bei hoch anstehendem Grundwasser (siehe auch Kap. 2.2.4).

Die Wiederherstellung bzw. Neuanlage des vernetzten Grabensystems stellt eine Möglichkeit dar, zusätzliches Retentionsvolumen für anfallendes Niederschlagswasser bereitzustellen und damit die Entwässerung der Bestandsquartiere an veränderte Niederschlagsmuster anzupassen. Dies wird anhand der folgenden Prinzipschnitte beispielhaft für die „Siedlung“ im Nordosten Elmshorns dargestellt (siehe Abb. 34).



Grabensystem um 1950.



Grabensystem um 2021.



Grabensystem um 2050.

Abb. 34: Die Entwicklung des Grabensystems in der Siedlung von 1950 bis 2050, jeweils als Prinzipschnitt dargestellt. (Römhild / Kruse 2012)

Auch bei der Ausweisung neuer Baugebiete können Grabensysteme zur Entwässerung dienen und gleichzeitig zu einer hohen Gestaltqualität des Quartiers beitragen,

wie die nachfolgenden Bilder illustrieren. Wichtiges Gestaltungselement ist hier der permanente Wasserstand, der über Staubauwerke erreicht wird.



Abb. 35: Links: Offenes Grabensystem im Wohnpark Trabrennbahn in Hamburg-Farmsen, Mitte und rechts: Offenes Grabensystem im Stadtteil Hammarby in Stockholm (Johannes Gerstenberg, Elke Kruse)

4.1.3 Dachbegrünung

Bei der Dachbegrünung wird das Regenwasser in einer ein- oder mehrschichtigen, mit Moosen, Gräsern, Stauden, Sträuchern oder Gehölzen bewachsenen Dachauflage vorübergehend gespeichert. Ein Teil des Regenwassers verdunstet anschließend und überschüssiges Wasser fließt zeitverzögert ab.

Flachdächer oder flach geneigte Dächer aus dem Industrie- und Gewerbebau, aber auch aus dem Wohnungsbau können begrünt werden. Bei der Begrünung unterscheidet man zwischen einer extensiven (Substratstärke 5 - 20 cm, geringer Pflegeaufwand) und einer intensiven Dachbegrünung (15 - 200 cm, hoher Pflegeaufwand). Je nach Schichtaufbau können zwischen 40 und 90 % des Jahresniederschlages gespeichert und anschließend verdunstet werden. Mittlerweile können wasserwirtschaftlich optimierte Gründächer laut Herstellerangaben sogar 99 % eines sogenannten Bemessungsregens (das entspricht einem 15-minütigem Starkregen mit 27 l/m² bzw. 300 l/(s x ha)) im Aufbau des Gründachs zurückhalten.

Beide Begrünungsarten tragen zudem zur Schaffung von Ersatzlebensräumen für Pflanzen und Tiere, zur Wärmedämmung des Gebäudes im Sommer und Winter sowie zur Reduzierung der Schadstoffpartikel im Niederschlagsabfluss bei. Eine Kombination mit Fotovoltaik-Anlagen ist zudem möglich und sinnvoll. So kann der sommerliche Leistungsverlust bei der Stromerzeugung durch Dachbegrünung reduziert werden. Weiterführende Informationen zu diesem Thema können dem Leitfaden „Dachbegrünung für Kommunen: Nutzen – Fördermöglichkeiten – Praxisbeispiele“ entnommen werden, der von der HCU in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Dachgärtnerverband e.V. erstellt wurde (zu bestellen beim DDV: www.dachgaertnerverband.de).

Auf bestehenden Flachdächern mit einer Kiesschüttung kann diese i.d.R. durch eine Dachbegrünung ersetzt werden. Bei Flachdächern ohne Kiesschüttung sind Varianten mit einem leichten Aufbau denkbar. Die mögliche Schichtdicke hängt dabei von der Statik des Gebäudes ab.



Abb. 36: Prinzipschnitt einer Dachbegrünung (HCU 2011)



Abb. 37: Beispielfotos von Dachbegrünungen: Oben: Blick auf ein Gewerbegebiet in Nürtingen (Kruse 2009) Unten: Blick auf das Dach der Cafeteria der NordLB in Hannover (Büro Prof. Nagel, Schonhoff + Partner 2006)

Dachbegrünung in Industriegebieten

Für Elmshorn stellt die Dachbegrünung vor allem in den Industriegebieten eine Möglichkeit dar, Regenabflüsse vor Ort zurückzuhalten und die Verdunstungsrate zu erhöhen. Industriegebiete weisen hohe Versiegelungsgrade auf, die i.d.R. zwischen 80 und 100 % liegen und dementsprechend für große Mengen an Regenabfluss sorgen, falls das Wasser nicht vor Ort versickert, zurückgehalten wird oder verdunstet.

In Elmshorn nehmen die Industriegebiete Nord und Südost zusammen 9 % der Gesamtfläche Elmshorns ein. 75 % der Industrie- und Gewerbebauten in Elmshorn sind mit Flachdächern versehen (siehe Abb. 38), die ein großes Potenzial für Dachbegrünung bieten. Wie viele Dächer theoretisch in den Industriegebieten begrünt werden könnten, stellen die nachfolgenden Pläne dar.



Abb. 38: Blick auf das Industriegebiet Nord, das hohe Versiegelungsgrade aufweist (Kruse, März 2012)

Tab. 3: Potenzialanalyse zum Regenwasserrückhalt in den Industriegebieten Nord und Südost. Die Flachdachflächen nehmen insgesamt ca. 226600 m² ein. Der Jahresniederschlag beträgt 772 mm. (Kruse 2012)

Derzeit üblicher Gründach-Aufbau (Höhe: 10 cm)*	
Regenwasserrückhalt	50 %
Abfluss bei Bemessungsregen**	13,5 l / m ²
Regenwasserrückhalt pro Jahr im Gebiet	ca. 87600 m ³

* mit Drainage-Element

** Bemessungsregen: 15-minütiger Starkregen mit 27 l/m² bzw. 300 l / (s x ha)

Wasserwirtschaftlich optimiertes Gründach (Aufbau: 9 cm)*	
Regenwasserrückhalt	99 %
Abfluss bei Bemessungsregen**	0,3 l / m ²
Regenwasserrückhalt pro Jahr im Gebiet	ca. 173000 m ³

* neue Technologie, die z.T. schon angeboten wird. Entsprechende Rückhaltewerte wurden verwendet

** Bemessungsregen: 15-minütiger Starkregen mit 27 L/m² bzw. 300 L / (s x ha)

Basierend auf dieser Potenzialanalyse wurde ermittelt, wie viel Niederschlagswasser in beiden Industriegebieten pro Jahr zurückgehalten werden kann, falls alle Flachdächer mit einem derzeit üblichen Gründach-Aufbau (Aufbauhöhe: 10 cm) inkl. Drainage-Element, versehen werden. Im Vergleich dazu wurde berechnet, wie viel Niederschlagswasser ein wasserwirtschaftliche optimiertes Gründach (Aufbauhöhe: 9 cm) pro Jahr zurückhalten kann

(Tabelle 3). Dieses optimierte System wird derzeit schon von einigen Firmen angeboten und kommt langfristig sehr wahrscheinlich vor allem in Gebieten zum Einsatz, die aufgrund des Klimawandels mit verstärkten Entwässerungsproblemen rechnen. Aus diesem Grund wurde es auch beispielhaft für Elmshorn bei der Berechnung berücksichtigt.

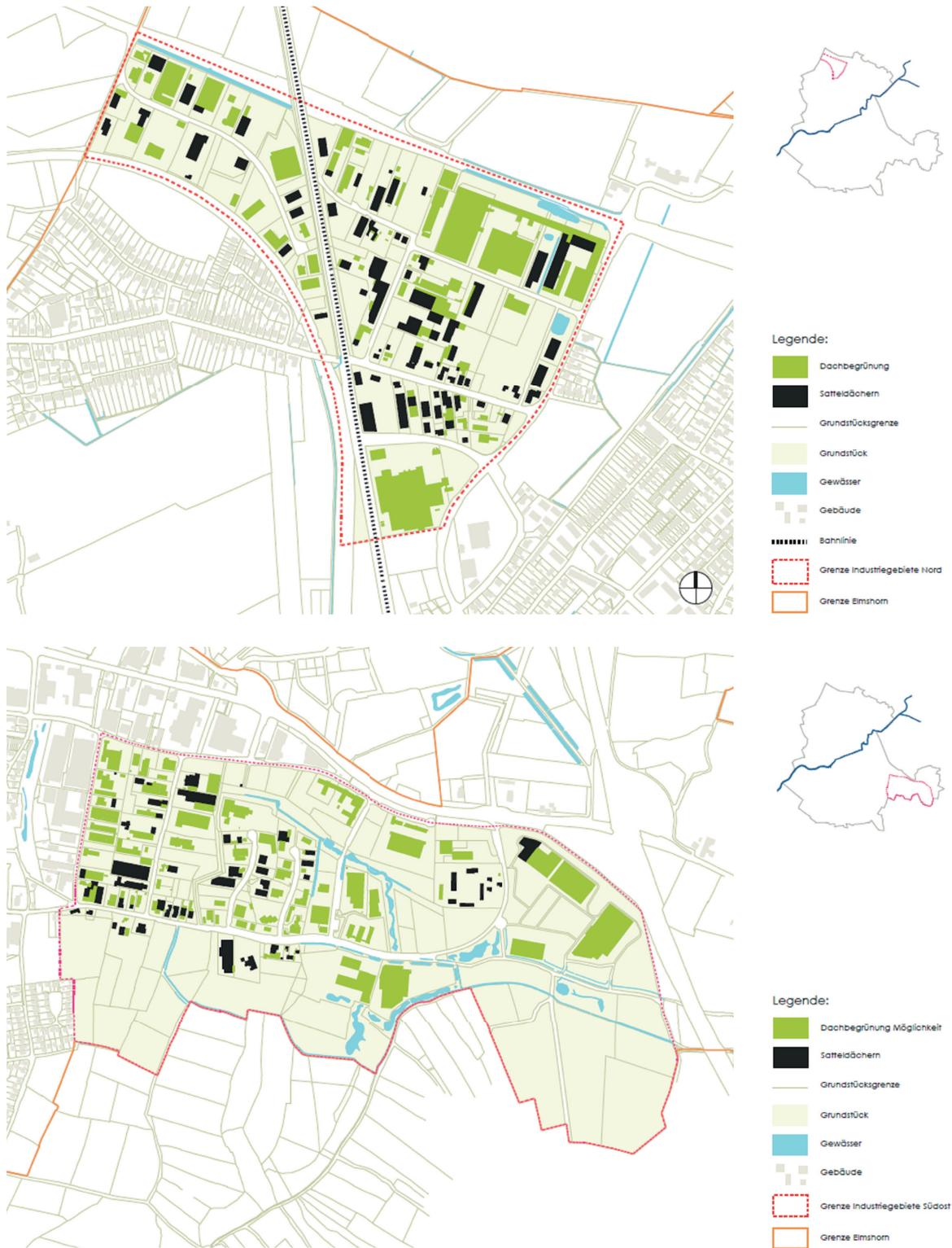


Abb. 39: Darstellung der Flachdächer im Industriegebiet Nord (Abb. oben) und Südost (Abb. unten), die theoretisch begründet werden könnten (ohne Beachtung statischer Voraussetzungen), basierend auf einer Auswertung von Luftbildern und DSGK (Angel / Kruse 2012)

4.1.4 Multifunktionale Flächen

Aufgrund des begrenzten Flächenangebots für Anpassungsmaßnahmen auf privaten Flächen werden ergänzende Maßnahmen zur Kontrolle der Wassermenge im öffentlichen Raum benötigt. Dafür bieten sich öffentliche Flächen, wie Grünanlagen, Spiel- und Sportplätze sowie Straßen und Parkplätze an, um im Falle eines Starkregens Niederschlagswasser temporär zu speichern bzw. zurückzuhalten (vgl. Hamburg Wasser 2010 und Dickhaut/Kruse 2009). Dabei wird das Überschusswasser kontrolliert auf Straßen, Wegen und weiteren linienartigen Infrastrukturen erfasst und – soweit möglich – auf Freiflächen bzw. anderen geeigneten Flächen (wie z.B. Spiel- und Sportplätze) zur temporären Rückhaltung geleitet.

Die geplante und kontrollierte Flutung dieser Flächen hat zum Ziel, andere Bereiche vor Überflutungen zu schützen,

wie z.B. Kellerräume. Nach wenigen Stunden stehen die Flächen wieder für ihre ursprüngliche Nutzung bereit. Bei der Gestaltung dieser Flächen sind Sicherheitsaspekte frühzeitig in der Planung zu berücksichtigen, um ein Gefährdungspotenzial vor allem für Kinder oder ältere Menschen auszuschließen.

Ein Beispiel für eine multifunktionale Grünfläche zeigt Abbildung 40. Im Falle eines Starkregenereignisses sind die sogenannten Grünkeile mit Wasser gefüllt. Durch die modellierten Böschungen wird das Wasser innerhalb der Grünkeile gehalten und versickert hier bzw. wird nach und nach in den nächsten Bach abgeleitet. In Hamburg wurde vor einigen Jahren der Begriff „Mitbenutzung“ für die multifunktionale Flächennutzung eingeführt und wird dort wie folgt definiert:



Abb. 40: Multifunktionale Grünfläche in Langenhagen bei Hannover (Ostermeyer, Mai 2009)

Definition

„Mitbenutzte Flächen, wie beispielsweise Straßen, Parkplätze, Grünflächen, Sport- und Spielflächen, unterliegen einer Hauptnutzung und werden im Starkregenfall zur temporären Zwischenspeicherung und/oder zum Transport von Abflussspitzen für den Überflutungs- und Gewässerschutz genutzt. Bei den hier genannten extremen Regen handelt es sich um Ereignisse, die in der Regel seltener als alle fünf Jahre, für Straßen in der Regel seltener als alle 10 Jahre auftreten. Die Mitbenutzung von Flächen ist daher

nicht der Normalfall, sondern die Ausnahme. Entsprechend des Gefahrenpotenzials durch die Überflutung und der Nutzungsintensität der mitzubeneutzenden Flächen ist die Mitbenutzung im Einzelfall abzuwägen. In der Regel beschränkt sich die Einstauhöhe des Regenwassers auf wenige Zentimeter. Zudem ist die Entleerungszeit auf etwa 12 bis maximal 24 Stunden angesetzt, sodass innerhalb kürzester Zeit die Hauptnutzung wieder erfolgen kann“ (Hamburg Wasser 2010).

Klinikum Elmshorn

Im Folgenden wird ein Beispiel für die multifunktionale Flächennutzung in Elmshorn vorgestellt. Das Fokusgebiet (siehe Abb. 41) ist eine etwa 2 km² große Fläche um das Klinikum Elmshorn im Osten der Stadt.

Das Areal ist von vier vielbefahrenen Hauptstraßen eingefasst: der B 431, der L 117, der K 10 und der Wittenberger Straße. Im Zentrum liegt das Klinikum Elmshorn. Der Norden und der Westen werden durch Wohngebiete

mit Ein- bzw. Mehrfamilienhäusern dominiert. Im Osten und im Süden liegen hauptsächlich landwirtschaftliche Nutzflächen. Abbildung 42 zeigt sowohl ein Luftbild des Gebiets als auch die entsprechende Topographie. Gut zu erkennen sind das zentrale Klinikgelände und eine westlich vom Klinikum gelegene Freifläche von etwa 65000 m². Das Wohngebiet im Westen ist durchzogen von einem Grabensystem, welches der Entwässerung dient.

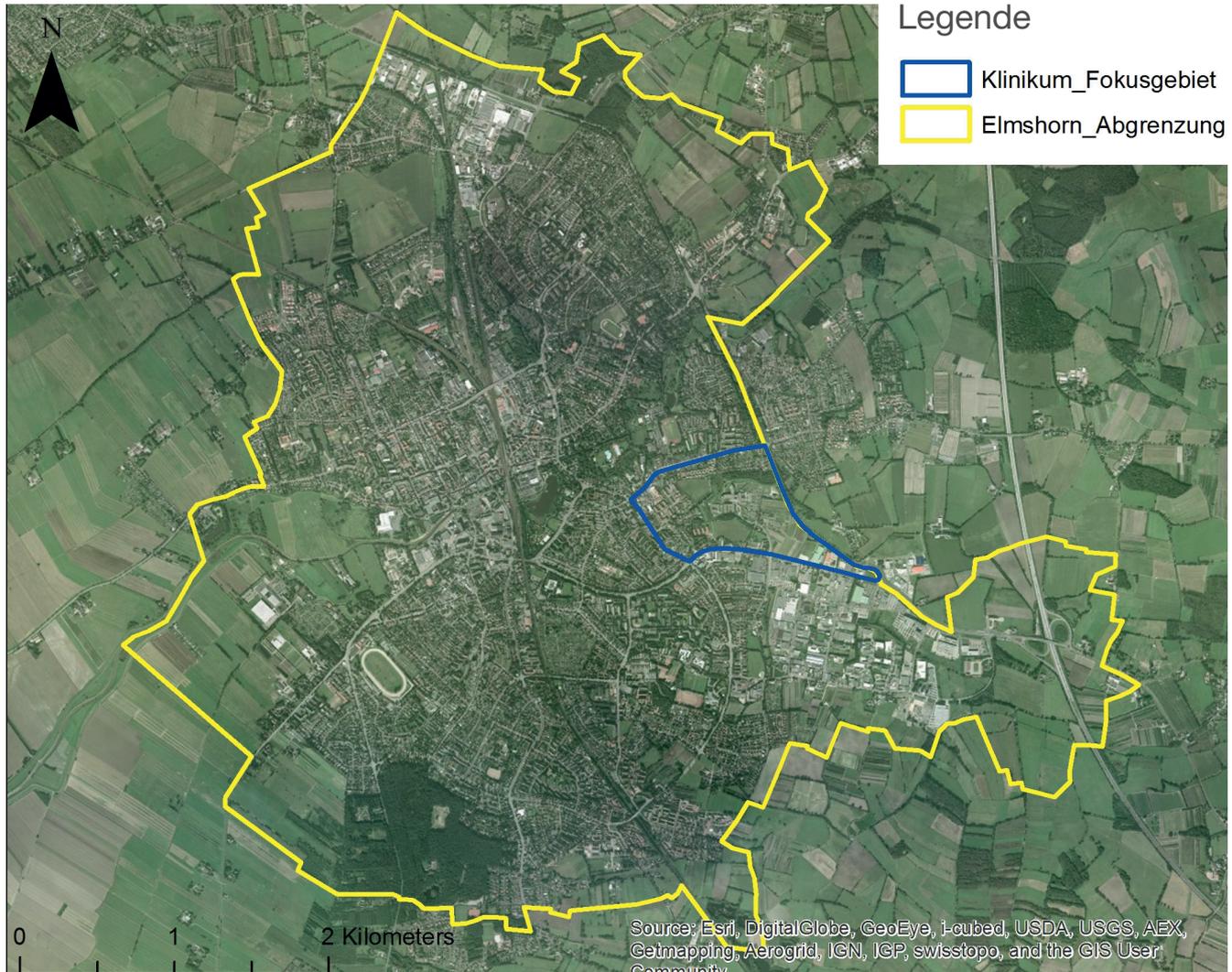


Abb. 41: Das Untersuchungsgebiet „Klinikum Elmshorn“ (TUHH)

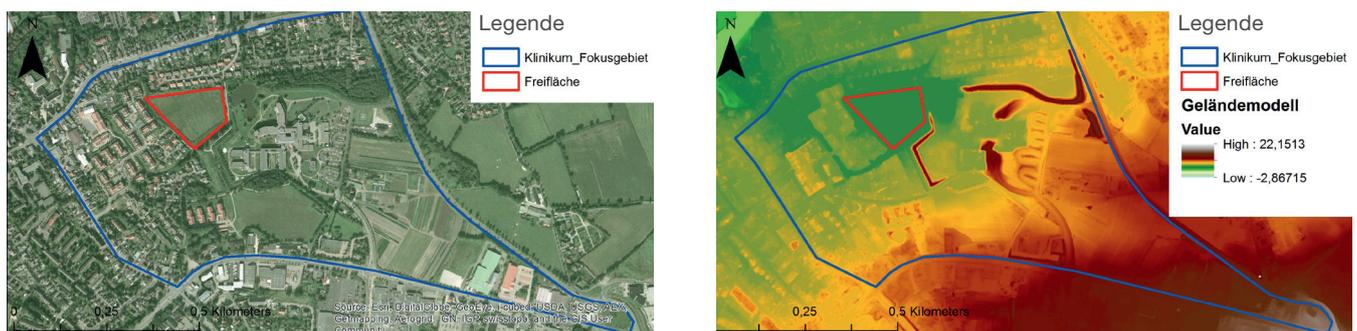


Abb. 42: Darstellung des Fokusgebiets: (a) Luftbild; (b) topographische Karte (TUHH)

Dieses Gebiet besitzt sehr großes Potenzial zur Zwischenspeicherung von Wasser auf der Freifläche. Wie anhand der topographischen Karte zu sehen ist, besteht ein Gefälle von den umgebenden Gebieten im Süden und Süd-Osten zur Freifläche westlich des Krankenhauses. Möglicherweise ist zur Überwindung einiger Hindernisse wie z.B. des höher gelegenen landwirtschaftlichen Wegs der Bau von Rinnen oder ein kurzes Verrohrn des Abschnitts nötig. Auch vom nördlichen Wohngebiet weist die Hauptfließrichtung in Richtung der angesprochenen Freifläche.

Diese ist außerdem von einem Grabensystem umschlossen (siehe Abb. 44 (a) Luftbild), welches bereits mit den Gräben der Wohngebiete verbunden ist. Durch diese günstigen Gegebenheiten ist es mit geringem Aufwand möglich, das in dem Gebiet anfallende Regenwasser zur Freifläche zu leiten und es dort zwischenspeichern, bevor es weiter nach Norden in die Krückau geleitet wird. Aufgrund der Lage der ungenutzten Freifläche zwischen zwei größeren Wohngebieten ist eine multifunktionale Nutzung sinnvoll, um das Gebiet weiter aufzuwerten. Die Fläche könnte z.B. als Grünanlage mit Spielplatz gestaltet werden, wie in Abbildungen 43 veranschaulicht. Die vorgesehenen Sportplätze können als Mulden genutzt werden. Nur im Fall von seltenen Starkregenereignissen werden sie geflutet.



Abb. 43: Mögliche Nutzung der Freifläche in Perspektive dargestellt (Sicht aus süd-westlicher Richtung) (TUHH)

a)



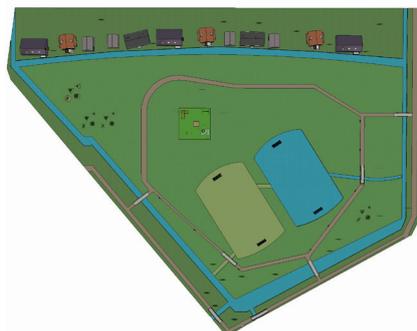
Abbildung 44 zeigt die sukzessive Flutung der Sportplätze bei ansteigendem Wasserstand. Es ist darauf geachtet worden, dass nicht beide Mulden gleichzeitig mit Wasser gefüllt werden, was bei erhöhtem Wasserstand zumindest die Nutzung einer Mulde erlaubt.

Abb. 44: (a) Luftbild der Freifläche und Darstellung der vorgeschlagenen Nutzung bei (b) mittlerem Wasserstand, (c) erhöhtem Wasserstand, (d) hohem Wasserstand (TUHH)

b)



c)



d)



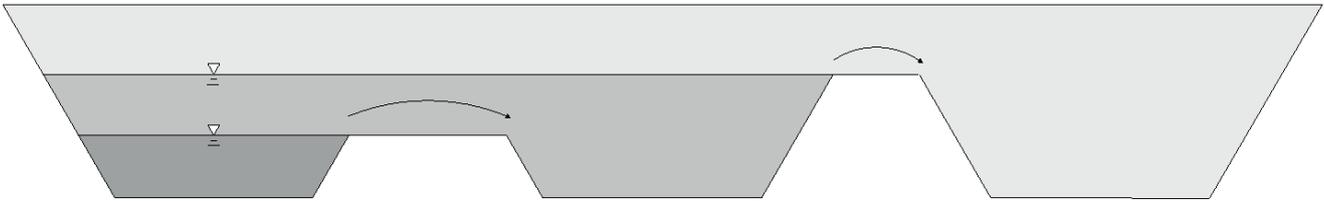


Abb. 45: Das System „Graben-Rinne-Mulde“ (ohne Maßstab) im Querschnitt (TUHH)

Das System „Graben-Rinne-Mulde“ ist in Abbildung 45 schematisch dargestellt. Bei steigendem Wasserstand fließt das Wasser von dem Graben (links) in die erste Mulde (mitte) und nur wenn diese voll ist, weiter in die zweite Mulde (rechts).

Um die Wirkung dieser Strategie quantifizieren zu können, wurde ein Niederschlag-Abfluss-Modell erstellt. Simulationen wurden unter verschiedene Einstellungen der hydraulischen Parameter des „Graben-Rinne-Mulde“ Systems für unterschiedliche Regenereignisse durchgeführt. Abbildung 46 zeigt, wie bei einem Extremereignis das System sowohl vor wie auch nach der Abflussspitze die ganzen Niederschläge aufnehmen und die Spitze um ca. 30 % reduzieren kann.

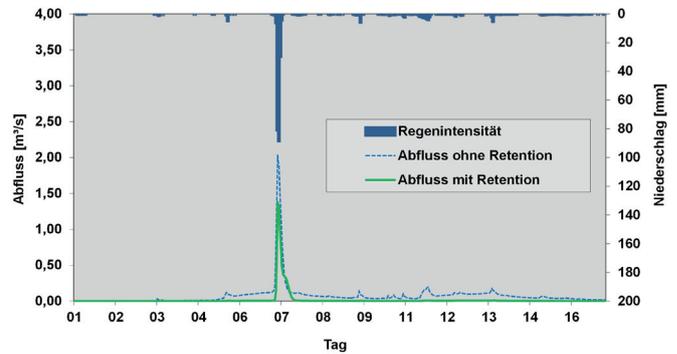


Abb. 46: Niederschlag-Abfluss Diagramm während eines extremen Ereignisses mit und ohne zusätzliche Retention (TUHH)

4.1.5 Zwischenspeicherung in der Marsch

Unterhalb von Elmshorn schließt rechtsseitig die Kremper Marsch und linksseitig die Seestermüher Marsch an die Krückau an. Beide Gebiete entwässern zu großen Teilen in die Krückau. Rechtsseitig der Krückau befindet sich das Einzugsgebiet des Sielverbandes Raa, linksseitig befinden sich die Einzugsgebiete der Sielverbände Wisch-Kurzenmoor, Seestermühe sowie der Anteil des Einzugsgebietes des Sielverbandes Seestermüher Au-

ßenkoog, der in die Krückau entwässert (vgl. Abb. 4). Die drei erstgenannten Verbände verfügen über kombinierte Anlagen, bestehend aus Siel und Schöpfwerk, wobei die Entwässerung im Regelfall über die Schöpfwerke erfolgt. Der Sielverband Seestermüher Außenkoog verfügt über zwei Siele. Weitere Informationen können Tabelle 4 entnommen werden.

Tab. 4: Daten der Sielverbände im Modellgebiet (Zusammenstellung nach Stadelmann 2010, ergänzt durch eigene Angaben)

	Seestermühe	Wisch-Kurzenmoor	Raa	Seestermüher Außenkoog
Fläche in km ²	23,7	16,8	32,8	2,9
Anzahl Siele	1	1	1	2
Anzahl Schöpfwerke	1	1	1	-
Max. Schöpfwerksleistung in m ³ /s	1,8+3,8	1,9+2,9	6,5+3,2	-
Länge Entwässerungsnetz	63,6 km	37,5 km	55,3 km	8,8 km
Aufteilung Entwässerungsnetz	57 % Gewässer 41 % Rohrleitung 2 % sonstige	96 % Gewässer 4 % Rohrleitung	78 % Gewässer 12 % Rohrleitung	100 % Gewässer

Anfallendes Niederschlagswasser über den Einzugsgebieten der Sielverbände sammelt sich im Entwässerungssystem und führt dort zu einem Anstieg des Wasserstandes. Für jedes Schöpfwerk wurde ein individueller Wasserstand definiert, bei dem die Pumpen in Betrieb genommen werden, um das angesammelte Wasser in die Krückau zu pumpen. Der Betrieb findet auch im Fall einer andauernden Sperrwerksschließung statt, was den Anstieg des Wasserstandes in der Krückau beschleunigt.

Die Anpassungsmaßnahme zielt darauf ab, den Betrieb der Pumpen während der Sperrzeiten zu vermeiden,

indem das anfallende Niederschlagswasser zwischengespeichert wird. Im Folgenden wird ein Beispiel für die Anlage eines Rückhaltebeckens in der Seestermüher Marsch vorgestellt. Bei dem untersuchten Gebiet, welches in Abbildung 47 dargestellt ist, handelt es sich um eine 0,7 km² große Fläche. Die ebene Fläche bietet sich durch ihre Lage unmittelbar im Zulaufbereich des Schöpfwerks an. Zudem ist sie in Teilen von höher liegenden Bereichen abgegrenzt, die etwa 0,5 bis 1,0 m höher liegen. Bei der Flächennutzung handelt es sich teilweise um Grünland und teilweise um Ackerland. Bestehende Bebauung ist nicht betroffen.



Abb. 47: Mögliche temporäre Staufläche im Rückstaubereich der Schöpfanlage Kurzenmoor (TUHH 2014)

Auf dieser Fläche soll das anfallende Niederschlagswasser über die Dauer von 30 h, was dem Extremfall entspricht, zwischengespeichert werden. Aus der Pumpleistung des Schöpfwerks Kurzenmoor errechnet sich ein maximales Fördervolumen, welches während einer angenommenen Sperrdauer von 30 h gefördert werden kann, von ca. 520000 m³. Die vorgesehene Fläche umfasst 700000 m² woraus sich eine mittlere Einstautiefe von 0,75 m ergibt. Unter Ausnutzung der topographischen Gegebenheiten und mithilfe von Mini-Deichen kann eine derartige Einstauhöhe mit verhältnismäßig geringem Aufwand realisiert werden. Der wenig durchlässige Marschboden, der geringe Höhenunterschied und die zeitlich begrenzte Dauer des Einstaus machen Sickerströmungen beherrschbar. Allerdings ist im

Zulaufbereich des Speicherbeckens ist ein zusätzliches Unterschöpfwerk erforderlich, um das Wasser aus dem tiefer liegenden Gebiet in das Becken zu fördern. Das zwischengespeicherte Volumen von 520000 m³ entlastet den Wasserstand in der unteren Krückau im Fall einer über 30 h andauernden Sperrwerksschließung um knapp 0,1 m. Weitere Rückhaltebecken im Zulaufbereich der beiden anderen Schöpfwerke Raa und Seestermühe würden zu einer weiteren Reduktion der Wasserstände führen. Tabelle 5 gibt einen Überblick über die zu erwartende Entlastung des Wasserstandes in der Krückau für den Fall einer Sperrwerksschließung über 30 h. Bei kürzeren Sperrwerksschließungen fällt entsprechend weniger zu speicherndes Wasser an.

Tab. 5: Maximale Fördermengen der Schöpfwerke in 30 h und die erwartete Entlastung der Wasserstände in der Krückau unter Annahme des Extremlastfalls (heutige Bedingungen) (TUHH 2014)

	Seestermühe	Wisch-Kurzenmoor	Raa
Max. Fördermenge in 30h	600.000 m ³	520.000 m ³	1.000.000 m ³
Benötigte Fläche bei Einstautiefe von 0,75m	800.000 m ²	700.000 m ²	1.330.000 m ²
Wasserstandsreduktion im Extremlastfall	Ca. 0,1 m	Ca. 0,1m	Ca. 0,2 m

4.1.6 Erhöhung der Leistung der Pumpen im Sperrwerk

In das Krückau-Sperrwerk sind zwei Pumpen integriert, die jeweils über eine Förderleistung von 5 m³/s verfügen (Stadelmann 2010). Diese Pumpen können während einer Sperrwerksschließung Wasser in die Elbe pumpen. Im Extremfall kann durch den Betrieb der Pumpen mit

maximaler Leistung eine Reduktion des Wasserstandes in der Krückau von ca. 0,2 m pro 10 m³/s Pumpleistung erzielt werden. Dementsprechend kann durch eine Verdopplung der heutigen Leistung eine weitere Absenkung um 0,2 m erzielt werden.

4.2 Mehr Raum für den Fluss

Neben der Reduktion des Wasservolumens, das im Extremfall hinter dem Krückau-Sperrwerk gespeichert werden muss, kann durch eine Vergrößerung des verfügbaren Stauraumes eine Reduktion des klimawandelbedingten Anstiegs des maximalen Wasserstandes in der Krückau erreicht werden. Derartige Maßnahmen können entlang des Unterlaufs zwischen Elmshorn und der Mündung

angesiedelt werden. Hier kann neuer Stauraum entweder vor oder hinter der bestehenden Deichlinie geschaffen werden. Im Folgenden werden verschiedene Möglichkeiten zur Stauraumvergrößerung beschrieben.

4.2.1 Vor dem Deich: Sperrwerkssteuerung

Durch den relativ hohen Schließwasserstand können die meisten Tiden ungehindert in die Krückau Ein- und Ausschwingen, was eine Vielzahl an Vorteilen u.a. für die Schifffahrt hat. Allerdings führt das späte Schließen auch dazu, dass die Krückau zum Zeitpunkt des Schließens bereits durch die einschwingende Tide vorgefüllt ist, wodurch ein Teil des verfügbaren Stauvolumens nicht mehr zur Verfügung steht. Die Anpassungsmaßnahme sieht vor, den Schließwasserstand des Krückau-Sperrwerks zu reduzieren, um im Fall einer Schließung mehr Stauvolumen für die Aufnahme des Oberwasser- und Schöpfwerkszuflusses zu generieren. Abbildung 48 verdeutlicht das Vorgehen. Derzeit wird das Sperrwerk bei Wasserständen über 2,2 m ü. NN geschlossen. Der modifizierte Betrieb sieht eine Schließung bei einem deutlich niedrigeren Wasserstand vor, um mehr Stauraum für die Speicherung des Binnenzuflusses zu erhalten.

Im Optimalfall erfolgt die Schließung bei Flutstromkenterung, also dann, wenn das Wasser beginnt, in die Krückau hineinzuströmen. Bei geringem Oberwasserzufluss aus dem Einzugsgebiet der Krückau findet die Flutstromkenterung etwa eine knappe Stunde nach Eintritt des Tideniedrigwassers (Tnw) statt. Bei hohen Oberwasserzuflüssen findet die Kenterung deutlich später statt. Eine Schließung vor der Strömungsumkehr würde dazu führen, dass der Binnenwasserstand schneller steigen würde als der Außenwasserstand in der Elbe. Neben betrieblichen Aspekten würde eine schlechtere Ausnutzung des Stauraumes dagegen sprechen. Die neue Steuerung wurde mithilfe des hydrodynamisch-numerischen Modells der Krückau analysiert. Wie bei allen anderen Maßnahmen auch, wurde der Extremfall untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass durch früheres Schließen im Extremfall eine maximale Entlastung des Wasserstandes im Elmschörner Hafen von ca. 0,1 m erzielt werden kann.

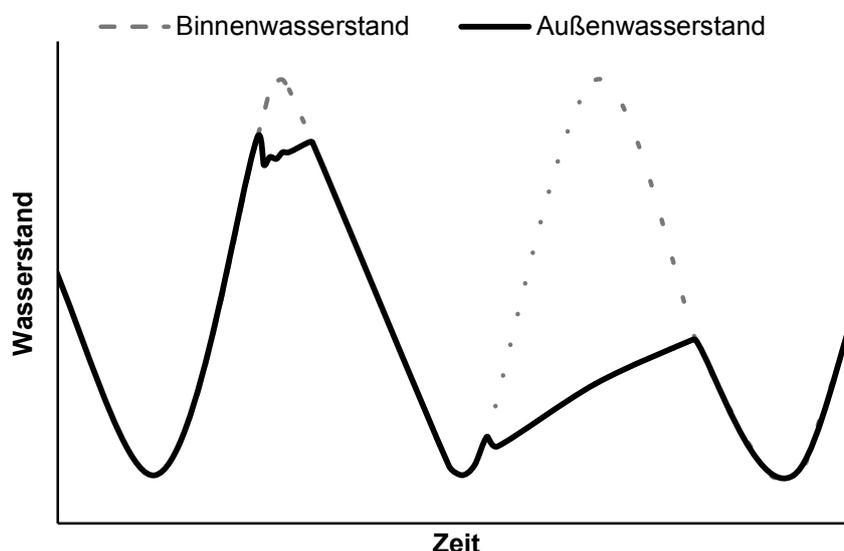


Abb. 48: Binnen- und Außenwasserstand im Verlauf einer Sperrwerksschließung kurz vor Tidehochwasser (links) und unmittelbar nach Tideniedrigwasser (rechts) (TUHH 2014)

4.2.2 Vor dem Deich: Vorlandabgrabung

Das Deichvorland an der Krückkau ist im Laufe der Jahrzehnte immer weiter angewachsen und weist inzwischen Geländehöhen zwischen 1,8 und 2,5 m ü. NN auf. Durch die stetige Ablagerung von Material geht in gleichem Maße Stauraum verloren. Die Anpassungsmaßnahme sieht vor, einen Großteil des abgelagerten Materials abzugraben, um den verlorenen Stauraum zu reaktivieren. Entlang des Unterlaufs der Krückkau kommen grundsätzlich zwei größere Areale für eine Abgrabung in Frage. Abbildung 49 zeigt den Krückkau-Abschnitt im Bereich der Kruck, nahe Elmshorn. Die Geländehöhen liegen im Bereich von 2,0 m ü. NN.

Abbildung 50 zeigt den Mündungsbereich der Krückkau mit den großen Vorlandflächen, die Geländehöhen von ca. 2,5 m ü. NN aufweisen. Da im Bereich der Kruck als einstiges Spülfeld möglicherweise mit belastetem Material zu rechnen ist und im Mündungsbereich größere Flächen zur Verfügung stehen, fiel die Wahl auf den Mündungsbereich. Die Auswirkung der reduzierten Geländehöhen wurde mithilfe des hydrodynamisch-numerischen Modells der Krückkau analysiert. Wie bei allen anderen Maßnahmen wurde der Extremfall untersucht. Die Ergebnisse zeigen eine Reduktion des maximalen Wasserstandes im Bereich des Elmshorner Hafens von ca. 0,2 m.



Abb. 49: Ausschnitt der Krückkau im Bereich der Kruck (TUHH 2014)

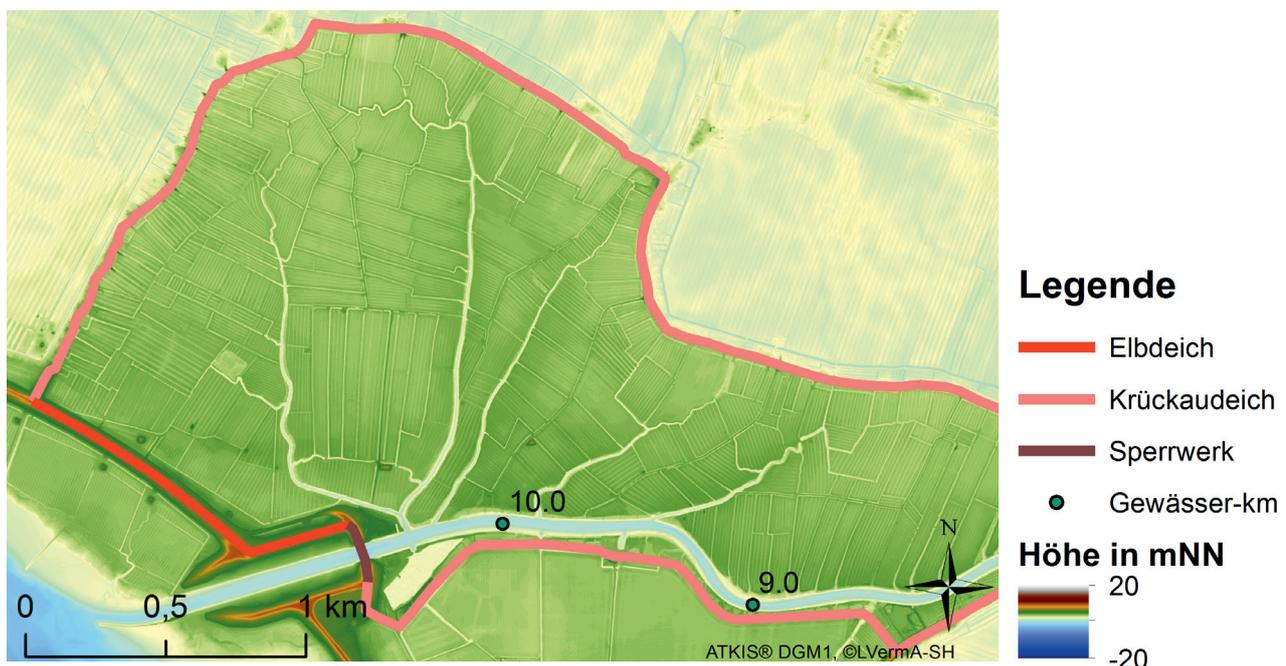


Abb. 50: Geländehöhen im Bereich der Krückkau- Mündung (TUHH 2014)

Hinter dem Deich: Überlaufpolder

Während vor dem Deich bei der Gewinnung von neuem Stauraum nur ein begrenzter Spielraum besteht, ist das Potenzial hinter der Deichlinie sehr groß. Abbildung 51 zeigt mögliche Standorte für die Anlage von Poldern. Die beste Ausnutzung der Flächen wird durch die Ausführung als Überlaufpolder erzielt. Diese haben gegenüber einem vollständig ans Tidegeschehen angeschlossenen Polder den Vorteil, dass der verfügbare Stauraum erst bei Beginn des Überlaufs in Anspruch genommen wird und dementsprechend effizienter genutzt wird. Zur Schaffung des Polders wird die neu ausgewählte Fläche durch eine zweite Deichlinie eingedeicht. Die erste Deichlinie wird abschnittsweise als Überlaufdeich ausgeführt, die ab einem definierten Wasserstand schadlos überströmt wird. Die Höhe des Überlaufdeichs sollte so niedrig gewählt werden, dass schadhafte Überflutungen entlang des Unterlaufs vermieden werden. Diese treten an der Krückau etwa ab einem Wasserstand von 2,5 m ü. NN im Bereich des Elmshorner Hafens auf. Gleichzeitig sollte die Höhe möglichst hoch gewählt werden, um eine möglichst effektive Ausnutzung des Stauraumes zu erzielen. Für die Krückau bietet sich daher eine Überlaufhöhe von etwa 2,4 m ü. NN an. Alternativ kann statt des Überlaufdeichs ein steuerbares Wehr, welches in den Deich integriert wird, eingesetzt werden. Durch die Steuerbarkeit kann eine an den Bedarf angepasste flexible Überlaufhöhe erreicht werden. Vor allem kann die Entleerung des Polders durch das Bauwerk erfolgen, indem die Wehröffnung komplett geöffnet wird. Aus Sicht

des Hochwasserschutzes spielt die Lage des Polders nur eine untergeordnete Rolle, da sich bei geschlossenem Sperrwerk im gesamten Unterlauf ein nahezu konstanter Wasserstand einstellt. Allerdings ist ein Standort in der Nähe einer bestehenden Schöpfanlage sinnvoll, damit die Entleerung des Polders nach einer Flutung über die vorhandenen Siele und Schöpfwerke erfolgen kann.

Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse wurde die Wirkung eines Überlaufpolders untersucht. Als Einlaufbauwerk wurde ein steuerbares Wehr verwendet. Die Überlaufhöhe wurde zwischen 2,0 und 2,4 m ü. NN gewählt, die Polderfläche umfasste zwischen 0,5 und 5 km², die mittlere Geländehöhe lag bei -0,5 m ü. NN. Es konnte für den Extremlastfall gezeigt werden, dass der Anstieg des Wasserstandes in der Krückau bei Erreichen der Überlaufhöhe nicht weiter ansteigt, bis der Überlaufpolder vollständig gefüllt ist. Die Auswertung der Ergebnisse hat ergeben, dass eine Überlaufhöhe von 2,4 m ü. NN und eine Polderfläche zwischen 1,0 und 2,5 km² ausreicht, um den Wasserstand im Elmshorner Hafen auf 2,5 m ü. NN zu begrenzen und damit Überflutungen in diesem Bereich zu vermeiden. Die erforderliche Polderfläche hängt vom angesetzten Binnen- und Schöpfwerkszufluss ab. Unter heutigen Rahmenbedingungen wären ca. 1,0 km² erforderlich, bei einer Zunahme des Binnen- und Schöpfwerkszuflusses um 50 % würde sich der Flächenbedarf auf ca. 2,0 km² erhöhen.

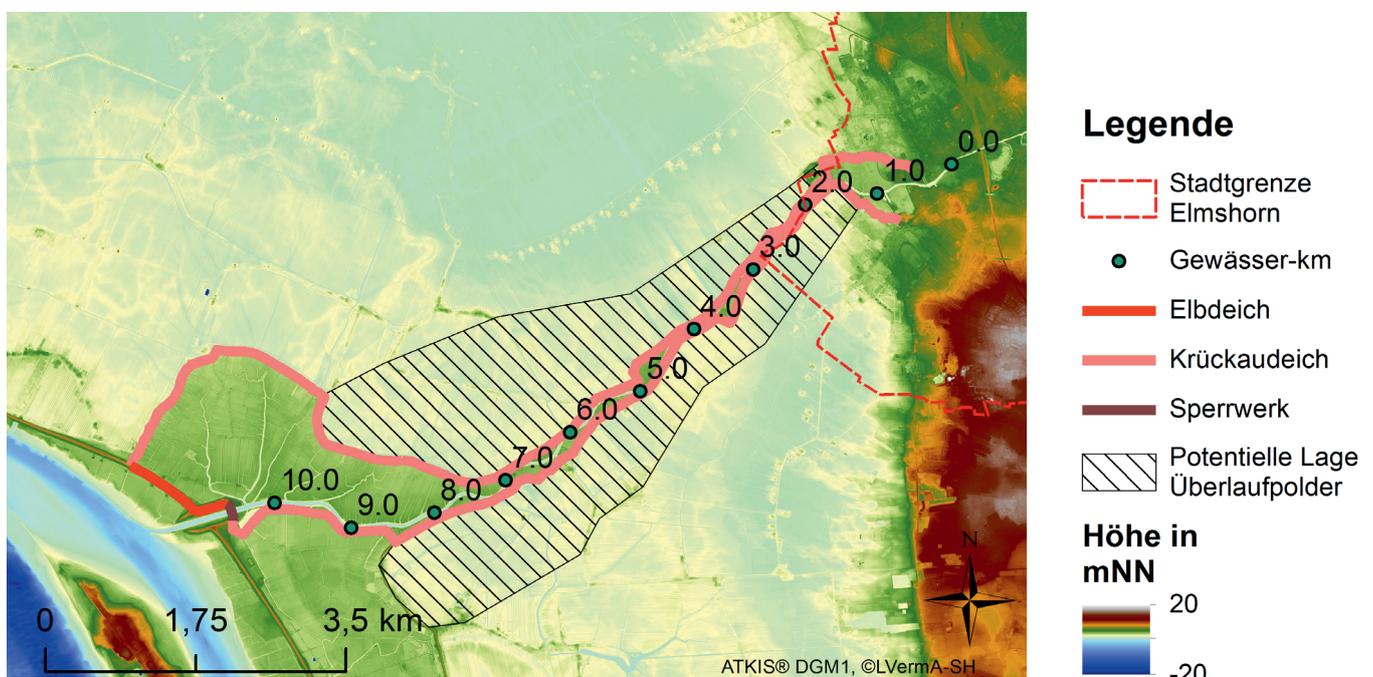


Abb. 51: Mögliche Bereiche zur Anordnung von Überlaufpoldern (TUHH 2014)

4.3 Zusammenfassung und vorläufige Bewertung

Die negativen Folgen des Klimawandels für den Hochwasser- und Überflutungsschutz am Unterlauf der Krückau können durch verschiedene Maßnahmen reduziert oder kompensiert werden. Eine Form der Anpassung sieht vor, Maßnahmen zu treffen, um den Abfluss von Niederschlagswasser in die Krückau zu reduzieren. Dadurch werden der Hochwasserabfluss und der damit verbundene Anstieg des Wasserstandes verringert. Eine andere Form der Anpassung sieht vor, das Speichervolumen der Krückau zu vergrößern, wodurch ebenfalls der Anstieg des Wasserstandes reduziert wird. Derartige Maßnahmen können ausschließlich im Bereich der Marsch umgesetzt werden, während Maßnahmen zur Abflussreduktion in allen Bereichen des Modellgebietes angeordnet werden können.

Im oberen Einzugsgebiet kann eine 25-prozentige Teilentsiegelung der derzeit versiegelten Flächen dazu führen, dass der Hochwasserabfluss am Pegel auf Höhe der Autobahn A23 um etwa 5 % reduziert wird. Im Stadtgebiet von Elmshorn könnte durch den Rückhalt von 25 % des direkt abfließenden Niederschlagswassers eine weitere Reduktion des Hochwasserabflusses um 10 % erzielt werden. Da in großen Bereichen des Stadtgebietes keine Versickerung möglich ist, sollte der Rückhalt durch andere Maßnahmen erfolgen. Durch die Reaktivierung und den Ausbau des Grabensystems im Bereich der „Siedlung“ im Nordosten von Elmshorn kann beispielsweise zusätzliches Retentionsvolumen zum Rückhalt des Niederschlagswassers geschaffen werden. In anderen Bereichen kann Niederschlagswasser in begrünten Dächern, die aus einer ein- oder mehrschichtigen bewachsenen Dachauflage bestehen, vorübergehend gespeichert werden. Darüber hinaus bietet sich für öffentliche Flächen, wie Grünanlagen, Spiel- und Sportplätze sowie Straßen und Parkplätze, eine multifunktionale Nutzung an. Neben ihrer eigentlichen Nutzung dienen die Flächen dazu, im Falle eines Starkregens Niederschlagswasser temporär zu speichern bzw. zurückzuhalten. Ein Beispiel ist das bislang ungenutzte Areal westlich des Klinikums Elmshorn, das zu einer Grünanlage mit Sport- und Spielplätzen ausgebaut werden kann. Die Anlage könnte so ausgelegt werden, dass im Fall von Starkregenereignissen Niederschlagswasser aus den umliegenden Bereichen auf den Flächen zwischengespeichert werden kann. Durch eine derartige Umgestaltung wird einerseits eine Aufwertung der angrenzenden Wohngebiete erreicht und andererseits der direkte Abfluss von Niederschlagswasser in die Krückau verringert. Auch im Bereich der Marsch können Flächen zur Zwischenspeicherung von Niederschlagswasser genutzt werden, wobei die ursprüngliche landwirtschaftliche Hauptnutzung erhalten bleiben würde. Die Maßnahmen zur Zwischenspeicherung müssen lediglich im Fall von langen Sperrzeiten des Sperrwerks in Anspruch genommen werden. In diesem seltenen Fall wird das Niederschlagswasser, welches normalerweise von den Schöpfwerken in die Krückau gepumpt wird, auf die Flächen geleitet bzw. gepumpt. Mini-Deiche von maximal 1 m Höhe verhindern die unkontrollierte Ausbreitung der Überflutung. Durch den reduzierten

Zustrom von Wasser aus den Schöpfwerken, verringert sich der Anstieg des Wasserstandes in der Krückau. Nach Wiederöffnung des Sperrwerks wird das Wasser dann wie gewohnt in die Krückau gepumpt. Wird hinter jedem Schöpfwerk ausreichend Raum für die Zwischenspeicherung vorgesehen, kann der Wasserstand im Extremfall um ca. 0,4 m reduziert werden. Geht man von einer maximalen Einstautiefe von 0,75 m und den heutigen Schöpfwerksleistungen aus, wird dafür eine Fläche von ca. 3 km³ benötigt. Eine weitere Möglichkeit, den Anstieg des Wasserstandes zu verringern, liegt in der Nutzung der Pumpen, die in das Sperrwerk integriert sind. Werden diese während des Extremfalls eingesetzt, kann der Wasserstand um ca. 0,2 m abgesenkt werden.

Im Bereich der Marsch können außerdem Maßnahmen zur Vergrößerung des Speichervolumens der Krückau umgesetzt werden. Diese können vor der bestehenden Deichlinie oder dahinter angelegt werden. Vor dem Deich kann unter anderem das Sperrwerk dazu genutzt werden, mehr Stauraum zur Speicherung des Oberwassers zu schaffen, indem die Schließung bei niedrigeren Wasserständen als bisher erfolgt. Durch Schließung bei Strömungskenterung, also etwa eine Stunde nach Tideniedrigwasser kann im Extremfall eine Reduktion des Wasserstandes im Elmshorner Hafen um ca. 0,1 m erzielt werden. Des Weiteren kann durch die Abgrabung der Vorländer neues Speichervolumen generiert werden. Durch die Absenkung der Geländehöhen im Mündungsbereich, wo große Vorlandflächen existieren, um einen Meter kann im Extremfall eine Reduktion des Wasserstandes im Elmshorner Hafen um ca. 0,2 m erreicht werden. Hinter der bestehenden Deichlinie ist das Potenzial zur Stauraumvergrößerung noch deutlich größer als vor der Deichlinie. Hier können Flächen zu Überlaufpoldern umfunktioniert werden, deren Befüllung ab einem definierten Wasserstand in der Krückau beginnt. Diese Überlaufhöhe sollte möglichst hoch gewählt werden, um eine möglichst effektive Ausnutzung der Flächen zu erzielen und zudem ein häufige Überflutung der Flächen zu vermeiden, damit diese weiterhin landwirtschaftlich genutzt werden können. Gleichzeitig sollte die Überlaufhöhe so niedrig gewählt werden, dass schadhafte Überflutungen in gefährdeten Bereichen wie dem Elmshorner Hafen vermieden werden. Aus den genannten Gesichtspunkten liegt die optimale Überlaufhöhe im Bereich von 2,4 m ü. NN. Die erforderliche Polderfläche hängt vom angesetzten Binnen- und Schöpfwerkszufluss ab. Unter heutigen Rahmenbedingungen wären ca. 1,0 km³ erforderlich, bei einer Zunahme des Binnen- und Schöpfwerkszuflusses um 50 % würde sich der Flächenbedarf auf ca. 2,0 km² erhöhen.

Abbildung 52 gibt einen Überblick über die untersuchten Maßnahmen, den Modellgebietsabschnitt, in dem diese sinnvoll und effektiv umgesetzt werden können sowie das Potenzial zur Reduktion des maximalen Wasserstandes.

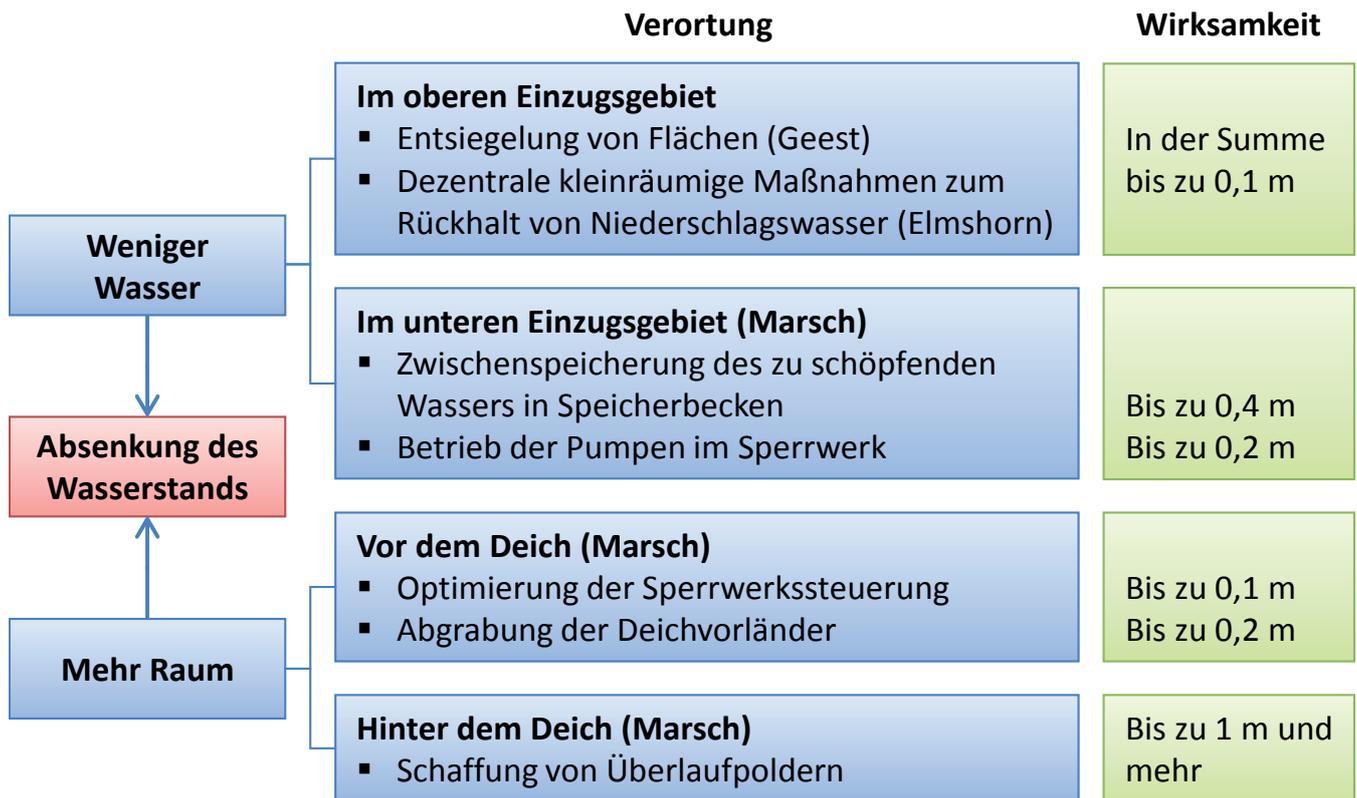


Abb. 52: Potenziale der untersuchten Anpassungsmaßnahmen zur Reduktion des maximalen Wasserstandes im Elmshorner Hafen unter Annahme des Extremlastfalls (TUHH 2014)

5 Sensibilisieren und Beteiligen in der Modellregion: Methoden

*Martin Krekeler, Birgit Hohberg,
Lothar Hartmann, Jörg Knieling*

Zur Bewältigung von zukünftig zu erwartenden Klimafolgen bedarf es aufgeklärter kritischer Bürgerinnen und Bürger und Entscheidungsträger, die sich in Prozessen der Transformation souverän bewegen können. Das Interesse, sich mit den regionalen Auswirkungen des Klimawandels zu befassen, ist innerhalb der Bevölkerung und auf politischer Ebene allerdings unterschiedlich ausgeprägt und variiert auch in Abhängigkeit davon, welchem sozialen Milieu eine Person angehört oder welche kurzfristig relevanten Themen auf der regionalpolitischen Agenda priorisiert werden. Die Vermittlungs- und Bildungsarbeit für Klimaveränderungsprozesse bleibt damit herausforderungsreich: Eine komplexe Problematik, deren Auswirkungen unsicher sind und erst in der Zukunft sichtbar(er) werden, trifft auf ein sehr unterschiedliches Bewusstsein für die individuelle Betroffenheit und für Handlungsbedarfe. Zudem bestehen nicht für alle Bürgerinnen und Bürger gleichermaßen die Optionen, Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel (mit) zu gestalten. Der kontinuierliche Prozess des Untersuchens und Aufklärens, wie sich Klimaveränderungen vor Ort auswirken können, erfordert institutionenübergreifende Vernetzung und emanzipatorische politische Bildung. Zu diesem Zweck hat KLIMZUG-NORD verschiedene Kommunikations- und Beteiligungsformate für unterschiedliche Ziel- und Altersgruppen entwickelt und angewendet.

Bei diesem Versuch, die lokal spezifischen Themen und Forschungsinhalte in einen Transformationsprozess für Klimaanpassungsmaßnahmen einzuspeisen, hat KLIMZUG-NORD mit verschiedenen Informations- und Partizipationsformaten die Fachöffentlichkeit, Entscheidungsträger wie auch die breitere Öffentlichkeit in der Modellregion adressiert.

Vor dem Hintergrund der komplexen Konstellation relevanter Akteure bildeten institutionenübergreifende Kooperationen und interdisziplinäre Projektarbeit den Ansatzpunkt für eine Bearbeitung der Problemlage, die durch Unsicherheit, Langfristigkeit, verschiedene Interessen und Handlungsorientierungen sowie von voneinander abweichenden Problemwahrnehmungen der Beteiligten

gekennzeichnet ist. Für innovative und umfassende (das Einzugsgebiet der Krückau einschließende) Lösungswege in dem von Unsicherheiten geprägten Problemfeld möchte KLIMZUG-NORD einen Beitrag leisten, Beteiligungsformate, Handlungsmöglichkeiten und Verhandlungs- bzw. Erlebnisräume für die jeweiligen Zielgruppen zu eröffnen und mit zu gestalten. Damit soll der Ausgangspunkt für einen kontinuierlichen und langfristigen Austausch zwischen Wissenschaft, Regionalverwaltung, Stakeholdern und Bürgerinnen und Bürgern geschaffen werden. Die bisher getätigten Schritte und die Bewertungen von ersten Zielsetzungen für die Umsetzung von konkreten Anpassungsmaßnahmen auf regionaler Ebene werden im Folgenden dargestellt.

5.1 Akteure der Modellregion

Der folgende Abschnitt beruht auf einer Reihe von Interviews, die im Laufe des Jahres 2011 und 2012 durchgeführt wurden. Die befragten Akteure sind entweder in der Modellregion „Elmshorn und Umland“ ansässig oder besitzen Zuständigkeiten, die das Gebiet betreffen. Die Auswahl der Interviewpartner erfolgte entsprechend der Klimafolgen (siehe Kapitel 2.7), die für die Region entlang der Tideelbe erwartet werden. Dabei wurde versucht, diejenigen staatlichen, zivilgesellschaftlichen

und privaten Akteure zu erfassen, die sich vor Ort mit den erwarteten Konsequenzen eines veränderten Klimas auseinandersetzen müssen. In 22 Interviews wurden Vertreter von Kommunen und Kreisen, dem Land und seinen Landesbetrieben, dem Naturschutz und der Landwirtschaft befragt. Wasserverbände und Zuständige für den Küstenschutz wurden ebenso interviewt wie Mitarbeiter der Hafenvirtschaft, von Bundesbehörden und private Akteure.

Die Akteurslandschaft – Ergebnisse der Interviews

Die gesellschaftliche Regelung von Sachverhalten, die sich an der Schnittstelle von sozialem und ökologischem System bewegen, zeichnet sich oft durch eine große Akteursvielfalt aus (Voß 2010). Auch im Modellgebiet Elmshorn und Umland kann die Landschaft der (potenziell) mit Klimaanpassung befassten Akteure als vielfältig und zersplittert beschrieben werden. Gemäß der erwarteten Klimafolgen sind all diejenigen, deren Arbeit in den Wasserkreislauf eingreift, besonders wichtig für einen erfolgreichen Umgang mit den Klimafolgen. Dazu gehören in der Modellregion die Wasser- und Bodenverbände zusammen mit ihrer Dachorganisation an der schleswig-holsteinischen Westküste, dem Marschenverband, die Stadtentwässerung Elmshorn, der Kreis Pinneberg als Untere Wasserbehörde, die räumliche Planung in Form der kommunalen Bauleitplanung und private Grundeigentümer. Auf übergeordneter Ebene beeinflusst die Raum- und Landesplanung die Entscheidungen der lokalen Akteure, ebenso wie das Wasser- und Schifffahrtsamt und die Hamburg Port Authority. Den Rahmen, in dem sich dies abspielt, bilden die entsprechenden Ministerien auf Bundes- und Landesebene, die über ihre Betriebe und Ämter in die Region wirken (z.B. LKN, LLUR). Vertreter ebenfalls betroffener gesellschaftlicher Bereiche finden sich mit Naturschutzorganisationen und Landwirtschaftskammern/Bauernverbänden vor allem im zivilgesellschaftlichen Bereich. Katastrophenschutz und Feuerwehr müssen im Ernstfall helfen, extreme

Wetterereignisse zu bewältigen. Private Unternehmen und Haushalte sind besonders dann betroffen, wenn sich ihre Immobilien in aktuell oder zukünftig überflutungsgefährdeten Bereichen befinden.

In diesem komplexen Akteursgeflecht bestehen bereits einige querschnittsorientierte Kooperationen, die auch für die Anpassung an den Klimawandel Bedeutung erlangen könnten: Dazu gehört die Stadt-Umland-Kooperation Elmshorn und die Arbeitsgruppe, die im Flusseinzugsgebiet der Krückau gemäß der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) eingerichtet wurde. Auf regionaler Ebene soll über die Zusammenarbeit nach WRRL hinaus die Integrierte Bewirtschaftungsplanung zur Umsetzung der FFH-Richtlinie für eine Koordination derjenigen Aktivitäten sorgen, die den Naturraum Elbeästuar betreffen. Im Bereich Klimaschutz existiert auf Kreisebene eine Leitstelle, in Elmshorn seit 2012 ein sektorübergreifend arbeitender Beauftragter. Die Regionalkonferenz der norddeutschen Küstenländer und die Anpassungsstrategien des Bundes und des Landes Schleswig-Holstein (DAS, APA), die versuchen, Klimaanpassung durch Information und Priorisierung von bestimmten Handlungsbereichen voranzubringen, bilden den Rahmen dieser Akteurskonstellation. Die Stellung der Akteure in der Modellregion ist aus verschiedenen Gründen nicht gleichberechtigt. Einige haben in größerem Maß als andere Zugriff auf harte Ressourcen in Form von Geld, hierarchischer Autorität oder Wissen. Besonders

der Küstenschutz und die Wasser- und Bodenverbände können teilweise auf eine jahrzehnte- oder sogar jahrhundertelange Tätigkeit zurückblicken und beziehen nicht zuletzt aus dieser Tradition einen Teil ihres Handlungsspielraums. Teilweise sorgen personelle Verknüpfungen und Doppelrollen individueller Akteure für eine enge Verbindung zwischen organisatorisch getrennten Einheiten. Dies gilt insbesondere für ländliche Bereiche der Region, in denen einzelne Personen zum Teil parallel in Wasser- und Bodenverbänden, der Kommunalpolitik, und den Feuerwehren / dem Katastrophenschutz aktiv sind. Einzelne Organisationen werden durch den landwirtschaftlichen Hintergrund ihrer Mitglieder deutlich geprägt. Dementsprechend speisen sich Handlungsorientierung und -motivation der Interviewpartner teilweise aus verschiedenen Rollen und müssen auch innerhalb

einer Organisation nicht einheitlich sein. Die verstärkten Bemühungen zu einer integrierten Bearbeitung gesellschaftlicher Probleme haben sich in der Einrichtung bestimmter koordinierender Institutionen geäußert. Fast übereinstimmend berichten die Interviewten dann auch von erfolgreichen Lernprozessen, die im Laufe der letzten Jahre dafür gesorgt hätten, dass die Interessen und das Wissen anderer Akteure für die eigenen Entscheidungen präsenter sind. Für den Aufbau von Vertrauen spielt besonders die Länge der bestehenden Kooperationen und der Umstand eine Rolle, ob in der Vergangenheit die Eskalation von Konflikten vermieden werden konnte. Grundlegende Werte und Einstellungen der Akteure scheinen sich dagegen in den vergangenen Jahrzehnten (z.B. in Form eines nachvollziehbaren Paradigmenwechsels) nicht geändert zu haben.

Die Sicht der Gesprächspartner auf Klimawandel und -anpassung – Ergebnisse der Interviews

Unterschiedliche Problemwahrnehmung

Der Klimawandel wird von den Akteuren der Modellregion als Veränderung wahrgenommen, an die die Gesellschaft sich anpassen muss. Die Aussagen zum Grad der Dringlichkeit und des Ausmaßes der notwendigen Anpassungsmaßnahmen unterscheiden sich jedoch deutlich. Akteure mit sehr langfristigen Handlungshorizont (z.B. Baumschulen) beschäftigen sich intensiv mit Anpassungsmaßnahmen. Übergeordnete Akteure, die sich mit strategischen und großräumigeren Entwicklungen auseinandersetzen, betonen die Notwendigkeit eines gesamtgesellschaftlichen Paradigmenwechsels und tiefgreifender Änderungen. Lokale und private Akteure betonen hingegen eher einzelne, konkrete Maßnahmen, oft mit starkem technisch-ingenieurwissenschaftlichem Fokus. Insgesamt scheinen Akteure, die sich traditionell an sich verändernde Umweltbedingungen anpassen müssen, auch die generelle Problematik der Folgen des Klimawandels eher zu bedenken. Das gilt z.B. für die Landwirtschaft oder auch den Wasserbau im Bereich der Tideelbe, der sich bereits von jeher mit steigenden Wasserständen zu befassen hat.

Insbesondere Akteure auf lokaler Ebene haben konkrete Betroffenheiten und Gefährdungen im Blick und fassen den Klimawandel daher als Problem der öffentlichen Sicherheit auf. Andere rücken gemäß ihrer Institutionen-zugehörigkeit die Umweltproblematik in den Vordergrund. Sowohl private Akteure als auch Akteure aus Wasserbau und Wasserwirtschaft beschreiben die Anpassung an die Folgen des Klimawandels als ein Problem der Versorgung mit bestimmten Gütern bzw. als Problem der wirtschaftlichen Entwicklung. Allerdings sind die Sichtweisen nie völlig eindimensional. Die Vielseitigkeit des Problems wird generell ebenso gesehen, wie die Bedürfnisse anderer Akteure. Das gilt auch für den Blick von Akteuren mit entgegengesetzten Interessen aufeinander. Was sich unterscheidet, ist wiederum eher die Priorisierung bzw. die Gewichtung und Abwägung bestimmter Facetten des Problems Klimaanpassung. Konflikte treten tendenziell dann auf, wenn der Klimawandel schon lange

bestehende, ungelöste Probleme verschärft. Dann werden häufig entgegengesetzte Positionen vertreten und um die Deutungshoheit für bestimmte Problemlagen gestritten.

Wasserthemen und Klimaanpassung als Sicherheitsproblem dominieren

In der Modellregion bestimmen Wasserthemen den Umgang mit den Folgen des Klimawandels. Dementsprechend entwickeln sich mögliche Konflikte. Während besonders der Binnenhochwasserschutz unter Aspekten der öffentlichen Sicherheit Flächen entlang der Gewässer freihalten möchte, sind Gemeinden aufgrund der übergeordnet festgelegten Erhebung und Verteilung von Steuergeldern auf die Erschließung von Siedlungs- und Gewerbeflächen hin orientiert. Ähnliche Konflikte entstehen zwischen Landwirten und dem Naturschutz. Unterschiedliche Handlungsorientierungen äußern sich u. A. in unterschiedlichen geographischen Räumen, auf die sich die Interviewpartner beziehen.

Einflussreich ist die historische Auseinandersetzung mit bestimmten Verwundbarkeiten. So ist die Gefahr von Sturmfluten und Deichbrüchen im Modellgebiet wesentlich präsenter als drohende Binnenhochwasser. Regelmäßig wird auf die Sturmflut von 1962 Bezug genommen, auch wenn diese von den jeweiligen Akteuren nicht selbst miterlebt wurde. Allgemein wird hierbei eine Vernachlässigung tradierten Wissens beklagt. Daneben hat die lange Tradition des linienhaften Küstenschutzes dazu geführt, dass klassische Binnenhochwasser- und Küstenschutzmaßnahmen eine hohe Priorität genießen. Eine übergeordnete Handlungsorientierung ist in diesem Zusammenhang „Sicherheit“, u.a. die Sicherheit der Bürger und des Eigentums. Bei Maßnahmen, die den Hochwasserschutz betreffen, rücken Sicherheitsaspekte immer wieder in den Vordergrund, etwa wenn es eine neue Bewertung möglicher Maßnahmen zum Umgang mit Wasser im Rahmen des Klimawandels geht.

Akteursvielfalt / unklare Verantwortlichkeiten

Die Anpassung an Klimafolgen stellt für die meisten Akteure ein Thema dar, welches in der beruflichen Praxis oftmals anderen Themen untergeordnet ist. Die Handlungsorientierung der Akteure ergibt sich hauptsächlich aus einem beruflichen Kontext, welcher nicht auf die Klimaanpassung selbst fokussiert, sondern z.B. in Stadtplanung, Landwirtschaft, Naturschutz, Unternehmen angesiedelt ist. Klimaanpassung liegt quer zu den übergeordneten Themenfeldern und muss innerhalb dieser gesondert berücksichtigt werden, „hauptberufliche Klimaanpasser“ gibt es bisher nicht.

Die eigene Fähigkeit, die zu erwartenden Klimafolgen zu bewältigen, wird zwiespältig gesehen. Grundsätzlich sehen sich die Akteure in einer pro-aktiven Rolle und gut gerüstet. Gleichzeitig wird aber deutlich auf die Beschränkungen des eigenen Handelns hingewiesen, wenn es um (eventuell kostspielige) Umsetzung konkreter Maßnahmen geht. Oft werden jeweils andere Akteure (z.B. Staat und Verwaltung bei privaten Akteuren, private Akteure und andere Verwaltungsebenen bei administrativen Akteuren) in der Pflicht zum Handeln gesehen. Dabei wird die eigene Rolle und Verantwortung von keinem Akteur grundsätzlich bestritten. Die Hindernisse und Schwierigkeiten einer strategischen Anpassung an veränderte klimatische Verhältnisse sind allerdings im eigenen Handlungsbereich bekannt und treten somit deutlich hervor.

Deutlich wird, dass Klimaanpassung nicht zum Tagesgeschäft gehört und von den meisten Akteuren nicht als Teil ihrer Aufgaben, sondern als zusätzliche Anforderung empfunden wird. Private Akteure gaben an, sich nur an Maßnahmen zur Klimaanpassung beteiligen zu wollen, wenn die Finanzierung sichergestellt wäre und ein Gegenwert entstehen würde. Befragte aus der Verwaltung verweisen dagegen oft auf ihre Abhängigkeit von der Politik. Die Handlungsorientierung und die organisationale Zugehörigkeit bestimmen das eigene Verhalten aber nicht ausschließlich: Einige Interviewpartner aus dem administrativen Bereich entschuldigen das eigene Nicht-Handeln mit ihrer fehlenden gestalterischen Kompetenz, andere bemühen sich aktiv um eine Beeinflussung politischer Akteure.

Mit Blick auf das Einzugsgebiet der Krückau ist von fast allen Interviewpartnern auf die institutionelle Zersplitterung hinsichtlich Flussgebietsmanagement im Allgemeinen und Entwässerungsfragen im Besonderen hingewiesen worden. Während im ländlichen Raum die Wasser- und Bodenverbände (in der Marsch teilweise unter dem Namen Sielverband) für die Entwässerung zuständig sind, ist im Stadtgebiet Elmshorns dafür die Stadt selbst verantwortlich. Die Einleitenehmigungen für den Fluss liegen wiederum in der Verantwortung der unteren Wasserbehörde auf Kreisebene. Der tidebeeinflusste Bereich der Krückau bis zum Elmshorner Hafen ist Bundeswasserstraße und unterliegt damit der Aufsicht des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg, also einer Bundesbehörde.

Weiterhin besteht Bedarf für eine weitergehende Integration des Handlungsbereichs Klimaanpassung in die sektoralen Politiken. So wirken z.B. Festlegungen in der Agrarpolitik auf die Vulnerabilität und Anpassungsfähigkeit in der Region. Die Förderung des Biomasseanbaus hat hier z.B. zu einem verstärkten Anbau von Mais als Energiepflanze mit all seinen negativen Folgen (verstärkte Erosion, hoher Pestizideinsatz) für die Entwicklung der Gewässer im Modellgebiet geführt. Solche Entwicklungen sind auch nicht beliebig umkehrbar, da sie langfristige Investitionen der Landwirte – in diesem Fall den Bau von Biogasanlagen – mit einer gewissen Amortisationszeit nach sich ziehen. Auch die Bauleit- und Verkehrsplanung mit ihren Ansprüchen an Flächen beeinflussen die Handlungsfähigkeit im Bereich Klimaanpassung. Eine weitere Verknappung landwirtschaftlicher Flächen erschwert die Renaturierung und damit die notwendige Erhöhung des Retentionsvermögens der Gewässer im Modellgebiet.

Ressourcenmangel

Nahezu alle Akteure erwähnen unzureichende finanzielle und personelle Ressourcen. Die Bandbreite der Aussagen reicht bei den Befragten – besonders der Verwaltung – von der eher allgemeinen Feststellung, zusätzliche Aufgaben außerhalb des Tagesgeschäftes nur schwer oder gar nicht bewältigen zu können, bis zur Sorge, dass die generelle Handlungsfähigkeit gefährdet sei. Besonders die finanzielle Leistungsfähigkeit der Kommunen wird kritisch gesehen, sowohl von kommunalen als auch allen anderen befragten Akteursgruppen. Allerdings hängt die Größe des finanziellen Spielraums auch von der Art der Finanzierungsmöglichkeiten ab. Die Ausgabenfinanzierung durch Gebühreneinzug ist für Kommunen häufig leichter. Dies spielt im Bereich der Anpassung an den Klimawandel z.B. im Bereich der Stadtentwässerung eine Rolle. Generell wird die Straffung der Verwaltung in vielen Institutionen besonders mit Blick auf Umweltbelange von vielen Befragten kritisch gesehen. Umweltthemen seien auf diese Weise in ihrer Position zu anderen Politikfeldern eher geschwächt worden.

Viele Akteure sind auf das Einwerben zusätzlicher Ressourcen angewiesen. Dies kann z.B. über die Teilnahme an Forschungsprojekten geschehen, die von vielen Akteuren als wichtige Instrumente zum Austausch und zur Vernetzung dargestellt werden. Die Teilnahme an solchen Projekten setzt aber meist wiederum eine gewisse Ressourcenausstattung voraus, die die Akteure selbst mit einbringen müssen. Andere Befragte sehen sich durch die Praxis höherer Verwaltungsebenen, finanzielle Ressourcen unter Auflagen oder nach der Teilnahme an Wettbewerben freizugeben, fremdbestimmt. Sie beklagen, dass viele derartige Maßnahmen an ihren eigenen Bedürfnissen vorbeigingen. Auch die begrenzte Laufzeit vieler unterstützender Förderprogramme (z.B. Förderung energetischer Maßnahmen, Klimaschutzmanager) und eine fehlende Verstetigung und Institutionalisierung bereitet manchem Befragten Sorge.

Politische Aufmerksamkeit und Themenkonkurrenz

Der Klimawandel stellt für lokale und regionale Entscheider kein Thema höchster Priorität dar. Wie andere Themen auch, muss sich der Klimawandel gegen die Konkurrenz (vermeintlich) drängender Probleme durchsetzen. Politische Aufmerksamkeit und der Einsatz für ein bestimmtes Thema lassen sich nicht erzwingen, über verschiedene Kanäle wird aber von Akteuren versucht, trotzdem Einfluss zu nehmen.

Informelle Regelungen, wie die Einrichtung bestimmter sektorübergreifender oder querschnittsorientierter Gremien und Arbeitsgruppen erhöhen die Handlungsressourcen einiger befragter Akteure, indem sie ihnen Zugang zu Wissen und anderen Akteuren verschaffen oder ihnen die Möglichkeit geben, die politische Agenda in ihrem Tätigkeitsbereich effektiver zu beeinflussen. Unterschiedliche Ausgestaltungen der Beziehung von Politik und Verwaltung beeinflussen auch die Platzierung des Themas Klimaanpassung auf der politischen Agenda. Der direkte Austausch zwischen Vertretern der Verwaltung und Politikern bietet beispielsweise die Möglichkeit, Sachfragen unabhängig vom Fraktionszwang zu erörtern, bevor die unterschiedlichen Positionen in den weiteren parlamentarischen Bearbeitungsprozess eingespeist werden.

Eine bei den Befragten angetroffene Strategie zur Erlangung politischer bzw. gesellschaftlicher Aufmerksamkeit ist die absichtsvolle Rahmung („framing“) des eigenen Handelns, auch in der Klimaanpassung. Einige Akteure berichten hier von zielgerichteten Strategien, eine bestimmte Maßnahme als Problem der öffentlichen Sicherheit oder als Voraussetzung wirtschaftlicher Prosperität darzustellen und dieser somit mehr Nachdruck zu verleihen. Allgemein mehr Aufmerksamkeit erfahren Akteure, die mit ihrer Arbeit zur Aufrechterhaltung wirtschaftlichen Handelns beitragen und damit ihren Positionen besonders viel Bedeutung verleihen können. Dies gilt z.B. für den Wasserbau (wegen der Bedeutung der Elbe als Verkehrsweg) oder der Hafenvirtschaft (wegen der überragenden Bedeutung des Hamburger Hafens).

Zugang zur Politik entscheidet auch über die Handlungsressourcen der Akteure. So wird dem guten Kontakt zu Behörden und Politik eine große Bedeutung beigemessen. Hier spielen Verbände und Kammern eine wichtige Rolle, indem sie durch die Bündelung privater Einzelinteressen letzteren größeres Gewicht im politischen Prozess der Themenverarbeitung verleihen bzw. politische Aufmerksamkeit auf bestimmte Themen lenken. Diese Rolle der Verbände und Kammern werden von den privaten Akteuren sehr positiv bewertet und anerkannt. Personelle Überschneidungen und Doppelfunktionen können das Gewicht eines privaten Akteurs durch die Möglichkeit des direkten Zugangs zu anderen Akteuren noch erhöhen.

Vielfalt bestehender Ansätze und Kooperationen

Mit der Stadt-Umland-Kooperation Elmshorn, den KLIM-ZUG-Aktivitäten, den Arbeitsgruppen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), den sektorübergreifenden Stellen (Klimaschutzmanager, Leitstelle Klimaschutz), aber auch dem Integrierten Bewirtschaftungsplan zur Umsetzung der FFH-Richtlinie im Elbästuar bestehen bereits zahlreiche Kooperationen und Koordinationsmechanismen, die Bedeutung für die Klimaanpassung haben oder noch entfalten könnten. Sie werden zumindest von den jeweils Beteiligten meist gelobt. Die ebenfalls stattfindenden Aktivitäten der Bundes- und Landesebene werden zurückhaltend kommentiert. Dokumente wie die Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) oder der Aktionsplan Anpassung (APA) und die von den norddeutschen Ländern veranstaltete Regionalkonferenz Klimaanpassung werden zwar registriert und verschaffen dem Thema eine gewisse Aufmerksamkeit. Die tatsächliche Wirkung auf Maßnahmen zur Klimaanpassung sehen die Akteure bis jetzt aber eher skeptisch, da die genannten Konzepte zu weit von der täglichen Arbeit im Modellgebiet entfernt und die Inhalte daher zu abstrakt seien.

Als einflussreich für Lernprozesse der Beteiligten (bezüglich der Berücksichtigung anderer Dimensionen des Problems bzw. der Bedürfnisse anderer Akteure) hat sich die Mitarbeit in inter- und transdisziplinären Arbeitskreisen und Gremien erwiesen. Durch sie kommen die allermeisten der Befragten mit den Einstellungen und Wahrnehmungen anderer Akteure in Berührung. Wirkung auf die eigene Problemwahrnehmung und das eigene Handeln entfaltet dieses Aufeinandertreffen verschiedener Akteure aber nur in langfristig angelegten und entsprechend institutionalisierten Formen der Zusammenarbeit. Hier trägt der langjährige persönliche Kontakt zum Aufbau von Vertrauen bei, so geschehen in den Arbeitsgruppen zur WRRL. In den nächsten Jahren wird sich zeigen, wie die vorgesehene Integration von Hochwasserfragen in die Arbeit der Bearbeitungsgebietsverbände gemäß WRRL den Austausch der Akteure beeinflussen wird.

Generell bevorzugen die befragten Akteure auf lokaler und regionaler Ebene informelle Instrumente zur Regelung „neuer“ Problembereiche wie der Klimaanpassung. Beiräte, Arbeitsgruppen, Querschnittsstellen und neue Netzwerke sollen den entstehenden Koordinierungsbedarf abdecken, ohne allzu hohe Transaktionskosten zu verursachen. Formelle Regelungen werden meist als Eingriff in die kommunale Planungshoheit oder das unternehmerische Handeln abgelehnt. Finanzielle Instrumente, wie Fördermaßnahmen (z.B. im Bereich der Sanierung öffentlicher Gebäude), werden eingefordert, gleichzeitig aber auch dafür kritisiert, dass sie meist streng zweckgebunden und zeitlich begrenzt sind. Beispiele wie die Umsetzung der WRRL oder auch die Etablierung von Stadt-Umland-Konzepten zeigen allerdings, dass auch eine Kombination kommunikativ-netzwerkförmiger Elemente mit formellen Regelungsformen (beispielsweise durch Rahmenfestlegungen bzw. der Androhung hierarchischen Handelns) in der betrachteten Region Wirkung zeigen können. Auf sich alleine gestellt, besteht für informelle Regelungen

trotz allgemeiner zugestandener Sinnhaftigkeit die Gefahr eines langsamen Bedeutungsverlustes – so geschehen beim Kreisentwicklungskonzept des Kreises Pinneberg (vgl. Kapitel 2.5).

Wichtig ist also oft eine übergeordnete Ebene, die den Abstimmungsprozess zwischen den Akteuren bei Bedarf anstößt, begleitet und Fristen und Sanktionen festlegen kann. Freiwillige Maßnahmen haben bisweilen den Nachteil, dass sie langfristig nicht weitergeführt werden - was auch mit der kurzen Aufmerksamkeitsspanne der Politik zu tun hat. Eine unausgereifte Regelung zur Konfliktbeilegung (sei es auf der betreffenden Ebene selbst oder durch eine höhere Verwaltungsebene) kann dagegen über Jahre hinaus Arbeitsbeziehungen negativ beeinflussen und kontraproduktiv wirken.

Ergebnisse der Interviews - Diskussion

Die Auswirkungen des Klimawandels werden, wie eingangs erwähnt, höchst unterschiedlich ausfallen. Das bedeutet, dass sowohl die Antworten auf die Folgen des Klimawandels als auch der Weg, auf dem die betroffenen Akteure zu diesen Antworten kommen, regional und lokal unterschiedlich ausfallen werden. Es wäre daher kontraproduktiv, generelle Empfehlungen für die Anwendungen bestimmter Instrumente zur Koordination und Kooperation vor Ort abzugeben. Stattdessen muss die lokale Konstellation der Akteure, ihre Sicht auf den Klimawandel und der sie umgebende institutionelle Rahmen als Ausgangspunkt der Überlegungen dienen.

Als zentral für einen nachhaltigen Umgang mit dem Klimawandel und seinen Folgen erscheinen die Lernprozesse aller Beteiligten. Durch die Einbindung von lokalem und traditionellem Wissen kann die Fähigkeit zur Anpassung an den Klimawandel erhöht werden. Besonders die Zusammenarbeit von Haupt- und Ehrenamtlichen kann lokales Wissen und Expertenwissen verknüpfen. Dies führt insgesamt zu einer höheren Qualität des Wissens. Gleichzeitig muss allerdings auch gewährleistet sein, dass Fachwissen für spezifische Planungen vorhanden ist. Dieses Fachwissen kann auch in einer übergeordneten Institution gebündelt sein, die bei entsprechenden Fragen beratend tätig wird. Dies lässt vermuten, dass die partizipative Ausrichtung informeller Instrumente bzw. die Einbindung partizipativer Formate in einer Anpassungsstrategie einen hohen Stellenwert haben sollte.

Inhaltlich zeigt die Auseinandersetzung mit den dominierenden Wasserthemen, dass eine Verknüpfung mit Problemlagen, die lokal als wichtig und drängend empfunden werden, die Anpassung an den Klimawandel befördert. Dabei ist die Bearbeitung des Bereichs Klimaanpassung als immer noch neuem Feld mit gesellschaftlichem Regelungsbedarf bisher nicht abschließend geregelt. Verantwortlichkeiten, Hierarchien und Verfahrensabläufe sind teilweise ungeklärt. Die Aussagen der Interviewpartner lassen vermuten, dass die lokale Initiative für Klimaanpassung gefördert werden sollte, da sich viele Dinge vor

Die bisherige Darstellung deutet bereits vielfältige Interaktionen zwischen den befragten Akteuren an. Eine besondere Rolle kommt dabei den Interaktionen zu, an denen staatliche Akteure beteiligt sind, da diese über entsprechende Kapazitäten, finanzielle Mittel und die Verantwortung für viele Aufgaben und Bereiche der Klimaanpassung verfügen. Wie oben skizziert, hat sich hier die Zusammenarbeit innerhalb der Behörden und Abteilungen, aber auch zwischen Behörden und Verbänden in den letzten Jahren gefestigt. Es wird allerdings auch angemerkt, dass eine Umgestaltung bestehender Organisationsstrukturen schwierig ist und dass der Handlungsdruck zur Anpassung an Klimafolgen noch größer werden müsse, bevor sich etwas ändert. Größere institutionelle Neuzuschneide kollidieren mit dem Grundinteresse der betroffenen Akteure an Selbsterhaltung.

Ort unbürokratisch regeln lassen. Nicht nur auf lokaler Ebene, sondern generell ist zu beachten, dass über lange Zeit gewachsene Akteursbeziehungen Vertrauen und eine kooperative Handlungsorientierung bei den Akteuren befördern. Unzureichende Konfliktregelung bzw. fehlende Schlichtung/Moderation kann diese Akteursbeziehung auf lange Zeit stören. Die Nutzung bestehender Akteursstrukturen erleichtert die rasche Umsetzung neuer Regelungen, lässt aber auch die Dominanz bestimmter Akteure eher bestehen. Private Akteure reagieren zum jetzigen Zeitpunkt nur nach Vorgaben aus Politik und Verwaltung. Der Handlungsdruck ist im Allgemeinen noch zu gering für eine selbstständige Anpassung an den Klimawandel. Eine Ausnahme stellen nur sehr langfristige Betriebsformen (z. B. in der Forstwirtschaft oder bei den im Modellgebiet stark vertretenen Baumschulen) dar.

Diese Aussagen lassen noch keinen endgültigen Schluss zu, welche Akteurskonstellation zu bevorzugen ist. Grundsätzlich muss hier eine politisch-gesellschaftliche Diskussion Ziele einer „gelungenen“ Anpassung an den Klimawandel festlegen. Eindeutiger stellt sich die Sachlage dar, wenn es um den Mangel an verfügbaren Ressourcen zur Bearbeitung des Themas geht. Hier zeigt sich, dass, um die Transaktionskosten einer neuen Kooperation oder die Erschließung eines neuen Politikfeldes zu überwinden, es eines Anschubs von außen bedarf (z.B. durch finanzielle oder personelle Ressourcen, Zugang zu Wissen oder der Androhung von hierarchischen Maßnahmen). Oft werden diese Ressourcen (z. B. Landes- oder Bundesmittel) nur im Rahmen von Projektlaufzeiten und gebunden an enge Verwendungsvorgaben gewährt. Dies lässt lokalen Akteuren keinen Raum zur selbstständigen, lokal angepassten und / oder experimentellen Anpassung. Die entsprechenden Aussagen weisen auf die Wichtigkeit des institutionellen Rahmens hin, der die lokalen Akteure umgibt – und von diesen nicht ohne weiteres verändert bzw. auch nur schwer beeinflusst werden kann. Dies deutet auch auf die begrenzte Reichweite der hier abgegebenen Empfehlungen und auf die notwendige Verknüpfung mit Veränderungen auf anderen politisch-administrativen Ebenen.

Zwischenfazit

Die Aussagen der Interviewpartner weisen auf einige Herausforderungen hin, denen sich Kooperationen und Netzwerke zur Bearbeitung des Problemfeldes Klimaanpassung stellen müssen. Dazu gehören eine Berücksichtigung der unterschiedlichen Problemwahrnehmung einzelner Akteure und der Aufbau eines gemeinsamen Wissensbestandes zur Klimaanpassung in der Region ebenso wie eine Berücksichtigung der unterschiedlichen Ressourcen, auf die diese zugreifen können. Die Verbindung mit anderen politischen Handlungsfeldern scheint essenziell für eine erfolgreiche Bearbeitung der Klimafolgen. Nicht weniger scheint das für die Schaffung klarer

Verantwortlichkeiten in diesem noch neuen Politikfeld zuzutreffen. Auffällig ist die bereits jetzt bestehende Verknüpfung zahlreicher für die Klimaanpassung relevanter Akteure in zahlreichen informellen, netzwerkbasierten Kooperations- und Koordinationsformaten. Im Folgenden wird daher nicht nur versucht, neue Formate zu testen, um mit den oben dargestellten Eigenschaften des Handlungsfeldes Klimaanpassung umzugehen. Stattdessen werden darüber hinaus auch bestehende Kooperationen und Netzwerke hinsichtlich ihrer Eignung als potenzielles Instrument der Klimaanpassung bewertet (Kapitel 6).

5.2 Lern- und Aktionsallianz

Die Lern- und Aktionsallianz in der Modellregion Elmshorn und Umland

Lern-Aktionsallianzen stellen eine Form der Zusammenarbeit zwischen verschiedenen, von einer komplexen Problemlage betroffenen Akteuren dar. Ziel ist es, durch den Informationsaustausch zwischen den Akteuren eine gemeinsame Wissensbasis zu schaffen und innovative Problemlösungen zu erarbeiten. Charakteristisch sind dabei der Bezug zu konkreten Lösungsmöglichkeiten und der Einbezug von Akteuren aus der Praxis (Batchelor/ Butterworth 2008, Newman et al. 2011, van Herk et al. 2011). Diese Form der Zusammenarbeit bietet die Chance, durch den Austausch zwischen Forschung und Praxis gemeinsam zu lernen und konkrete Probleme durch den Austausch von theoretischem Wissen und praktischen Erfahrungen zu lösen. Ziel ist eine weitestgehende Beteiligung und Sensibilisierung der vom Klimawandel betroffenen Akteure, sowie die Benennung von Problemlösungen und Umsetzungsstrategien.

Lern-Aktionsallianzen werden als eine Veranstaltungsreihe über einen definierten Zeitraum durchgeführt. Die Teilnehmer sollen ein von allen geteiltes Problemverständnis entwickeln, mögliche Lösungen gemeinsam erarbeiten und Inhalte und Prozesse der Zusammenarbeit reflektieren. Die Integration von Stadtplanung und Hochwasserrisikomanagement stellt bisher ein häufiges Themenfeld von Lern- und Aktionsallianzen dar (Blanksby/Manojlovic 2011). Im Rahmen dieser kann z. B. die Zusammenarbeit zwischen relevanten Akteuren verschiedener (Verwaltungs-) Sektoren auf regionaler Ebene erreicht werden, was für eine effektive Problemlösung in diesem Handlungsfeld notwendig ist.

Lern-Aktionsallianzen widmen sich also denjenigen Herausforderungen, die sich auch regelmäßig im Rahmen eines Prozesses der Klimaanpassung auftun (z.B. Vielfalt der Akteure und Zersplitterung der Zuständigkeiten, Unsicherheit bezüglich Klimafolgen und der Rolle anderer Akteure). Sie können damit ein passender Baustein in einer umfassenderen Strategie zur Bewältigung der Folgen des Klimawandels sein. Im Zeitraum von Juni 2012 bis April 2013 wurde die Lern-Aktionsallianz

in der Modellregion in Form von fünf Veranstaltungen durchgeführt (siehe Abb. 53). Organisiert wurden diese von KLIMZUG-Projektmanagement der TuTech und dem Elmshorner Stadtplanungsamt, die im Rahmen von KLIMZUG-NORD in der Modellregion „Elmshorn und Umland“ zusammenarbeiten. Ziel war es, die Teilnehmer für das Thema Klimaanpassung zu sensibilisieren und sie an dem Entwurf von Anpassungsmaßnahmen und -instrumenten zu beteiligen. Lokale und regionale Akteure diskutierten inhaltlich aufeinander aufbauend Probleme, mögliche Lösungen, sowie mögliche weitere Schritte in einem Leitbildprozess.

Der Ablauf einzelner Veranstaltungen orientierte sich an einem einheitlichen Grundgerüst: Zunächst wurde durch die Präsentation von theoretischen Forschungs- und Analyseergebnissen (überwiegend) aus der Wissenschaft und der lokalen Praxis eine gemeinsame Wissens- und Diskussionsgrundlage geschaffen. Diese wurde dann auf thematische Schwerpunkte fokussiert und in Kleingruppen mit und unter den Akteuren aus der Praxis diskutiert.

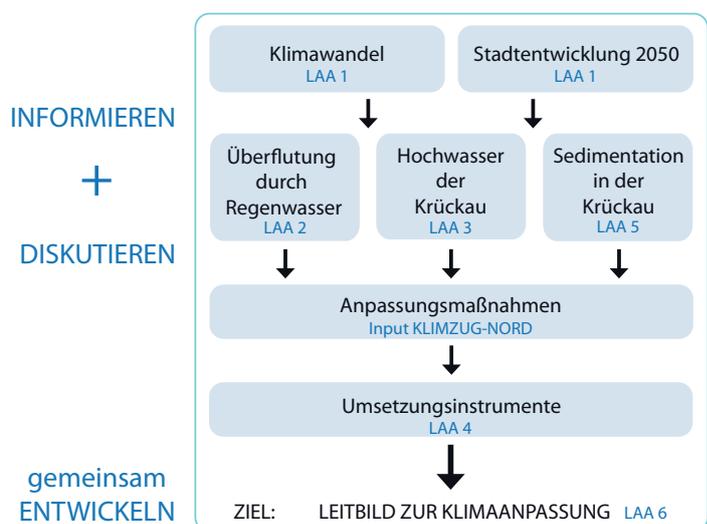


Abb. 53: Struktur und Aufbau der Veranstaltungen zur Lern- und Aktionsallianz in der Modellregion „Elmshorn und Umland“ (Kruse/Kunert 2012)

Wer nahm teil?

Die Zielgruppe der LAA war die Fachöffentlichkeit der lokalen und regionalen Ebene. Kontinuierlich teilgenommen über die gesamte Dauer der Veranstaltungsreihe haben Vertreter der für den Küsten- und Binnenhochwasserschutz zuständigen Landesbehörden Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und Ländliche Räume (LLUR) und Landesbetrieb Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz (LKN), Mitarbeiter des Kreises Pinneberg

als Vertreter der Unteren Wasserbehörde und Mitarbeiter des Amtes für Stadtentwicklung und Umwelt der Stadt Elmshorn und der Stadtentwässerung Elmshorn. Darüber hinaus haben unregelmäßig Vertreter von Umwelt- und Deichverbänden, des Wasserschiffahrtsamtes Hamburg und Bürgermeister einzelner Umlandgemeinden teilgenommen.

Was wurde diskutiert?

Thematisch stand der Umgang mit steigenden Hochwasserrisiken infolge des Klimawandels als ein zentrales Handlungsfeld der Klimaanpassung in der Modellregion im Mittelpunkt. In der ersten LAA wurden zunächst mögliche klimatische Veränderungen infolge des Klimawandels und Folgen dieser für die Stadt Elmshorn und die Region diskutiert. Es wurde besonders auf die Auswirkungen des Klimawandels auf die Krückau und ihr Einzugsgebiet und mögliche Folgen häufiger und intensiver auftretende Starkregenereignisse eingegangen. Diesen möglichen Klimafolgen wurden Trends der sozioökonomischen und städtebaulichen Entwicklung gegenübergestellt. Durch die gemeinsame Diskussion mit lokalen Akteuren konnten Problemräume identifiziert und Problemlagen konkretisiert werden. Im Zentrum stand die Frage, wo lokale Akteure Probleme und besonderen Handlungsbedarf sehen.

Aufbauend auf der Problemdefinition im Rahmen der ersten Veranstaltung folgten zwei LAA-Veranstaltungen, die die Bewältigung der zuvor identifizierten Probleme aufgriffen. Es wurden Maßnahmen zum Umgang mit lokalen Überflutungen infolge von Starkregen- und Hochwasserereignissen in der Krückau (konkrete Maßnahmen siehe Kapitel 4.1 und 4.2) diskutiert. Grundlage war die von wissenschaftlicher Seite vorgenommene Analyse der lokalen bzw. regionalen Situation. Im Anschluss wurden mit den Vertretern der Praxis die Eignung der besprochenen Maßnahmen für die konkrete Problemlage vor Ort, Möglichkeiten und notwendige Schritte der Umsetzung, Hemmnisse und für die Umsetzung notwendige Akteure diskutiert.

Im Rahmen der vierten Veranstaltung standen dann Instrumente der Umsetzung im Mittelpunkt. Es wurden Möglichkeiten diskutiert, wie sowohl bestehende als auch neu zu schaffende Kooperationen und Netzwerke zur Klimaanpassung in der Modellregion beitragen können. Im Rahmen der Diskussion wurden darüber hinaus die Organisation einer Zusammenarbeit auf regionaler Ebene (Einzugsgebiet der Krückau), Hemmnisse und notwendige Voraussetzungen für die Umsetzung kooperativer Ansätze thematisiert. Darüber hinaus tauschten sich die Teilnehmer darüber aus, welche Konsequenzen die Langfristigkeit und Unsicherheit des Klimawandels für die Bewältigung der Klimafolgen vor Ort hat.

Abschließend wurde im Rahmen der fünften Veranstaltung der LAA eine mögliche Fortführung des Anpassungsprozesses skizziert. Thema war die Erarbeitung eines integrativen Leitbilds für eine klimaangepasste Modellregion. Auf Grundlage des Aufbaus und Inhalts bestehender und genutzt werden können und was zusätzlich noch gebraucht wird. Den Abschluss bildete eine Erörterung, welche Schritte in Zukunft zur Umsetzung eines solchen Leitbildes getan werden müssen.

Ergebnisse

LAA1: Wenn das Wasser von allen Seiten kommt...

Hintergrund/Problem: In der ersten LAA wurden zunächst mögliche klimatische Veränderungen infolge des Klimawandels in der Metropolregion (Peter Hoffmann Universität Hamburg, Meteorologisches Institut) und die möglichen Veränderung des Meeresspiegels (Annette Schulte-Rentrop, BAW) sowie die Folgen dieser für die Stadt Elmshorn und die Region vorgestellt. Dabei wurden auf die Auswirkungen des Klimawandels auf die Krückau und ihr Einzugsgebiet sowie mögliche Folgen häufiger und intensiver auftretende Starkregenereignisse eingegangen. Als besonders gefährdend für das Einzugs-

gebiet der Krückau zeigte sich dabei eine Kombination von wärmeren, regenreicheren Wintern mit erhöhter Sturmflutgefahr in Kumulation mit einem erhöhten Meeresspiegel. Daran anschließend folgte ein Vortrag zu der Gefahr des Binnenhochwassers (Edgar Nehlsen, TUHH Institut für Wasserbau). Diesen möglichen Klimafolgen wurden Trends der sozioökonomischen und städtebaulichen Entwicklungstrends in Form von Rahmenszenarien (Lisa Kunert, HafenCity Universität, Stadtplanung und Regionalentwicklung) gegenübergestellt.

Diskussion/Verlauf: Im Anschluss an die von wissenschaftlicher Seite vorgestellten Forschungsergebnisse identifizierten die lokalen Akteure konkrete Problemräume und konkretisierten Problemlagen. An den drei Thematischen stand die Frage, wo lokale Akteure heute und in Zukunft Probleme und besonderen Handlungsbedarf sehen, im Fokus. An Tisch 1 wurden anhand von Karten die morphologischen Entwicklungen/ Maßnahmen für den Hochwasserschutz, die heutigen und zukünftigen Entwässerungskapazitäten sowie die Fragen nach Anpassungskapazitäten und Unsicherheiten diskutiert. An Tisch 2 wurden die Verteilung von Niederschlagswasser und lokale Überflutung im Stadtgebiet erörtert und Tisch 3 befasste sich mit den erwarteten Rahmenszenarien.

Ergebnisse: Im Rahmen der Diskussion um die heutigen und erwarteten Auswirkungen von Binnen- und Flusshochwasser wurden erste konkrete Vorschläge für Maßnahmen erwogen. Dazu gehörte die Nutzung des Vorlandes als Überflutungsflächen, die Errichtung von

Rückstaubecken in der Marsch und einer zweiten Stau-
stufe an der Pieningschen Mühle sowie die Frage nach dem Sielbetrieb des Sperrwerkes und dem zukünftigen Umgang mit den Deichen. Im Laufe der Diskussion wurde deutlich, dass das Hochwasserproblem hauptsächlich das dicht bebaute Stadtgebiet von Elmshorn betrifft. Diese Themen werden für die folgenden LAA Veranstaltungen aufbereitet. Zu den entworfenen Rahmenszenarien gab es eine lebhaftige Diskussion. Einig waren sich die lokalen Akteure darüber, dass Elmshorn mit einer positiven Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung zu rechnen hat, was mit zunehmender Verdichtung im Stadtgebiet und auf der grünen Wiese verbunden sein wird. Insbesondere die Freihaltung von Grünflächen im Stadtgebiet wird zukünftig als problematisch eingeschätzt. Chancen sieht Elmshorn bei den Themen: Wohnen am Wasser, hochwasserangepasstes Bauen, nachhaltiger Verkehr sowie der Entwicklung als Erholungsregion. Unklar ist, ob die Krückau weiterhin Bundeswasserstraße und schiffbar bleibt.

LAA 2 – Umgang mit Niederschlagswasser in der Stadt

Hintergrund / Problem: Die zweite Veranstaltung der LAA fand im August 2012 statt und fokussierte sich auf das Stadtgebiet von Elmshorn. Ziel der Veranstaltung war, über den zukünftigen Umgang mit Niederschlagswasser im Stadtgebiet zu diskutieren. Grundlage bildeten die in Kapitel 2.6 und 3.4 dargelegten Informationen über die Anpassungsnotwendigkeit der Entwässerungsplanung an technische Anforderungen und an klimatische Veränderungen sowie mögliche Anpassungsmaßnahmen, die für ausgewählte Fokusgebiete in Elmshorn beispielhaft dargestellt wurden (siehe Kapitel 4.1).

Diskussion / Verlauf der Veranstaltung: Im ersten Teil der Veranstaltung erläuterte ein Vertreter der Stadtentwässerung Elmshorn den Teilnehmenden die notwendigen Hintergrundinformationen, die eine Vertreterin der HafenCity Universität um mögliche Maßnahmen zur Klimaanpassung ergänzte. Der zweite Teil diente zur Diskussion über die Umsetzbarkeit der konkreten Anpassungsmaßnahmen und notwendige weitere Arbeitsschritte. Aufgeteilt in vier Kleingruppen diskutierten die Teilnehmenden im Rotationsverfahren zu den Themen „Offenes Grabensystem“, „Dachbegrünung“, „Regenwassernutzung“ sowie „multifunktionale Flächennutzung“.

Ergebnisse: Bis auf die Regenwassernutzung wurden die vorgestellten Maßnahmen als eine sinnvolle und umsetzbare Möglichkeit zur Klimaanpassung eingeschätzt, wobei jedoch zwischen Anpassung des Siedlungsbestandes und Integration der Maßnahmen in Neubauvorhaben zu unterscheiden ist.

Vor allem die Reaktivierung des ehemaligen offenen Grabensystems schätzten die Teilnehmenden als einen sehr wichtigen Schritt ein, um die Entwässerung des Siedlungsbestandes dauerhaft gewährleisten zu können. Als Entscheidungsgrundlage sollte eine flächendeckende

Analyse des Grabensystems im Stadtgebiet dienen, um die technische Umsetzbarkeit und Wirksamkeit der Offenlegung und Vernetzung zu ermitteln. Die Berechnung der Entwässerungs- und Retentionsleistung der Gräben sollte unterschiedliche Wasserstände in der Krückau sowie mögliche Klimafolgen berücksichtigen. Ergänzend sollten die Kosten für den Bau und die Instandhaltung der Gräben den Kosten der Anpassung des unterirdischen Entwässerungssystems gegenübergestellt werden, wobei zu prüfen wäre, inwieweit notwendige Baumaßnahmen an Straßen und Gehwegen mit dem Ausbau des Grabensystems zu kombinieren sind.

Da die Unterhaltung und Pflege der Gräben in der Vergangenheit immer wieder zu Problemen geführt hat, wurden zwei Alternativen zur Optimierung diskutiert. Bei der Unterhaltung durch die Anwohnerinnen und Anwohner könnte ein entsprechender „Pflegekatalog“ mit einheitlichen Anforderungen von Seiten der Stadtverwaltung als Hilfestellung dienen, ergänzt um eine umfangreiche Aufklärungskampagne und Information über Hintergründe, Aufgaben und Vorteile des Grabensystems. Finanzielle Anreize könnten die Anwohnerinnen und Anwohner „belohnen“, falls die Pflege nicht als eine Art „Verpflichtung“ mit einer entsprechenden Kontrolle durch die Stadt erfolgen soll bzw. kann. Die zweite Alternative sieht eine Übernahme der Pflege durch die Stadt vor. Die zusätzlichen Kosten könnten ggf. durch Gebühren, die die Anwohner zu entrichten haben, finanziert werden. Als wichtige Akteure, die in den weiteren Prozess einzubeziehen sind, wurden die politischen Vertreter, die Anwohnerinnen und Anwohner, der Siedlerverband und ggf. die Naturschutzverbände genannt.

Die Maßnahme „Dachbegrünung“ wurde dagegen zunächst kontrovers diskutiert. Dies war u.a. darin begründet, dass keine umfassenden Fachkenntnisse über Gründächer

vorhanden waren, z.B. über die positive Auswirkung der Kombination von Fotovoltaikmodulen mit Dachbegrünung sowie der Möglichkeit, Bestandsgebäude nachträglich zu begrünen. Nach Erläuterung der Vorteile stimmten die Teilnehmenden vor allem für die Dachbegrünung bei Neubauvorhaben, insbesondere bei Gewerbeflächen. Entsprechende Festsetzungen könnten bei der Aufstellung neuer Bebauungspläne aufgenommen werden. Durch eine breit angelegte Öffentlichkeits-Kampagne zum Thema „Dachbegrünung und ihre Vorteile“ sowie die Schaffung finanzieller Anreize (z.B. durch eine finanzielle Förderung im Rahmen des Klimaschutzfonds) könnten sowohl einzelne Unternehmen als auch Privatpersonen für eine Umsetzung auf freiwilliger Basis bei Bestandsgebäuden gewonnen werden. Wichtig dabei sei, ausreichende und gut aufbereitete Informationen auch im Internet bereitzustellen. Als wichtige Akteure wurden Vertreterinnen und Vertreter der Wirtschaftsförderung, der Stadtplanung, der politischen Gremien sowie engagierte Einzelpersonen genannt.

Der Ansatz der multifunktionalen Nutzung von Freiflächen und Straßenräumen für den temporären Rückhalt von Niederschlagswasser als Möglichkeit des Überflutungsschutzes erschien den Teilnehmenden vor allem für Neubaugebiete als einfach umsetzbar und sinnvoll. Im Bestand sei jedoch kaum Platz vorhanden – so die Meinung der Teilnehmenden. Dennoch wurden verschiedene Orte für eine mögliche Umsetzung genannt, z.B. der Steindamm Park/Steindamm Teich, der Horster Acker, Kaltenweide, die Trabrennbahn, der August-Bebel-Platz, der Buttermarkt sowie das Nordufer am Hafen in Höhe des Skulpturengartens. Hygienische und qualitative Aspekte des Niederschlagswassers, Sicherheitsauflagen, Haftungsfragen sowie Zuständigkeiten sind dabei jedoch zentrale Punkte, die noch zu klären seien. Zudem sei eine ausführliche Information der Anwohnerinnen und Anwohner sowie die frühzeitige Beteiligung dieser in den Planungsprozess notwendig. Als wichtige Akteure wurden politische Vertreterinnen und Vertreter, der Sielverband sowie die Anwohnerinnen und Anwohner genannt.

LAA 3 – Anpassungsoptionen für den Hochwasserschutz

Hintergrund / Problem: Wie in LAA 1 gezeigt wurde, ergibt sich der maßgebende Wasserstand für den Hochwasserschutz im tidebeeinflussten Abschnitt der Krückau aus einer Kombination zeitgleich auftretender Ereignisse. Während das Krückau-Sperrwerk infolge einer langandauernden Sturmflut für etwa 30 h geschlossen ist, fließt ein zehnjährliches Binnenabflussereignis aus dem oberen Einzugsgebiet ab. Hinzu kommt noch ein Zufluss auf den Schöpfwerken, die das untere Einzugsgebiet in der Marsch entwässern. Es ist zu erwarten, dass steigende Niederschlagsmengen und -intensitäten sowie ein steigender mittlerer Meeresspiegel zu höheren Wasserständen in der Krückau führen werden. Diese negativen Folgen des Klimawandels für den Hochwasserschutz am Unterlauf der Krückau können durch verschiedene Maßnahmen reduziert oder kompensiert werden. Im Rahmen von KLIMZUG-NORD wurden im Teilprojekt T1.4 mögliche Anpassungsansätze entwickelt, die den Teilnehmern der dritten LAA vorgestellt und anschließend diskutiert werden sollen.

Diskussion / Verlauf der Veranstaltung: Im ersten Teil der Veranstaltung wurden verschiedene in Frage kommende Anpassungsansätze vorgestellt. Grundsätzlich können zwei Strategien verfolgt werden, um das Modellgebiet Elmshorn und Umland an die Folgen des Klimawandels anzupassen. Beide Strategien dienen hauptsächlich einer Reduzierung der Hochwassergefahr durch die Absenkung des Wasserstandes, haben aber grundsätzlich verschiedene Ansatzpunkte. Eine Form der Anpassung sieht vor, Maßnahmen zu treffen, um den Abfluss von Niederschlagswasser in die Krückau zu reduzieren. Dadurch werden der Hochwasserabfluss und der damit verbundenen Anstieg des Wasserstandes verringert. Die zweite Form der Anpassung sieht vor, das Speichervolumen der Krückau zu vergrößern, wodurch ebenfalls der Anstieg des Wasserstandes reduziert wird.

Derartige Maßnahmen können ausschließlich im Bereich der Marsch angeordnet werden, während Maßnahmen zur Abflussreduktion in allen Bereichen des Modellgebietes angeordnet werden können. Die vorgestellten Maßnahmen lauten wie folgt:

Strategie 1: Weniger Wasser für den Fluss

- Versickerung von Niederschlagswasser (im oberen Einzugsgebiet)
- Zwischenspeicherung in der Marsch (hinter dem Deich)

Strategie 2: Mehr Raum für den Fluss

- Optimierung der Sperrwerkssteuerung (vor dem Deich)
- Vorlandabgrabung (vor dem Deich)
- Überlaufpolder (hinter dem Deich)

Als Praxisbeispiel für den kleinräumigen Hochwasserschutz wurde den Teilnehmern durch die Firma AquaStop ein Überblick über den aktuellen Stand der mobilen Hochwasserschutzsysteme sowie Weiterentwicklungen vermittelt.

Im zweiten Teil wurde in drei rotierenden Kleingruppen diskutiert. Dabei sollten die Teilnehmer in zwei Kleingruppen die Umsetzbarkeit der Maßnahmen einschätzen. Gleichzeitig sollten Verbesserungsvorschläge entwickelt und Rahmenbedingungen sowie mögliche Wechselwirkungen beurteilt werden. In der dritten Gruppe sollte die Eignung von mobilen Hochwasserschutzsystemen für die Klimaanpassung im Bereich Elmshorn eingeschätzt werden.

Ergebnisse: Es wurde deutlich, dass von keiner der vorgestellten Maßnahmen eine konfliktfreie Umsetzung zu erwarten ist, da die Maßnahmen in bestehende Strukturen, wie z.B. Landnutzung, Naturschutz und Schifffahrtswege eingreifen. Darüber hinaus sind gedankliche Barrieren zu überwinden, da einzelne Maßnahmen von der bisher praktizierten Form des Hochwasserschutzes abweichen, in dem geschützte Gebiete zumindest teilweise aufgegeben werden müssen. Darüber hinaus wird es den Anliegern ober- und unterhalb von Elmshorn nur schwer zu vermitteln sein, dass hier Flächen für Maßnahmen beansprucht werden, die keine direkte Verbesserung der Hochwassersituation vor Ort herbeiführen, sondern an ganz anderer Stelle, wie z.B. im Bereich Elmshorn wirken.

- Gegebenenfalls muss ein Entschädigungsfonds geschaffen werden, in den Profiteure einzahlen und womit Benachteiligte entschädigt werden können.
- Es sollte ein übergeordneter Gewässerverband gegründet werden, der die Klimaanpassung organisiert und vorantreibt.
- Eine fortlaufende öffentliche Aufklärung ist unerlässlich, da durch den Sperrwerksbau die Hochwasserthematik aus den Köpfen der Menschen verschwunden ist. Man fühlt sich durch das Sperrwerk vollkommen sicher.

Als Lösungsansätze wurden folgende Punkte erarbeitet:

- Kombination mehrerer Maßnahmen zur Erhöhung der Flexibilität und Robustheit.
- Konflikte müssen mit allen Betroffenen und insbesondere mit den Landeigentümern gemeinsam gelöst werden.

Bezüglich der Eignung mobiler Hochwasserschutzsysteme für die Klimaanpassung im Bereich Elmshorn wurden Bedenken aufgrund der verhältnismäßig geringen Vorwarnzeiten für Sturmfluten geäußert. Für Einzellösungen und die Verstärkung kürzerer Abschnitte werden die Systeme als durchaus geeignet eingestuft.

LAA 4 – Klimaanpassung im Modellgebiet Elmshorn – Akteure und Umsetzung

Hintergrund / Problem: Nachdem sich die vorangegangenen LAA Veranstaltungen der aktuellen Problemlage und konkreten, technischen Anpassungsmaßnahmen gewidmet hatten, wurden in der vierten Veranstaltung Wege zur Umsetzung und die Rolle der einzelnen relevanten Akteure thematisiert. Grundlagen waren die in der Modellregion durchgeführten Interviews zur Sicht der Akteure auf den Klimawandel und die Klimaanpassung und deren Analyse hinsichtlich fördernder Faktoren für eine Umsetzung von Klimaanpassungsplanungen und -maßnahmen. Außerdem wurden die Ergebnisse einer wissenschaftlichen Arbeit zur Bedeutung interkommunaler Kooperation und die Arbeit des KLIMZUG-NORD-Teilprojektes Q5 zu zielgruppenspezifischer Kommunikation vorgestellt. Ausgangspunkt der thematischen Gestaltung bildete die Erkenntnis, dass es spezifische Charakteristika der Klimaanpassung gibt, die eine Bearbeitung des Problemfeldes behindern. Gleichzeitig existieren im Modellgebiet institutionelle Strukturen, die die Bearbeitung eines intersektoralen, administrative Grenzen und Ebenen überschreitenden Phänomens wie den Klimawandel fördern. Dazu gehören sowohl individuelle Handlungsstrategien einzelner Akteure als auch Kooperationsformate, die sich mit für die Klimaanpassung relevanten Themen beschäftigen.

den Kleingruppen dienten Ergebnisse der Analyse der durchgeführten Interviews als Anstoß einer Diskussion über die Möglichkeiten einzelner Akteure, das Thema Klimaanpassung auf lokaler und regionaler Ebene zu verankern und so die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen zu fördern. Des Weiteren beschäftigten sich die Teilnehmer mit der möglichen Rolle und Bedeutung bestehender Kooperationen und Netzwerke in der Region für regionale und lokale Anpassungsaktivitäten.

Diskussion / Verlauf der Veranstaltung: Analog zu den anderen Veranstaltungen der LAA bestand der erste Teil aus Informationen zum Stand des Wissens von Wissenschaftsseite. Im zweiten Teil wurde in vier rotierenden Kleingruppen diskutiert. Dabei sollten die Teilnehmer in zwei Kleingruppen die Bedeutung von „Langfristigkeit“ und „Unsicherheit“ als zentralen Herausforderungen regionaler Klimaanpassung einschätzen. Gleichzeitig galt es, Ansatzpunkte für eine Bewältigung dieser Herausforderungen herauszuarbeiten. In den anderen bei-

Ergebnisse: Es wurde deutlich, dass die Bearbeitung anhand abstrakter, schlecht greifbarer Charakteristika des Klimawandels für die Teilnehmer schwierig war. Die Auseinandersetzung mit der benötigten Langfristigkeit einer Anpassungsstrategie und mit der bleibenden Unsicherheit der Klimafolgen mündete in generellen Diskussionen zur Stellung des Klimawandels im gesellschaftlichen Diskurs. Immer wieder verwiesen die Teilnehmer darauf, dass eine umfassende, gesamtgesellschaftliche Auseinandersetzung zu Prioritäten einer nachhaltigen Entwicklung notwendig sei. Nur in einer kohärenten Vision zukünftiger Gesellschaftsentwicklung könne der Stellenwert von Klimaanpassung – „Stichwort: Was ist uns Klimaschutz und Klimaanpassung wert? Wie wollen wir leben?“ – bestimmt werden. Auch bei diesem Szenario bleibt aber das Problem, übergeordnete Entwicklungsziele auf konkrete regionale und lokale Entwicklungsziele und Handlungskorridore herunterzubrechen. Darüber hinaus wurde aber auch darauf hingewiesen, dass konkrete Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten definiert werden müssen, damit sich die Akteure vor Ort ihrer Handlungsspielräume bewusst werden und „Unsicherheiten zweiten Grades“ („Welche Handlung ist angemessen / vertretbar / legitimierbar?“) verringert werden.

Bei der Diskussion umsetzungsfördernder Faktoren betonten die Teilnehmer der Kleingruppe, dass sich Bevölkerung und Politik vom Klimawandel betroffen fühlen müssen, um Klimaanpassung auf die Agenda politischen Handelns zu setzen. Um dies zu erreichen, ist eine zielgruppenspezifische Ansprache auf lokaler Ebene notwendig, welche die Herausforderungen des Klimawandels konkret und greifbar werden lässt und klar Folgen von Handeln und Nicht-Handeln aufzeigt. Gleichzeitig ist die lokale und regionale Ebene hier aber auf die Unterstützung von Landes- und Bundesebene angewiesen, die das Thema forcieren und die relevanten Akteure mit entsprechenden Ressourcen versehen müssen. Die Schaffung gesetzlicher Grundlagen muss informelle und netzwerkförmige Aktivitäten ergänzen, z. B. um Handlungsspielräume in den Kommunen zu erhöhen. Hier muss der Ermessensspielraum derjenigen, die für die Umsetzung anpassungsrelevanter Projekte (z. B. Entwässerung, Bauleitplanung) verantwortlich sind, vergrößert werden. Dazu zählen auch neue Möglichkeiten der Finanzierung. Dabei wurde wiederholt die Bedeutung langjähriger, stabiler Beziehungen zwischen einzelnen Akteuren herausgestellt, die es erlauben, auf Basis gegenseitigen

Vertrauens Themen schnell und direkt in politische und administrative Prozesse einzubringen. Bestenfalls werden Multiplikatoren („Soziale Entrepreneur“e) erreicht, die für eine Verbreitung des Themas in verschiedenen Kontexten und Akteurskonstellationen sorgen. Ein Problem bleibt aber die Verstetigung eines solchen Prozesses unter den Bedingungen schnell wechselnder gesellschaftlicher Aufmerksamkeit. Die Diskussion zur Rolle verschiedener Kooperationsformen im Modellgebiet widmete sich weniger den Vor- und Nachteilen einzelner Formate als generellen Anforderungen an solche Netzwerke. Zentral ist eine faire Aufgaben- und Lastenverteilung zwischen Land, Kommunen und Zivilgesellschaft. Auf lokaler Ebene muss in den Behörden und Verbänden das Fachwissen in Form von personellen Ressourcen vorhanden sein, um erfolgversprechend an den genannten Kooperationen teilnehmen zu können. Schließlich muss, am besten auf regionaler Ebene und in Form einer für die Klimaanpassung hauptverantwortlichen Organisation, eine Koordination der Anpassungsaktivitäten in Form einer langfristigen Strategie und kurzfristiger Maßnahmenpläne stattfinden, die mit konkreten Umsetzungsbefugnissen und -kapazitäten gekoppelt ist.

LAA 5: Von der Forschung in die Praxis – Ein Leitbild zur Klimaanpassung für Elmshorn und Umgebung

Hintergrund/Problem: In der letzten Veranstaltung der LAA-Reihe wurde im Rahmen eines Input-Vortrags dargestellt, welche inhaltlichen Bestandteile ein Leitbild zur Klimaanpassung für das Modellgebiet haben muss. Hintergrund ist die in der Wissenschaft seit einiger Zeit geführte Diskussion um Planqualität, die von der Annahme ausgeht, dass qualitativ hochwertige Pläne oder Leitbilder eine höhere Chance auf eine erfolgreiche Umsetzung haben. Auf Basis der Theorie wurde von Forschungsseite eine Übersicht erarbeitet, die darstellt, was ein gutes Leitbild mit dem wasserbezogenem Schwerpunkt inhaltlich ausmacht. Zur Veranschaulichung wurden die theoretischen Bestandteile anhand des aktuellen Leitbildes von Rotterdam, dem Water Plan 2, veranschaulicht, das fast alle der notwendigen Qualitätskriterien erfüllt. Die Stärke des Rotterdamer Leitbildes liegt darin, dass über Maßnahmen zur Lösung der wasserbezogenen Probleme gleichzeitig versucht wird, eine Aufwertung des öffentlichen Raums und damit zur Erhöhung der urbanen Lebensqualität zu erreichen. Der Slogan des Leitbildes lautet: „Water City 2030 – Working on water for an attractive city“.

Diskussion: Im Rahmen der anschließenden Diskussion wurde die von Forschungsseite erarbeitete Übersicht mit den Akteuren dahingehend diskutiert, wo schon Vorarbeiten oder Ansätze für z.B. die Erstellung einer umfassenden Bestandsaufnahme für das Modellgebiet vorhanden sind. Es wurde erläutert, was die Forschung bis jetzt zu einem möglichen Leitbild beigetragen hat, wie z.B. die Modellierungen der Hochwasserstände oder das Aufzeigen möglicher Anpassungsmaßnahmen, aber auch, was insgesamt noch an inhaltlichen Grundlagen fehlt. Neben den inhaltlichen Aspekten wurde thematisiert,

was gewünscht bzw. notwendig ist, um überhaupt einen Leitbildprozess anzustoßen und inwieweit Formate wie diese LAA dazu beitragen können. Abschließend erfolgte eine Reflexion der Veranstaltungsreihe.

Ergebnisse: Für die inhaltlichen Grundlagen zur Erstellung eines wasserbezogenen Leitbildes sind bereits diverse Vorarbeiten vorhanden. Diese müssen entweder nur auf Modellgebietsebene zusammengetragen und/oder noch ergänzt bzw. aktualisiert werden. Allerdings wurde gewünscht, dass ein mögliches Leitbild thematisch alle Klimaanpassungsaspekte sowie Klimaschutz berücksichtigen sollte.

Größere Schwierigkeiten sehen die Akteure beim Anstoß und der Durchführung eines Leitbildprozesses auf Modellgebietsebene, sowohl bezogen auf die aktuell bestehenden Rahmenbedingungen als auch hinsichtlich der Organisation. Da derzeit kein politischer Wille besteht, sich dem Thema Klimaanpassung anzunehmen, wird es auch keinen politischen Auftrag zur Erstellung eines Leitbildes geben. Hier muss zunächst das Problembewusstsein in Politik, Verwaltung und Öffentlichkeit geschärft werden. Im Hinblick auf die Prozessorganisation wird es als schwierig empfunden, dass ein anderer und gleichzeitig viel größerer Raum- und damit Akteurszuschnitt gewählt werden muss, um insbesondere die Wasserprobleme zu lösen. Entsprechend schwierig gestaltet sich die Berücksichtigung aller Einzelbelange, weshalb ein „Motor“ in Form einer Person oder Institution für die Prozesssteuerung und auch Leitbildumsetzung als unerlässlich erachtet wird.

Lern- und Aktionsallianzen könnten im Prozess als Kommunikationsplattform genutzt werden, denn das gemeinsame Lernen wurde, trotz der Unverbindlichkeit

des Diskutierten im Rahmen der Veranstaltungen, von den Teilnehmern als besonders positiv herausgestellt.

5.3 Online-Diskurs www.elmshorn-klimaanpassung.de

Im Rahmen der KLIMZUG-NORD-Aktivitäten im Modellgebiet „Elmshorn und Umland“ wurde in enger Kooperation mit der Stadt Elmshorn vom 5. bis 20. November 2012 die öffentliche moderierte Onlinediskussion „Elmshorn und Umland im Klimawandel - wie wollen wir uns schützen?“ unter der URL www.elmshorn-klimaanpassung.de durchgeführt (vgl. Faber/Hohberg 2013). Sie bot den Bürgerinnen und Bürgern die Möglichkeit, sich aktiv an der Entwicklung zukünftiger Anpassungsstrategien und den Handlungsempfehlungen des Forschungsprojektes zu beteiligen.

Verwendet wurde hierfür die Beteiligungsmethode und Internetplattform DEMOS, die sich mühelos für die Fragestellung anpassen ließ (www.demos-diskurs.de). Neben den zu erwartenden Problemen wurden konkrete und anschaulich dargestellte Maßnahmen zum Umgang mit Hochwasser der Krückau und lokalen Überflutungen

im Stadtgebiet vorgestellt, die zuvor im Kontext der im vorherigen Abschnitt beschriebenen Lern- und Aktionsallianz gemeinsam mit Experten erörtert worden waren. Die Teilnehmenden der Onlinediskussion konnten nun diese Maßnahmen kommentieren, bewerten und um individuelle Vorschläge ergänzen. In einer zusätzlichen einstündigen Livediskussion auf der Plattform stellten sich Mitglieder des KLIMZUG-NORD-Forschungsteams direkt den Fragen und Anregungen der Nutzer. Zur spielerischen Einbeziehung von Schülerinnen und Schülern war darüber hinaus eine Geocaching-Route mit lokalen Anschauungsbeispielen in die Plattformkarte integriert worden (siehe Kapitel 5.4). Die Onlinediskussion wurde zum Start mithilfe unterschiedlichster PR-Maßnahmen beworben, wie zum Beispiel Berichterstattung in den lokalen Medien, über Plakate/Postkarten, Multiplikatoren, Verteiler und Verlinkungen.

Wer nahm teil?

Während der zweieinhalb Wochen besuchten fast 1.200 Besucher die Plattform. 70 Personen unterschiedlichster Altersgruppen registrierten sich, um aktiv 173 Beiträge und Kommentare z.B. zu den verschiedenen vorgestellten Maßnahmen zur zukünftigen Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen in Elmshorn und Umland einzubringen.

Auffällig am Profil der Teilnehmenden ist die vergleichsweise hohe Beteiligung der unter 18-jährigen (19 %) und der über 64-jährigen (25 %). Diese Altersklassen sind in Onlinediskursen in der Regel stark unterrepräsentiert. Dank der gesonderten Einbeziehung verschiedener Schulen ließen sich demnach ungewöhnlich viele junge Menschen für das Thema als auch das Medium interessieren, während ältere Personen im Modellgebiet oft noch einen direkten Bezug zum Thema Hochwasser

und Überflutungen aufweisen. Mit ihren Kenntnissen - zum Beispiel über das alte, heute nicht mehr genutzte Entwässerungssystem in Elmshorn und der Marsch - bereicherten sie die Diskussionen.

In Hinsicht auf die Geschlechterverteilung waren die Männer deutlich in der Überzahl (69 %). In Bezug auf den Bildungsgrad hatten mit 74 % eine deutliche Mehrheit der Personen die (Fach-) Hochschulreife oder einen Hochschulabschluss, was auch dem komplexen Diskussionsthema geschuldet ist. Da auf die Frage nach ihrem persönlichen Bezug zum Thema mit 68 % ein Großteil „persönliches Interesse“ angab, während 25 % Fachexperten und 8 % Politiker/innen beteiligt waren, ist die Initiierung eines Dialogs zwischen Bürger/innen und Experten gelungen.

Was und wie wurde diskutiert?

Mit 44,5 % aller eingebrachten Beiträge konzentrierte sich die Debatte sehr stark auf die Diskussion der vorgestellten Maßnahmen, während auf die Livediskussion 31,2 % und auf die allgemeine Diskussion im Hauptforum 24,3 % der Beiträge entfielen. Oftmals hatten die Teilnehmenden mehr Fragen als dezidierte Meinungen. So wurde der direkte Austausch mit den Experten in der Livediskussion ausgiebig genutzt. In einer solchen Experten-Laien-Kommunikation geht es in der Regel

zunächst darum, das Wissensgefälle zu verringern, was auch durch den Anteil von Fragen bzw. kombinierten Frage- und Meinungsäußerungen verdeutlicht wird, den die Teilnehmenden hier eingebracht haben. So liegt ihr Gesamtanteil bei 45,6 % - in der Livediskussion sogar bei 93,8 %. Die beteiligten Experten gaben indes zu 98,9 % reine Meinungsäußerungen ab. Die Möglichkeit zum direkten Austausch ist daher im Kontext eines wissenschaftlichen Diskurses immens wichtig.

Während die integrierte Umfrage zur Risikowahrnehmung und Akzeptanz in der ersten Online-Diskussion des KLIMZUG-NORD-Projektes, die unter dem Titel „Hochwasserschutz – wat tut Not?“ für die gesamte Metropolregion Hamburg im Jahr 2010 zum zukünftigen Hochwasserschutz durchgeführt wurde (Hohberg/Lühns 2013), noch von 35 % der Teilnehmenden beantwortet wurde, nahmen in Elmshorn nur ca. 12,9 % der registrierten Nutzer teil. Dies mag an der etwas versteckteren Verortung auf der Plattform gelegen haben und auch daran, dass in diesem Fall viele offene Fragen anstelle von Auswahlantworten enthalten waren.

Über die Gesamtlaufzeit hinweg herrschte eine freundlich-konstruktive Atmosphäre, auch wenn einzelne Maßnahmen durchaus kritisch betrachtet wurden. Die meisten Bewertungen und Kommentare erzielten die Maßnahmen „Speicherung und Nutzung von Regenwasser“ sowie die „Reaktivierung und Ausbau des ehemaligen Grabensystems“, was den Stellenwert dieser Aspekte für die Menschen aus Elmshorn und Umland verdeutlicht. So dominierte das Thema der Entwässerungsgräben die gesamte Diskussion. Dabei fragten sich Teilnehmende, warum die Funktion dieses Systems verloren gehen konnte und führten aus, wo heute negative Folgen sichtbar werden (nasse Keller und Gärten). Zudem wurden zahlreiche

Vorschläge gemacht, wie der Erhalt und die Pflege der Gräben unterstützt und gefördert werden könnten. Angezweifelt wird jedoch, dass die Anwohner diese Aufgabe ohne staatliche Hilfe und Kontrolle realisieren können. Zumal das gesamte Grabensystem in Elmshorn und der Marsch gleichermaßen gepflegt werden müsse, um seine Wirksamkeit im Notfall entfalten zu können (siehe auch Hohberg/Lühns 2013).

Insgesamt verdeutlichen die erörterten Aspekte die Heterogenität der Teilnehmerschaft, ihrer Interessen und Kenntnisstände in Bezug auf den Klimawandel, seine Folgen als auch die verschiedenen Maßnahmen. Positiv bewertet wird die Tatsache, dass es dennoch gelungen ist, Laien und Experten in einen konstruktiven Dialog über potenzielle zukünftige Maßnahmen in Elmshorn und Umland zu bewegen, der zukünftig fortgeführt werden sollte. Das Beispiel zeigt jedoch auch, wie schwierig die Vermittlung dieses komplexen und langfristigen Themas ist und welche Informationsleistung erforderlich ist, um eine gemeinsame Diskussion zu ermöglichen. Moderierte Onlinediskussionen mit ihren zahlreichen Darstellungsformaten, Austausch- und Aggregationselementen sowie ihrer Transparenz und gleichzeitigen schriftlichen Dokumentation der Ergebnisse können dabei als Beteiligungsinstrument hilfreich zur Seite stehen.

Fazit: Raum für Wissensangleichung und direkten Austausch mit Experten ermöglichen

Insbesondere bei Beteiligungsprojekten, in denen es um die Vermittlung und Erörterung speziellen Fachwissens geht, kommt es häufig zu den Problemen einer klassischen Experten-Laien-Kommunikation: Es fehlt der sogenannte „common ground“ (Clark/ Brennan 1991) – also eine gemeinsame Wissensbasis für eine ausgiebige Diskussion. Daraus folgt dann oftmals, dass die Expert(inn)en die Vorkenntnisse der Teilnehmenden nicht einschätzen können, während den Laien wiederum der Gesamtkontext fehlt, um den Ausführungen folgen bzw. die richtigen Fragen stellen zu können (Clark/ Brennan 1991; Bromme et al. 2003). Für eine fruchtbare Erörterung konkreter Maßnahmen oder Strategien muss demnach berücksichtigt werden, zunächst Raum für eine Annäherung der Kenntnisse zu ermöglichen.

Die Teilnehmenden an Onlinediskursen wie im Elmshorner Beispiel wiederum besitzen ihrerseits einen sehr unterschiedlichen Wissensstand über das zu diskutierende Thema. Dementsprechend kann die Diskussion mit anderen Beteiligten und die Aktivität auf der Plattform (Lesen von Informationsmaterial etc.) dazu führen, dass Personen, die im Vorfeld kaum Kenntnisse über das Thema haben, sich eigenständig informieren und für die Rahmenbedingungen sensibilisieren. Zusätzlich sollte jedoch auch der direkte Austausch mit den Experten und Expertinnen selbst unterstützt werden. So zeigt denn auch die Auswertung der Onlinediskussion mit der Öffentlichkeit in Elmshorn, dass viele Teilnehmende mehr Fragen als dezidierte Meinungen zu Klimawandel und Anpassungsmaßnahmen hatten, und die Möglichkeit

zum direkten Austausch mit den Experten und Expertinnen in der durchgeführten einstündigen Livediskussion überproportional häufig nutzten, was die Bedeutung dieses Beteiligungselementes unterstreicht. Durch diesen Prozess findet gleichzeitig eine Befähigung statt, mit der Thematik selbstständiger umgehen und Lösungen für lokale Probleme entwickeln zu können.

Die vielschichtigen Diskussionen zeigen allerdings zugleich, dass sich die Menschen auch ohne spezifische Vorkenntnisse mit Klimawandel und Anpassungsoptionen beschäftigen. Die Möglichkeit zum direkten Gespräch mit fachkundigen Experten und Expertinnen ist im Kontext einer solchen Wissenskommunikation jedoch besonders wichtig und sollte bei Beteiligungsprozessen dieser Art angeboten werden. Der direkte Kontakt mit Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen oder Repräsentanten und Repräsentantinnen aus Politik und Verwaltung beispielsweise über Livediskussionen, wie sie im Modellgebiet Elmshorn angeboten wurden, oder kombinierte Präsenzveranstaltungen fördern sowohl das gegenseitige Verständnis als auch die Bedeutung der Beteiligung. Ein vergleichbarer Prozess kann auch bei den an der Onlinediskussion beteiligten Experten beobachtet werden, deren Bewusstsein für die vor Ort gefühlten Probleme und Ansichten als auch das tatsächlich vorhandene Wissen der Menschen über Klimawandel und -anpassung verstärkt wird. So fördern Fragen der Bürger wie z.B. „Was bedeutet HQ100?“ (Birte) durchaus die Sensibilisierung der Experten für ihren eigenen Umgang mit Fachtermini. Es ist daher bei der Planung von Beteiligungsformaten

im Kontext komplexer Sachverhalte wie Klimawandel und Klimaanpassung unbedingt zu empfehlen, dieser Angleichung unterschiedlicher Wissensbestände und fachlicher Perspektiven genügend Raum einzuräumen oder dem direkten Austausch für die Klärung wichtiger Grundfragen zwischen Experten und Öffentlichkeit ein

Forum zu eröffnen. Die Fachexperten ihrerseits sind gefordert, ihr Fachgebiet sowie die entwickelten Lösungen und Argumente so darzulegen, dass diese von der allgemeinen Öffentlichkeit oder den Angehörigen anderer Fachgebiete verstanden werden können.

5.4 Geocaching: Auf den Spuren der Klimaanpassungsforschung

Beim Geocaching werden mithilfe eines tragbaren GPS-Empfängers versteckte Informationen im öffentlichen Raum aufgesucht. Hinweise zu den Verstecken, beispielsweise Breiten- und Längen-Koordinaten, Ortsbeschreibungen oder andere Hinweise für den Startpunkt können im Internet abgerufen werden. Die Suche selbst, der Spaß am Rätseln, der Aufenthalt in der Natur und das Kennenlernen neuer Orte stehen beim Erkunden der diversen Geocaching-Routen im Vordergrund.

KLIMZUG-NORD hat dieses Format der Vermittlung für Informationen mit regionalem Bezug gemeinsam mit Schülerinnen und Schülern erprobt: Dabei wurden Orte erkundet, die von spezieller Infrastruktur gekennzeichnet sind, von denen man einen Zusammenhang zum Wasser oder zu Überflutungen ableiten kann oder die eine besondere Verwundbarkeit gegenüber Klimafolgen zeigen und an denen konkrete Forschungsvorhaben durchgeführt wurden (sog. Points of Interest, POI). Am POI wird ein kleines Behältnis versteckt (z.B. eine Filmdose). Dieses Behältnis, auch „Cache“ genannt, kann mit Informa-

tionen bestückt werden: Die hinterlegten Caches der einzelnen POIs können aktuelle Forschungsergebnisse, historische Daten und Fragen zur Beobachtung der Natur, der Infrastruktur und dem Verhältnis der Region zum Klima enthalten. Für die suchenden Personen enthalten die versteckten Caches Informationen, mit denen sie die einzelnen Aufgaben und Rätsel auf den zuvor heruntergeladenen Informationsblättern während der Begehung lösen können. Nach dem erfolgreichen Lösen der Aufgaben können sie eine kurze Botschaft oder eine Signatur hinterlassen, sowohl auf dem Papier im Cache selbst als auch online über den persönlichen Account auf www.geocaching.com. KLIMZUG-NORD hat gemeinsam mit einer Schulklasse eine Geocaching-Route in und für Elmshorn entwickelt. Diese Form der Sensibilisierung für lokale Folgen des Klimawandels und Anpassungserfordernisse an dadurch bedingte Veränderungen kann mit weiteren, lokal relevanten Themen ergänzt und verknüpft und im Schulunterricht mit theoretischen Annäherungen und praktischer Medienkompetenz abgerundet werden.

Wer nahm teil?

Acht Schülerinnen und Schüler einer siebten und achten Klasse der Stadtteilschule Lurup unter der Leitung des Lehrers Markus Pepping nahmen vom 01.08.2012 bis 01.02.2013 an einem freiwilligen Geocaching-Projekt teil. Der Kurs wurde im Rahmen des Freizeitangebotes

der Schule angeboten und war mit zwei Stunden pro Woche angesetzt. Inhaltlich wurde Herr Pepping von KLIMZUG-NORD mit aufbereiteten Informationen zu potenziellen POIs unterstützt.

Was ist passiert?

In Vorbereitungstreffen und Einzelgesprächen mit der Lehrkraft übermittelte KLIMZUG-NORD Informationen zu POIs und Inhalte aus der Forschung an die Schule um gemeinsam eine Geocaching-Route für die Modellregion Elmshorn zu entwickeln. Die Schülerinnen und Schüler verorteten in einem ersten Schritt diese Informationen auf einer Karte und machten sich bei einer ersten Begehung ein Bild von den einzelnen Orten, um bei der Entwicklung der einzelnen Aufgabenstellungen und Rätselfragen konkrete Bezugspunkte nutzen zu können. In der Durchführung blieben neben der vorangestellten Einführung und dem Testen rund um die Suche mit GPS-Unterstützung aufgrund des häufigen Ausfalls des Kurses jedoch lediglich zwei Termine für die thematische Entwicklung der Caches. Mit dem ersten Testversuch der Route wurden die erlernten

Themen abschließend lokal verortet. Bei der Begehung konnten die Schülerinnen und Schüler vor allem durch gezielte Nachfragen des Lehrers für die eigene Betroffenheit von Klimaveränderungen in ihrem unmittelbaren Umfeld sensibilisiert werden. Die Erfahrungen aus der Projektarbeit mit der Stadtteilschule Lurup und der Entwurf sind in die Weiterentwicklung der Geocaches durch KLIMZUG-NORD eingeflossen. Die Nachbereitung durch KLIMZUG-NORD umfasste die inhaltliche Abstimmung und Verknüpfung der einzelnen POIs zu einer Route, die Ausarbeitung der Aufgabenstellungen sowie das Verstecken der Caches und die Übertragung der Route auf die Plattform www.geocaching.com. Dieser letzte Schritt der Übertragung ist notwendig, wenn man eine größere Geocaching-Community erreichen möchte.

Ergebnisse

Die konkreten Aufgabenstellungen der Route können im Anhang eingesehen werden.

Unter www.geocaching.com kann über die Eingabe von „Elmshorn“ in das Suchfenster die KLIMZUG-NORD-Route heruntergeladen werden:

http://www.geocaching.com/geocache/GC4QN5C_mit-klimzug-nord-dem-klima-auf-der-spur-teil-2

Fazit: Sensibilisierung mit neuen Medien

Aufgrund der vielfältigen Verknüpfungsmöglichkeiten (von formeller und informeller Bildung, regionalen geographischen Gegebenheiten mit Forschungsinhalten, wissenschaftlichen Diskursen mit einer breiteren Öffentlichkeit uvm.) ist dieses Format positiv zu bewerten. Für die Entwicklung von Geocaches und Geocaching-Routen muss jedoch ausreichend Zeit eingeplant werden. Ein Überblick über das Themenspektrum und Ortskenntnis sind Voraussetzung für eine erfolgreiche Verknüpfung der Verstecke mit Inhalten aus dem Kontext der Klimaanpassungsforschung. Die Integration der Inhalte in konkrete Aufgabenstellungen erfordert außerdem Kreativität und mehrere Wiederholungsschleifen. Für die Entwicklungsphase in Zusammenarbeit mit einer Schulklasse ist daher die Unterstützung durch Fachpersonal, beispielsweise vom SCHUBZ empfehlenswert (siehe auch www.schubz.de). Der Austausch mit KLIMZUG-NORD-Partnern muss für die speziellen Inhalte gewährleistet sein, damit eine geeignete Vorauswahl der Themen getroffen werden kann.

Die Aufbereitung und Zusammenfassung der zentralen Inhalte ist Voraussetzung für das Gelingen einer Übertragung der Themen auf einzelne POIs. Die Zielsetzung, die Geocaches thematisch und geographisch zu ver-

Die Geocaching-Community hat während der ersten Wochen nach der Veröffentlichung positiv auf die Inhalte reagiert. Diese Nutzergruppe zeichnet sich durch ein generelles Interesse am Entdecken und Erkunden von öffentlichen und naturnahen Räumen aus. Um eine breitere Öffentlichkeit zu erreichen, wäre eine Bewerbung des Formates auch außerhalb der Plattform notwendig.

knüpfen sowie ein gewisses Maß an Interaktivität bei der Begehung zu fordern, erfordert eine Reflektion der Wissenszusammenhänge und einen iterativen Gestaltungsprozess. Dafür hatten die Schülerinnen und Schüler in dem freiwilligen Projektkurs zu wenig Zeit, sodass das Ziel, für individuelle und kollektive Handlungsoptionen zu sensibilisieren, die es ermöglichen, die Auswirkungen des Klimawandels mitzugestalten, in der gemeinsamen Entwurfsphase nicht erreicht wurde. Die Querschnittsgruppe Kommunikation und Bildung führt die Entwicklung dieses Formates daher in Eigenregie fort. Das strenge Regelwerk der Geocaching-Community erzeugt weitere Hürden und Grenzen für die Vermittlung komplexer Inhalte. Der Vorteil dieses Ansatzes ist die Möglichkeit der Übertragung auf andere Regionen.

Insbesondere die Pflege und optional der Ausbau der Route können zur kontinuierlichen Sensibilisierung für Klimaanpassungsmaßnahmen in der Region beitragen. Eine noch engere Vernetzung mit lokalen Akteuren und Bildungsträgern (beispielsweise Schulen und Museen) ist anzustreben, damit eine möglichst breite Öffentlichkeit erreicht werden kann.

5.5 Die Klimanovellen: Chancen für eine offene Wissenschaftskommunikation

Die Klimanovelle ist eine neue Form der Grafiknovelle, die KLIMZUG-NORD gemeinsam mit dem Department Design der HAW Hamburg entwickelt hat. In jeder Klimanovelle werden spezielle Inhalte aus der Klimaanpassungsforschung erzählerisch und illustratorisch vermittelt.

Die Klimanovellen sind das Ergebnis eines Forschungsprojekts, das an dem Department Design der HAW Hamburg angesiedelt ist und in der Informativen Illustration unter Leitung von Prof. Reinhard Schulz-Schaeffer durchgeführt wird. Ihr Forschungsgegenstand ist die Wissenschaftskommunikation mit den Mitteln der Illustration. Die Klimanovelle als Instrument für den Wissenstransfer eines strategisch orientierten Forschungsverbundes führt mehrere Aspekte der Wissensvermittlung zusammen. Die Autoren

recherchieren die Forschungsprojekte, konzipieren eine Erzählung und integrieren wissenschaftliche Botschaften. Die direkte Zusammenarbeit zwischen Illustratoren und Illustratorinnen und Forschern und Forscherinnen ist dafür die zentrale Voraussetzung. Der innovative Charakter dieser Form der Forschungskommunikation ergänzt die bestehenden konventionellen Formen der Forschungskommunikation. Die Novellen erzählen zum Beispiel von der Entstehung der Klimaforschung und ihrer düsteren Vorahnung (Simon Schwartz), stellen die Frage nach der Zukunft des Lebens an der Elbe (Maren Amini), spiegeln den Umgang mit Regenwasser in der Großstadt wider (Bianca Classen und Nora Coenenberg) und untersuchen die Speicherfähigkeiten des Moores (Christian Schneider). Sie erläutern Optionen für das

Bauen am Wasser (Igor Kuprin & Andrea Hofmann) und geben Einblicke in eine anpassungsfähige Landwirtschaft (Elisabeth Rutzki). Nicht zuletzt hat die Illustratorin Annika Siems mit ihrer Grafiknovelle „Die Wahl“ das oben beschriebene Beteiligungsformat LAA und exemplarische Verhandlungsprozesse auf regionaler Ebene in ihrer Erzählung lebendig illustriert.

Ausgewählte Forschungsthemen werden in den Klimanovellen visuell und dramaturgisch so aufbereitet, dass sie auch ohne fachliches Vorwissen attraktiv und zugänglich werden. Die Inhalte der Novellen können im lokalen Umfeld aufgegriffen und beobachtet und anschließend vertieft bearbeitet werden. Das Format bietet viele Schnittstellen auch zu verschiedenen Unterrichtsfächern und bleibt offen für die individuelle didaktische Ausrichtung durch die Lehrkräfte. Während der Projektlaufzeit von KLIMZUG-NORD wurden prototypische Auflagen gedruckt, die in den Testläufen im Schulunterricht verwendet und an die Verbundpartner versendet wurden.

Fazit: Die Klimanovellen im Schulunterricht

Im schulischen Kontext haben sich die Klimanovellen als Ausgangspunkt für die unterschiedlichsten Fächer und Inhalte bewährt. Erste Unterrichtseinheiten wurden gemeinsam mit Lehrkräften entwickelt. Diese stehen als Beispiele und Vorlage zur Verfügung. Nach wie vor bleibt auch die individuelle didaktische Rahmung durch die Lehrkräfte möglich und erwünscht. Die Klimanovellen regen eine langfristige Sensibilisierungsstrategie und die Fortschreibung eines generationenübergreifenden Diskurses über unser persönliches und gesellschaftliches Verhältnis zum Klima an (vgl. auch im Folgenden: Schulz-Schaeffer et al). Sie eignen sich als Ausgangspunkt für die Gestaltung von Raumkonzepten in innovativen Lernwelten. Ein ausgeprägter regionaler Bezug fordert die Beobachtungsgabe der Leser(innen) heraus. Themen werden neu verhandelt, die experimentelle Erprobung vorgezeichneter Forschungstätigkeiten ruft beim Betrachter neue Lesarten des lokalen Umfeldes hervor. Alltägliche Phänomene können hinterfragt und in einem neuen Licht betrachtet werden. Es wird sichtbar, welche teils überraschenden Forschungsfragen die Wissenschaftler stellen und wie unmittelbar diese Fragen unser Leben beeinflussen. Der Prozess des Forschens steht im Mittelpunkt. Das Forschen wird als soziale Aufgabe, als Teil des normalen Lebens dargestellt. Der Klassenraum kann so zu einem autonomen Resonanzkörper wissenschaftlicher Inhalte werden. Es entsteht ein Verhandlungsspielraum, in dem der fortlaufende Dialog über Klimaanpassung und Forschung gepflegt werden kann. So kann die Klimaanpassungsforschung ebenso wie die Konzeption der Novellen, deren Erzählstil oder die Illustration an sich im Unterricht thematisiert, interpretiert und diskutiert werden.

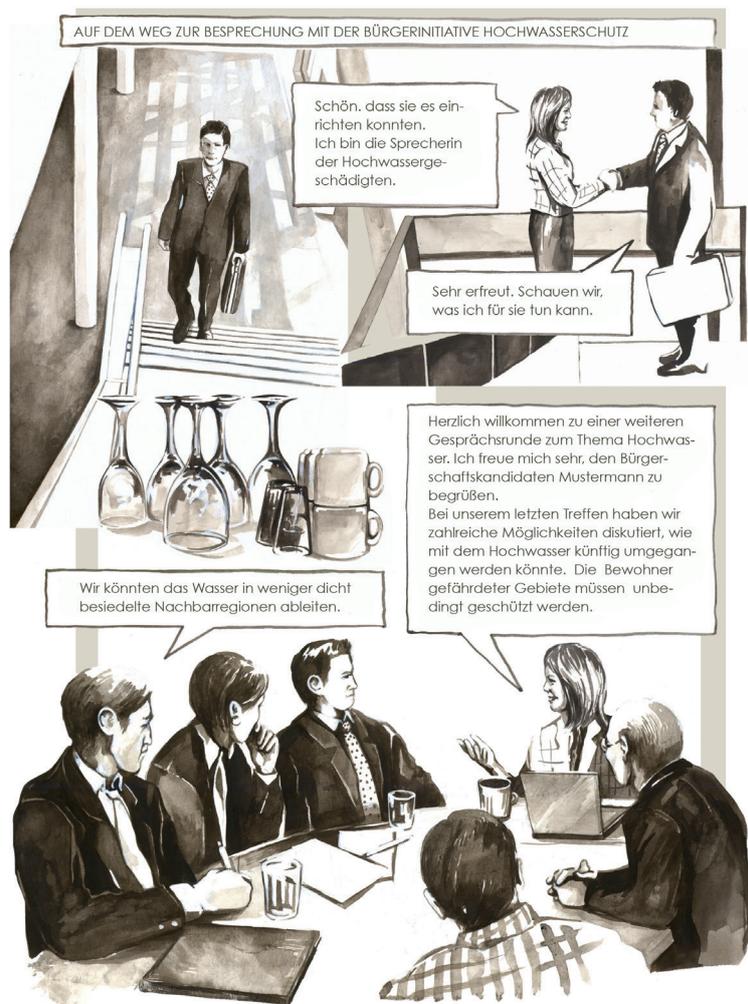


Abb. 54: Ausschnitt aus „Die Wahl“ (Siems 2014)

Ein professioneller Vertrieb bzw. die Verfügbarkeit der Klimanovellen für alle interessierten Schulen innerhalb der Metropolregion Hamburg ist wünschenswert. KLIMZUG-NORD empfiehlt die Klimanovellen insbesondere für den fächerübergreifenden Unterricht der gymnasialen Oberstufe. Eine Kooperation mit den Behörden und die anschließende Bewerbung sowie Fortbildungsangebote mit den vorhandenen Unterrichtsbeispielen wurde von KLIMZUG-NORD angestrebt.

Die Novellen zeigen, dass Innovation in der Forschungskommunikation durch gezielte Kontextverschiebungen gelingen kann. Für Klimaanpassungsvorhaben werden daraus Chancen für eine emergente Sensibilisierungsstrategie sichtbar, die in konkreter Bildungsarbeit gepflegt werden muss, um Verbreitung finden und tragfähig werden zu können.

5.6 Zusammenfassung

Die während der Projektlaufzeit von KLIMZUG-NORD entwickelten Kommunikations-, Beteiligungs- und Bildungsformate haben sich als Ausgangspunkt für einen Dialog zwischen Politik, Gesellschaft und Wissenschaft bewährt. Ausgewählte Elemente, Zwischenergebnisse und Erfahrungen bedürfen der weiteren Untersuchung, Entscheidungsfindung und der Pflege der Vernetzung.

Die Vielfalt der für die Klimaanpassung relevanten Akteure macht eine gründliche Analyse nötig: Wer ist beteiligt und in welchen Strukturen bewegen sich die im Bereich Klimaanpassung handelnden Akteure? Die Ergebnisse der Akteursbefragung machen die spezifische Ausgangssituation des Modellgebiets deutlich, auf die mit einer individuell zugeschnittenen Form der Kooperation geantwortet werden muss. Nur wenn die unterschiedlichen Perspektiven auf den Klimawandel und seine Bewältigung berücksichtigt werden, wenn den naturräumlichen Rahmenbedingungen Rechnung getragen wird und wenn die Wechselwirkungen zwischen Klimawandel und anderen Feldern gesellschaftlichen Handelns bedacht werden, kann eine freiwillige Kooperation Erfolge versprechen. Da diese Parameter im Modellgebiet Elmshorn und Umland anders ausgeprägt sind als in anderen Regionen, lassen sich die hier erarbeiteten Ergebnisse nicht Eins-zu-eins übertragen oder verallgemeinern. Resümierend kann aber festgehalten werden, dass eine gründliche Akteurs- und Institutionenanalyse, eine darauf aufbauende partizipative und integrative Vorgehensweise und eine strikte Orientierung an der lokalen Problemkonstellation Bestandteil einer erfolgversprechenden Anpassungsstrategie sein müssen. Nur dann kann eine umfassende Sensibilisierung und ein gemeinsamer, in der Region verankerter Aufbau von Wissen über den Klimawandel, die möglichen Klimafolgen, in Betracht kommende Anpassungsmaßnahmen und über die jeweils anderen Akteure gelingen. Nur so kann langfristig die Grundlage für ein allgemein akzeptiertes und damit legitimes Vorgehen geschaffen werden.

Wie das Beispiel des Onlinediskurses www.elmshorn-klimaanpassung.de aufzeigt, lassen sich die Bürgerinnen und Bürger durchaus auf die Diskussion zu komplexen Fragestellungen wie der Klimaanpassung ein – auch wenn die direkte Betroffenheit heute noch gering erscheint. Solche Beteiligungsprojekte müssen jedoch gut beworben und mit verständlichen Hintergrundinformationen versehen werden, die sich die Menschen während des Prozesses aneignen können. Eine mehrwöchige moderierte Onlinediskussion bietet in diesem Kontext gute Möglichkeiten sowohl in Hinsicht auf die gleichzeitige Einbeziehung sehr vieler Menschen, den Zugang zu wesentlichen Informationen als auch die Erarbeitung konkreter Ergebnisse, die in der weiteren Planung berücksichtigt werden können.

Insbesondere bei Beteiligungsprojekten zur Vermittlung und Erörterung wissenschaftlicher Themen ist es jedoch erforderlich, ausreichend Raum für eine Annäherung der differierenden Kenntnisstände der Beteiligten einzuplanen – seien es nun die der Öffentlichkeit und der Experten oder die von Vertreter(inne)n unterschiedlicher Fachrichtungen untereinander. Dies ließ sich bereits in der Lern-Aktionsallianz (LAA) mit den Vertretern von relevanten Behörden und Verbänden beobachten – zumal die Teilnehmenden einerseits verschiedenen Fachbereichen und andererseits unterschiedlichen räumlichen Zuständigkeitsebenen angehörten. Bevor also die intensiven Diskussionen über mögliche Strategien überhaupt beginnen konnten, wurde in den einzelnen Sitzungen jeweils inhaltlicher Input von den KLIMZUG-NORD-Mitarbeiter/innen gegeben und während der interaktiven Arbeitsgruppen Raum für den Austausch thematisch relevanter Hintergrundinformationen aus den einzelnen Fachgebieten eingeräumt, um eine gemeinsame Diskussionsbasis zu schaffen. Im Kontext von Onlinediskussionen mit der Öffentlichkeit kann dies beispielsweise über temporäre Livediskussionen erfolgen, bei der sich die Teilnehmenden und relevante Experten direkt austauschen und offene Fragen klären können. Dies fördert sowohl die Reduktion von Wissensgefällen als auch das gegenseitige Verständnis. Gleichwohl ist eine der wichtigsten Voraussetzung für eine erfolgreiche Erörterung komplexer Fragestellungen mit der Öffentlichkeit unzweifelhaft die verständliche Vermittlung der Problemlagen und optionalen Lösungen durch die entsprechenden Expert(inn)en selbst.

Der kontinuierliche Prozess des Aufklärens darüber, wie sich Klimaveränderungen vor Ort auswirken können, birgt Chancen für einen emanzipatorischen und politischen Bildungsauftrag: Selbstbestimmung und Selbstwirksamkeit können in Bildungsprozessen erlebbar gestaltet werden, damit individuelle wie auch kollektive Handlungsoptionen sichtbar werden. Formate, in denen diese Art von beteiligungsorientiertem Erfahrungs- und Handlungswissen und politische Gestaltungskompetenzen generiert werden können, sind in (klimabezogenen) Bildungskontexten bislang noch zu wenig verbreitet (Katz/ Molitor 2013, WBGU 2011). Die bildungsbezogenen und partizipatorischen Aktivitäten und entwickelten Konzeptionen von KLIMZUG-NORD setzen an diesem Defizit an. Die Wirksamkeit und Verbreitung eines erfolgreichen Pilotprojektes wie die Klimanovellen oder das Geocaching kann für zukünftige Kommunikations- und Bildungsprojekte genutzt werden. Einmal mehr ist der langfristige Erfolg an diesem Punkt von Offenheit und Finanzierung potenzieller Kooperationspartner abhängig.

6 **Bewertung von informellen Instrumenten für eine klimaangepasste Modellregion**

Martin Krekeler

Der folgende Abschnitt widmet sich dem Versuch, einzelne informelle Instrumente unter der Maßgabe ihres potenziellen Beitrags zu einem Prozess der Anpassung an den Klimawandel zu bewerten. Es handelt sich um eine Auswahl an Kooperationen und Netzwerken, die in der Modellregion Elmshorn bereits bestehen und die sich mit für die Klimaanpassung relevanten Handlungsfeldern beschäftigen.

6.1 Informelle Instrumente

Grundlage ist ein planungswissenschaftliches Verständnis gesellschaftlicher Regulierung, in der Formen und Verfahren der Information, Beteiligung und Kooperation als informelle Instrumente diskutiert werden (Bischoff et al. 2005). Für den Einsatz informeller Instrumente zur Anpassung an den Klimawandel sprechen mehrere Gründe. Informelle Instrumente bieten Raum für Kommunikation und Austausch. Dies ist für die Querschnittsaufgabe Klimaanpassung mit ihren ebenen-, sektor- und grenzübergreifenden Anforderungen ein wesentliches Argument (Ritter 2007, van Nieuwaal et al. 2009, Knieling et al. 2011). Klimafolgen betreffen eine Vielzahl administrativer Sektoren bzw. Fachbereiche, wie Wasserwirtschaft oder Städtebau. Außerdem wirken sie in der Regel in naturräumlichen Dimensionen, z. B. Flusseinzugsgebieten, die sich nicht an administrativen Grenzen orientieren. Daraus resultiert ein erhöhter Koordinations- und Kommunikationsbedarf zwischen beteiligten bzw. betroffenen Akteuren (unterschiedliche territorial-administrative Ebenen, Fachplanungen sowie Privatwirtschaft und Zivilgesellschaft), um Nutzungsansprüche abzuwägen und Zielkonflikte zu vermeiden (Overbeck et al. 2008, Bundesregierung 2008, Knieling et al. 2011a). Eine integrierte Betrachtungsweise, welche die Einbindung vielfältiger Akteure und neuer Formen der Ideengenerierung und -realisierung einschließt, gilt bei der Bearbeitung derart komplexer Probleme als eine Erfolgsvoraussetzung (Kilper 2006).

Darüber hinaus sind Klimaänderungen durch Langfristigkeit und Unsicherheit gekennzeichnet. Dies schränkt die Problemlösungskapazität formeller Planungsinstrumente ein, da sich die Zeithorizonte von Planungen und Klimaprojektionen stark unterscheiden, Folgenhorizonte sich kaum abgrenzen und notwendige Kausalbeziehungen sich nicht herstellen lassen (Greiving und Fleischhauer 2008). In diesem Kontext gewinnen Aushandlungsprozesse zur Legitimation von Entscheidungen an Bedeutung. Konsens und freiwillige Selbstverpflichtung können dabei rechtsverbindliche Akte und rechtliche Normierung ergänzen und teilweise ersetzen (Knieling et al. 2011).

Auf Grundlage dieser Überlegungen sind in der Fachdiskussion in den letzten Jahren Kriterienkataloge entstanden, deren Ziel es ist, die Auswirkung bestimmter Maßnahmen und Programme auf die gesellschaftliche Kapazität zur Anpassung an den Klimawandel zu bestimmen (vgl. z.B. Gupta 2010). Im Folgenden bedient sich dieser Abschnitte eben jener Kriteriensammlungen, die im Rahmen von KLIMZUG-NORD weiterentwickelt und an die regionalen Gegebenheiten angepasst wurden. Bewertet werden an dieser Stelle Instrumente mit Bezug zum untersuchten Modellgebiet Elmshorn und Umland, die sich mit der Anpassung an den Klimawandel beschäftigt haben, oder aufgrund ihres sektoralen, geographischen oder gesellschaftlichen Wirkungskreises sich hierfür potenziell eignen würden.

Gleichwohl kann eine Bewertung einzelner Instrumente nur bedingt Allgemeingültigkeit beanspruchen. Gerade am Beispiel des Kreisentwicklungskonzepts des Kreises Pinneberg ist deutlich zu sehen, wie veränderte institutionelle Rahmenbedingungen die erhoffte Wirkung eines Instruments verändern können. Generell kann eine solche Bewertung nur Auskunft über das Potenzial einzelner Regelungsformen geben: Kann ein bestimmtes Instrument einen Beitrag innerhalb eines gesellschaftlichen Prozesses zur Bearbeitung der Klimafolgen leisten? Ob dieses Potenzial ausgeschöpft werden kann, hängt nicht nur von den bereits erwähnten Rahmenbedingungen, sondern auch von der Handlungsorientierung der beteiligten Akteure und den zugrunde liegenden Ressourcen ab (Scharpf 2000). Ebenso wenig ist ein Ranking auf Grundlage der hier der Anschaulichkeit halber vergebenen roten, gelben oder grünen Punkte möglich. Die unterschiedlichen Bewertungsergebnisse bei einzelnen Kriterien können allenfalls ein Anhaltspunkt dafür sein, wie verschiedene Instrumente in einem Prozess zur Klimaanpassung kombiniert werden könnten.

Lern- und Aktionsallianz

Tab. 6: Lern- und Aktionsallianz - Bewertung als potenzielles Instrument der Klimaanpassung (HCU)

Kriterium	Bewertung	Erläuterung
Perspektivvielfalt	✓	Groß, da der Teilnehmerkreis variabel ist. Schwierigkeiten bestehen eher bei der Motivation der einzelnen Akteure zu einer regelmäßigen Teilnahme (Zeitaufwand, langer Zeitraum...). Bei Teilnahme von Laien, Gefahr der Überformung durch dominante „Experten“-Perspektiven, die die Deutungshoheit für sich beanspruchen
Akteursvielfalt	✓	siehe Perspektivvielfalt, gleichberechtigte Teilnahme verschiedenster Teilnehmer möglich
Lösungsvielfalt	✓	Das LAA-Konzept sieht die Erarbeitung verschiedener Lösungsoptionen ausdrücklich vor. Dadurch soll die gesamte Breite des zu bearbeitenden Problemfeldes ausgeleuchtet werden. Es erfolgt eine Priorisierung von Lösungsansätzen.
Redundanz	✗	Redundante bzw. sich überschneidende Lösungsansätze werden im LAA-Konzept nicht explizit erwähnt. Eine entsprechende Ausrichtung erscheint grundsätzlich möglich.
Iteration	~	Der LAA-Prozess ist meist über einen längeren Zeitraum (> 1 Jahr) angelegt und ausdrücklich auf den sukzessiven Aufbau von Wissen ausgerichtet. Durch die systematisch-schrittweise Annäherung an mögliche Problemlösungen soll das beständige Einspeisen lokalen Wissens sichergestellt werden. Nach einzelnen LAA-Veranstaltungen werden Resümees gezogen und die Ergebnisse in neue Treffen mit eingebracht. Nicht gesichert erscheint die Übernahme der Arbeitsergebnisse nach Beendigung einer LAA in reguläre Politikprozesse.
Wissensformen	✓	Unterschiedliche Wissensformen werden systematisch in den Prozess eingespeist. Die zivilgesellschaftlichen LAA-Teilnehmer bringen durch ihre Kontakte zu anderen klimarelevanten Bereichen (Landwirtschaft, Katastrophenschutz, Entwässerung) Praxiswissen in den Prozess mit ein. Wissenschaftliche Erkenntnisse erreichen die Teilnehmer durch Teilnehmer von Universitäten bzw. Vertretern von Forschungsprojekten. Schwierig gestaltet sich nach bisherigen Erfahrungen eine Gleichberechtigung verschiedener Wissensformen.
Vertrauen	~	Durch die längerfristige Zusammenarbeit und das Engagement vieler Beteiligten kann bei entsprechender Moderation ein stabiles Vertrauensverhältnis zwischen den Beteiligten entstehen. Das wiederholte Zusammentreffen der Teilnehmer befördert faires Verhalten und Verständnis für die Positionen anderer Beteiligter. Voraussetzung hierfür ist allerdings ein stabiler Teilnehmerkreis.
Akteursgemeinschaft	~	Im LAA-Prozess wird viel Wert auf den Aufbau gemeinsamer Wissensbestände und die Definition einer geteilten Problemsicht gelegt. Ob dies gelingt, dürfte von der Qualität der Moderation, den zur Verfügung stehenden personellen und finanziellen Ressourcen und der vorgefundenen Problemstruktur abhängen. Grundsätzlich besteht die Gefahr, dass sich Akteursgemeinschaften nach Beendigung einer LAA wieder auflösen.
Kreativität	✓	Das Konzept einer LAA sieht ausdrücklich die Erarbeitung von verschiedenen Entwicklungs- und Lösungsoptionen vor. Dabei werden die Vorgaben an die Teilnehmer am Anfang sehr offen, später detaillierter formuliert, um möglichst viele Ideen einzubeziehen.
Leadership / Führung	✗	Das LAA-Konzept betont die Gleichberechtigung der Teilnehmer und bietet keinen selbstverständlichen Ansatzpunkt für die Übernahme von Leadership.
Integration	~	Die Integration verschiedener administrativer Ebenen, Sektoren und Verantwortungsbereiche ist grundsätzlich möglich. Hier hängt der integrative Erfolg an der Bereitschaft der Beteiligten zur regelmäßigen Teilnahme und der (freiwilligen) Berücksichtigung der Ergebnisse. Generell hat sich die Beteiligung von politischen Vertretern als schwierig erwiesen, da diese Festlegungen vermeiden wollen, die dem politischen Prozess vorausgreifen
Synergie	✓	Die Vielfalt der durch die Teilnehmenden eingebrachten Perspektiven bildet die Grundlage für das Aufspüren von Synergien in möglichen Lösungsoptionen. Die Beteiligung integrativ orientierter Akteure (z.B. Landes- und Regionalplanung, externe Moderation) dürfte sich hier vorteilhaft auswirken.
Diffusion	~	Durch die Beteiligung eines breiten Teilnehmerkreises sind die Voraussetzungen für eine breite Diffusion der Ergebnisse gegeben. Für die Verbreitung der Ergebnisse innerhalb einer beteiligten Organisation dürfte die individuelle Position des jeweiligen Vertreters dieser Organisation in der LAA entscheidend sein.
Strategische Orientierung	~	Die strategische Orientierung hängt, wie viele der hier dargestellten Charakteristika davon ab, mit welchen anderen Regelungsformen die LAA verbunden wird.
Legitimität	✓	Die Einbindung von wissenschaftlichen, administrativen, politischen und zivilgesellschaftlichen Akteuren aus allen Mitgliedskommunen sowie der Anspruch der Organisation eines gemeinsamen Lernprozesses sichern die Akzeptanz und Legitimität der LAA. Alle Beteiligten können ihre Anliegen gleichberechtigt einbringen. Für Bürgerinnen und Bürger muss allerdings klar werden, wie sich der LAA-Prozess in die darüber hinausgehenden Aktivitäten von Politik und Verwaltung einfügt.
Institutionelle Verankerung	✗	Die institutionelle Verankerung der bisher durchgeführten LAAs ist schwach oder gar nicht ausgeprägt. Es handelt sich bisher um freiwillige Teilnehmungsformate, deren Durchführung bzw. Einbindung nicht formal geregelt ist.
Ressourcen	~	Bisherige LAAs wurden im Rahmen von Forschungsprojekten durchgeführt, d.h. es standen außerplanmäßige finanzielle und personelle Mittel zu ihrer Durchführung zur Verfügung.

Kreisentwicklungskonzept

Tab. 7: Kreisentwicklungskonzept - Bewertung als potenzielles Instrument der Klimaanpassung (HCU)

Kriterium	Bewertung	Erläuterung
Perspektivvielfalt	~	Verschiedene Perspektiven können Eingang in das KEK finden, eine Strategie zum Umgang mit verschiedenen Perspektiven bzw. die Erarbeitung einer gemeinsamen Perspektive findet nicht statt.
Akteursvielfalt	~	Die Beteiligung ist auf kommunale Akteure beschränkt, diese haben allerdings großen Einfluss.
Lösungsvielfalt	x	Die Definition der Ziele ist zu vage, als dass von Lösungen gesprochen werden kann. Es gibt keinen Ansatz für die Erarbeitung alternativer Lösungsoptionen.
Redundanz	x	Siehe „Lösungsvielfalt“, grundsätzlich besteht im KEK aber Raum für verschiedene, redundante Lösungsansätze.
Iteration	~	Das KEK kann laufend ergänzt werden, ein Monitoring findet abgesehen von einer Eingangsprüfung jedoch nicht statt. Ausgewiesene Evaluation / Evaluationszyklen existieren nicht
Wissensformen	x	Nur das Wissen administrativer Akteure wird berücksichtigt.
Vertrauen	✓	Die beitragenden Akteure kennen sich teilweise aus anderen Zusammenhängen. Die Gleichberechtigung der Akteure sorgt aber tendenziell für eine offene, nicht-wettbewerbsorientierte Handlungssituation.
Akteursgemeinschaft	~	Grundsätzlich sind alle Beteiligten gleichberechtigt aktiv eingebunden und bauen Wissen über andere Akteure auf. Die Leitungs- und Koordinierungsmechanismen sorgen theoretisch für den Zusammenhalt der Akteure. In der Praxis waren diese Mechanismen jedoch nicht in der Lage, das Interesse am KEK aufrechtzuerhalten.
Kreativität	x	Es findet keine kollaborative Erarbeitung eines gemeinsamen Szenarios statt, Anregungen zum kreativen Umgang mit Problemstellungen sind nicht erkennbar.
Leadership / Führung	x	Das Instrument trägt bestehende Projekte zusammen. In der Praxis hat der Kreis keine Leader-Rolle übernommen.
Integration	~	Vertreter verschiedener administrativer Ebenen werden berücksichtigt, allerdings finden die Ergebnisse keinen direkten Eingang in die Fachplanungen. Eine räumlich flexible Integration über Gemeindegrenzen innerhalb des Kreises ist theoretisch möglich.
Synergie	✓	Bestehende Programmen und Planungen dienen als Grundlage des KEK, die Nutzung von Synergien verschiedener Vorhaben ist zumindest theoretisch möglich.
Diffusion	~	Das KEK war als Teil einer stärker kommunal verfassten Regionalplanung und im Zusammenspiel mit regionalen Entwicklungskonzepten in der Metropolregion gedacht. Unter den gegenwärtigen institutionellen Rahmenbedingungen trägt das KEK nur sehr begrenzt zur Diffusion bei.
Strategische Orientierung	x	Das KEK nimmt zwar schon im Namen eine strategische Ausrichtung für sich in Anspruch, tatsächlich findet eine tatsächliche Strategieentwicklung im Sinne einer Priorisierung von Maßnahmen oder eines Aktionsplans nicht statt.
Legitimität	✓	Die Legitimität des Instruments ist durch den möglichen Beitrag aller kommunalen Akteure groß. Die Prozessgestaltung ist transparent, die Partizipationsmöglichkeiten anderer Akteure bleiben allerdings unterentwickelt.
Institutionelle Verankerung	x	Das KEK ist ein Produkt des Kreises, es kann sich nicht auf eine „eigene“ Organisation stützen. Seine Weiterführung ist stark von lokalen und regionalen politischen Rahmenbedingungen abhängig. Das Output ist zwar greifbar, bleibt in seiner Verwendung aber diffus. Ein Schatten der Hierarchie besteht nur indirekt in Form einer theoretischen Nicht-Berücksichtigung regionaler Projekte auf anderen administrativen Ebenen.
Ressourcen	x	Die finanziellen Ressourcen zur Erstellung, vor allem aber zur dauerhaften Weiterführung sind nicht ausreichend. Der Kreis selbst hat keine Möglichkeiten zur Setzung von Prioritäten oder der eigenverantwortlichen Umsetzung von Maßnahmen. Es bestehen keine (finanziellen) Kompensationsmechanismen.

Stadt-Umland-Kooperation

Tab. 8: Stadt-Umland-Kooperation - Bewertung als potenzielles Instrument der Klimaanpassung (HCU)

Kriterium	Bewertung	Erläuterung
Perspektivvielfalt	~	Perspektiven der verschiedenen Kommunen werden gleichwertig berücksichtigt, allerdings nur Vertreter aus Verwaltung und Kommunalpolitik. Strategien zum Umgang mit verschiedenen Perspektiven bestehen nicht.
Akteursvielfalt	~	Nur Verwaltung und Kommunalpolitik mit Unterstützung der Landesebene. Verbände, Private etc. sind nicht beteiligt. Die beteiligten Akteure werden gleichberechtigt beteiligt.
Lösungsvielfalt	~	Es werden bestehende Strategien und Vorhaben abgestimmt, Alternativplanungen finden nicht statt, allerdings eine Priorisierung von Maßnahmen.
Redundanz	x	Redundante bzw. sich überschneidende Lösungsansätze werden nicht formuliert.
Iteration	~	Durch die Langfristigkeit und Kontinuität der Zusammenarbeit besteht grundsätzlich die Möglichkeit zum Monitoring und zur Evaluation. Eine systematische Überprüfung der Umsetzung etwa in festgelegten Zyklen oder im Hinblick auf bestimmte Kriterien findet allerdings nicht statt.
Wissensformen	~	Unterschiedliche Wissensformen werden nicht systematisch in den Prozess eingespeist. Die meist ehrenamtlichen Politiker der Umlandkommunen bringen durch ihre Kontakte zu anderen klimarelevanten Bereichen (Landwirtschaft, Katastrophenschutz, Entwässerung) Praxiswissen in die SUK mit ein.
Vertrauen	✓	Durch die langjährige Zusammenarbeit und das Engagement vieler Beteiligter besteht ein stabiles Vertrauensverhältnis zwischen den Beteiligten. Die Kooperation wird als ehrlich und lösungsorientiert beschrieben.
Akteursgemeinschaft	✓	Die Beteiligten teilen als Vertreter der Verwaltung und Kommunalpolitik zumindest in großen Teilen ein gemeinsames Arbeitsfeld.
Kreativität	x	Es findet keine Ausarbeitung kohärenter Szenarien statt, Zukunftsentwürfe beschränken sich auf Einzelmaßnahmen, allerdings wird der demographische Wandel als Rahmenbedingung berücksichtigt.
Leadership / Führung	✓	Die Zusammenarbeit bietet einzelnen Beteiligten die Möglichkeit, mit einzelnen (z. B. bilateralen) Kooperationen voranzugehen und damit den anderen Kooperationspartnern im Sinne eines guten Beispiels Möglichkeiten der Zusammenarbeit vorzuführen.
Integration	~	An der SUK sind u. a. Vertreterinnen und Vertreter der beteiligten Kommunen und der (staatlich organisierten) Regionalplanung des Landes Schleswig-Holstein beteiligt. Die Kreise Pinneberg und Steinburg wurden ebenfalls als Partner hinzugezogen. Akteure, die für die Anpassung an lokale Klimafolgen essenziell sind (Wasser- und Bodenverbände, Landwirtschaft, Küsten-, Katastrophenschutz und Naturschutz etc.) sind allerdings nicht beteiligt. Da es sich bei der SUK um eine öffentlich-rechtliche Vereinbarung handelt, ist es nicht möglich, nicht-staatliche Akteure als offizielle Partner hinzuzuziehen. Die für Maßnahmen der Klimaanpassung wichtige naturräumliche Ebene des Flusseinzugsgebiets wird nicht abgedeckt.
Synergie	~	Theoretisch können durch die Arbeit in der SUK verschiedene gesellschaftliche Problemstellungen bearbeitet und verknüpft werden (z. B. regionale Lebensqualität und Attraktivität, Wirtschaftsförderung, Sicherung natürlicher Ressourcen). Die Maßnahmen in diesen Bereichen werden allerdings nicht auf ihre spezifische Zukunftsfähigkeit im Sinne ihrer Reversibilität oder Eignung für alternative Szenarien / gesellschaftliche Problemfelder untersucht.
Diffusion	~	Durch die Beteiligung der Bürgermeister und leitender Verwaltungsangestellter der beteiligten Kommunen sind die Voraussetzungen für eine Diffusion der Ergebnisse in den Mitgliedskommunen gegeben.
Strategische Orientierung	x	Es findet eine Priorisierung z. B. der Ausweisung bestimmter Gebiete statt, ein als solcher bezeichneter Aktions- und Maßnahmenplan besteht allerdings nicht. Der zeitliche Horizont bewegt sich im Bereich der üblichen kommunalen Bauleitplanung, darüber hinaus werden keine Festlegungen getroffen.
Legitimität	~	Die Einbindung von administrativen und politischen Akteuren aus allen Mitgliedskommunen sowie das herrschende Konsensprinzip sichern die Akzeptanz und Legitimität des Prozesses. Alle Beteiligten können ihre Anliegen gleichberechtigt einbringen. Für Bürgerinnen und Bürger stellt sich die Kooperation aber als verwaltungsinterner Vorgang dar, der nach außen nur sehr eingeschränkt sichtbar ist.
Institutionelle Verankerung	✓	Die Zusammenarbeit bietet einzelnen Beteiligten die Möglichkeit, mit einzelnen (z. B. bilateralen) Kooperationen voranzugehen und damit den anderen Kooperationspartnern im Sinne eines guten Beispiels Möglichkeiten der Zusammenarbeit vorzuführen.
Ressourcen	~	Grundsätzlich besitzen die beteiligten Kommunen die Mittel, um die im Rahmen der SUK getroffenen Beschlüsse in ihrer Bauleitplanung umzusetzen. Die SUK selbst hat keine eigenen Mittel zur Verfügung. Der Umfang und die Kontinuität der Arbeit scheinen durch die bereitstehenden personellen Ressourcen nur unzureichend gesichert.

Arbeitsgruppe Wasserrahmenrichtlinie(WRRL) des Bearbeitungsgebietes Krückau

Tab. 9: Arbeitsgruppe Wasserrahmenrichtlinie(WRRL) des Bearbeitungsgebietes Krückau
- Bewertung als potenzielles Instrument der Klimaanpassung (HCU)

Kriterium	Bewertung	Erläuterung
Perspektivvielfalt		Verschiedene Perspektiven finden Eingang in die Arbeit der Gruppe und werden durch die Erarbeitung eines gemeinsamen Maßnahmenkataloges auch miteinander in Bezug gesetzt. Einzelne Perspektiven scheinen jedoch zu dominieren.
Akteursvielfalt		Die Beteiligung umfasst Verbände aus verschiedenen Bereichen sowie Vertreter von Kommunen und Land.
Lösungsvielfalt		In den beschlossenen Maßnahmen spiegelt sich häufig der kleinste gemeinsame Nenner der Beteiligten. Die Umsetzung unterschiedlicher Strategien ist nicht vorgesehen.
Redundanz		Da alle Maßnahmen zur Stabilität und Entwicklung eines Gesamtsystems beitragen, wirken sie zueinander redundant.
Iteration		Die WRRL sieht ausdrücklich iterative Bearbeitungszyklen und ein regelmäßiges Monitoring vor.
Wissensformen		Es wird potenziell sowohl Experten- als auch Erfahrungswissen berücksichtigt. Die Orientierung an konkreten Maßnahmen kann dazu beitragen, implizites Wissen einzubinden.
Vertrauen		Die beitragenden Akteure kennen sich teilweise aus anderen Zusammenhängen. Die Langfristigkeit mit wenigen personellen Wechseln sorgt für eine grundsätzlich vertrauensvolle Zusammenarbeit, die aber auch Konflikte tradieren kann.
Akteursgemeinschaft		Grundsätzlich sind alle Beteiligten gleichberechtigt aktiv eingebunden und bauen Wissen über andere Akteure auf. Die Leitung in den Händen der Wasser- und Bodenverbände sorgt allerdings für eine in der Praxis herausgehobene Rolle dieser Gruppe.
Kreativität		Es findet eine kollaborative Erarbeitung eines gemeinsamen Maßnahmenkatalogs statt, Anregung zum kreativen Umgang mit Problemstellungen sind aber nur in Ansätzen erkennbar, da bereits dominierende Handlungslogiken weiter bestehen.
Leadership / Führung		Die Führung liegt in den Händen der Wasser- und Bodenverbände, anscheinend problematisch ist die Verankerung der lokalen Beschlüsse auf Landesebene.
Integration		Vertreter verschiedener administrativer Ebenen werden berücksichtigt, allerdings finden die Ergebnisse keinen direkten Eingang in die Fachplanungen. Das Format orientiert sich am Einzugsgebiet der Krückau und wirkt daher räumlich integrierend.
Synergie		Die Nutzung von Synergien mit der Bauleit- und Regionalplanung, Hochwasserschutzkonzepten und FFH-Management ist gewollt und möglich, findet in der Realität allerdings nicht immer statt.
Diffusion		Durch die Beteiligung verschiedener Gruppen aus Administration und Zivilgesellschaft und die Einbindung in größere Flussgebietseinheiten bestehen Chancen für eine Diffusion der Ergebnisse, die breite Öffentlichkeit nimmt die Arbeit der Gruppe aber nicht wahr.
Strategische Orientierung		Es findet eine Strategieentwicklung im Sinne einer Priorisierung von Maßnahmen statt, eine eigene, längerfristige und von allen Teilnehmern getragene Vision fehlt aber.
Legitimität	 	Die Legitimität des Instruments ist durch den möglichen Beitrag aller Akteure groß. Die Prozessgestaltung ist transparent, die Partizipationsmöglichkeiten weiterer Akteure bleiben allerdings unterentwickelt und unflexibel.
Institutionelle Verankerung		Die Arbeitsgruppen der Bearbeitungsgebiete sind durch die EU-Wasserrahmenrichtlinie und die entsprechende Umsetzung auf Landesebene stabil institutionalisiert. Schwer zu beantworten ist die Frage nach der tatsächlichen Berücksichtigung der Arbeit vor Ort durch das Land, die teilweise kritisch gesehen wird.
Ressourcen		Die Ressourcen sind eng begrenzt. Die Mitarbeit der Teilnehmer erfolgt zum großen Teil ehrenamtlich und ist mittel- und langfristig gefährdet. Die einzelnen Gruppen aus den Bearbeitungsgebieten bekommen zudem keine zusätzlichen Mittel zugewiesen. Es bestehen keine (finanziellen) Kompensationsmechanismen.

Intersektorale Koordination in der Verwaltung

Tab. 10: Intersektorale Koordination in der Verwaltung (Leitstelle, Klimaschutzbeauftragter)
- Bewertung als potenzielles Instrument der Klimaanpassung (HCU)

Kriterium	Bewertung	Erläuterung
Perspektivvielfalt	~	Durch die intersektorale Koordination soll die Perspektive des Klimaschutzes (und potenziell auch der Klimaanpassung) in die sektoralen Strukturen der Verwaltung eingebracht werden. Ob dies tatsächlich geschieht, hängt jedoch von der Erfüllung anderer Kriterien (z.B. den personellen Ressourcen) ab.
Akteursvielfalt	~	Abhängig von der Ressourcenausstattung der Koordinationsstelle. Hauptsächlich administrative Akteure, aber auch Einbeziehung privater und zivilgesellschaftlicher Akteure möglich.
Lösungsvielfalt	~	Theoretisch ist, abhängig von der Akteursvielfalt und der Kooperationsbereitschaft der zu koordinierenden Akteure eine große Vielfalt der erarbeiteten Maßnahmen möglich.
Redundanz	~	Siehe „Lösungsvielfalt“
Iteration	✓	Die Arbeit der Klimaschutzbeauftragten wird nach 3 Jahren evaluiert, ein ständiges Monitoring ist möglich und hängt von der Existenz einer kohärenten Klimaschutz- / Anpassungsstrategie ab.
Wissensformen	✓	Potenziell können verschiedene Wissensformen berücksichtigt werden. Die Einbindung in ein größeres Netzwerk ermöglicht den Klimaschutzbeauftragten gegenseitiges Lernen.
Vertrauen	~	Die befristete Beschäftigung des Klimaschutzbeauftragten beschränkt die Möglichkeit zum Aufbau eines langfristigen Vertrauensverhältnisses. Grundsätzlich werden aber sowohl Leitstelle als auch Klimaschutzbeauftragter als neutrale Vermittler gesehen.
Akteursgemeinschaft	✗	Die Arbeit mit wechselnden Akteuren und die sehr bescheidene personelle Ausstattung erschwert die Herausbildung einer festen Akteursgemeinschaft.
Kreativität	~	Kreativitätsfördernde Prozesse (z. B. Szenarien, Visionen etc.) werden nicht gezielt eingesetzt, könnten aber integriert werden.
Leadership / Führung	✓	Intersektorale Koordination kann dazu beitragen, bestimmten Akteuren die „ownership“ für bestimmte Maßnahmen zu übertragen. Außerdem stehen Leitstellen und Klimaschutzbeauftragte selbst für eine führende Rolle von Kreis oder Kommune.
Integration	✓	Per Definition stehen Leitstellen und Klimaschutzbeauftragte für die horizontale Integration administrativer Sektoren. Die vertikale Integration verschiedener administrativer Ebenen wird beim Klimaschutzbeauftragten durch die Einbindung in ein Netzwerk gefördert.
Synergie	✓	Beide Formate sind dazu geeignet, Synergien zwischen den Maßnahmen und Plänen verschiedener Fachverwaltungen sowie zwischen privaten und öffentlichen Akteuren zu erfassen und zu nutzen.
Diffusion	✓	Klimaschutzbeauftragte und Leitstelle beschränken ihr Handeln nicht auf die Administration, sondern widmen sich auch der Öffentlichkeitsarbeit. Sie sorgen außerdem für ein „Mainstreaming“ eines bestimmten Themas in verschiedenen Bereichen.
Strategische Orientierung	~	Die strategische Orientierung hängt von den zugrunde liegenden Programmen zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung ab. Bei Beantragung der Stelle des Klimaschutzbeauftragten war ein entsprechendes Dokument der Kommunen Voraussetzung.
Legitimität	✓	Die Legitimität des Instruments ist durch den möglichen Beitrag aller administrativen Akteure groß. Die Prozessgestaltung ist potenziell transparent, die Partizipationsmöglichkeiten anderer Akteure sind beim Klimaschutzbeauftragten größer als bei der Leitstelle.
Institutionelle Verankerung	~	Die Leitstelle ist seit vielen Jahren fester Bestandteil der Verwaltungsstruktur auf Kreisebene, muss sich als freiwillige Leistung allerdings immer wieder aufs Neue legitimieren. Die institutionelle Verankerung des Klimaschutzbeauftragten hängt auch von der Prioritätensetzung in der jeweiligen Gemeinde ab.
Ressourcen	~	Die finanziellen Ressourcen und personellen Ressourcen sind eng begrenzt, die Rolle der Koordination betont den intermediären, vermittelnden und nicht selbst ausübenden Charakter beider Formate. Der Zugang zu benötigtem Wissen scheint gewährleistet.
	✗	

6.2 Zusammenfassung

Der Versuch, Instrumente auf ihren potenziellen Beitrag zu einem Prozess der Klimaanpassung zu testen, zeigt, dass eine einfache und eindeutige Aussage im Sinne von „geeignet“ oder „nicht geeignet“ nicht möglich ist. Die Ausprägungen der angelegten Kriterien zeigen stattdessen in allen Fällen ein differenziertes Bild. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass es nicht möglich ist, ein einzelnes Instrument zu bestimmen, mit dem Klimaanpassung im Modellgebiet Elmshorn und Umland gefördert werden kann. Auch ein eindeutiges Ranking der geeignetsten Instrumente lässt sich aus den oben dargestellten Ergebnissen nicht ableiten. Was sich dagegen zeigt, ist eine Eignung bestimmter Instrumente für bestimmte Anforderungen an eine anpassungsfähige, regionale Governance-Struktur, beispielsweise für Lernprozesse oder die Integration unterschiedlicher Teilnehmer eines partizipativen Prozesses. Der vorliegende Bewertungskatalog sollte daher eher als Checkliste zur Prüfung von Anpassungsprozessen oder zur Weiterentwicklung bestehender Instrumente gesehen und verwendet werden.

Es bleibt allerdings schwer determinierbar, in welchem Ausmaß ein Regelungsformat – und nichts anderes stellen die besprochenen Instrumente dar – überhaupt zu einer erfolgreichen Anpassungsstrategie beitragen kann. Die Eigenschaften eines informellen Instruments sorgen zwar für den strukturellen Rahmen eines kooperativen und partizipativen Prozesses, bilden aber trotzdem nicht mehr als das Gerüst für Interaktionen zwischen den Teilnehmern, die innerhalb dieses Rahmens stattfinden. Die beteiligten Akteure entscheiden über die Wirksamkeit eines Instruments, indem sie es mit kommunikativem Handeln füllen. Ihre Handlungsorientierung und Ressourcen, aber auch der äußere institutionelle Rahmen, das Zusammenwirken mit anderen Instrumenten und situative, nicht vorhersehbare Einflüsse entscheiden darüber, ob das Potenzial einer Regelungsform für einen Beitrag zur Klimaanpassung ausgeschöpft werden kann. Die Aussagen in diesem Kapitel sind also modellgebietsspezifisch und würden vor einer anderen räumlichen und institutionellen Kulisse und bei anderer Akteurskonstellation auch anders ausfallen. Der lokale Kontext bleibt also zentraler Ausgangspunkt jeder Bewertung nach dem hier vorgelegten Schema.

7 Leitbilder als informelle Instrumente der Raumentwicklung

Nancy Kretschmann, Jörg Knieling

Der Begriff Leitbild ist nicht fest definiert. Eine Definition von Lendi (1995: 624) kann als Grundlage dienen: „Der Terminus ‚Leitbild‘ wird mit einer gewissen Präferenz überall dort verwendet, wo es darum geht, einen erwünschten künftigen Zustand als anzustrebendes Ziel vorzugeben“. Folglich wird auf Basis des Ist-Zustandes ein Soll-Zustand entworfen, der sich vom allgemeinen Entwicklungstrend absetzt. Voraussetzung ist, dass dieser Soll-Zustand nicht utopisch, sondern tatsächlich erreichbar ist.

Ein weiteres Merkmal von Leitbildern ist, dass sie von einem Gruppenkonsens getragen werden sollen. Dieser Aspekt steht in engem Zusammenhang mit dem Erstellungsprozess des Leitbildes. Sie werden gemeinsam von den Akteuren und Institutionen formuliert und festgeschrieben, die für die Umsetzung des Leitbildes relevant sind. Wird die Zielvorstellung aufgrund eines breit angelegten Beteiligungsprozesses im Rahmen der Erarbeitung von der Mehrheit der angesprochenen Menschen und Institutionen getragen, steigt die Wahrscheinlichkeit für die erfolgreiche Realisierung der Zielvorstellung (Dehne 2005: 608ff.).

In der Raumplanung finden Leitbilder heutzutage vielfältige Einsatzbereiche in der Planungspraxis und sind ein anerkanntes Instrument, um komplexe Zielvorstellungen zu verschiedenen Themen anschaulich zu konkretisieren und handhabbar zu machen (Kuder 2008: 186). Nahezu jeder Entwicklungsplanung auf kommunaler oder regionaler, Landes- oder Bundesebene ist heute ein Leitbild vorangestellt (Giesel 2007; Haan 2001 und 2002, Knieling 2000, 2004, 2006a und 2006b), obwohl sie einen stark informellen Charakter und damit keinerlei rechtliche Durchsetzungsmöglichkeiten innehaben, sondern auf das Wohlwollen der entsprechenden Akteure für die erfolgreiche Umsetzung angewiesen sind. Dennoch werden Leitbilder z.B. vor formale Pläne wie Flächennutzungspläne oder Regionalpläne vorgeschaltet, da ihnen beim Aushandeln gemeinsamer Ziele eine besondere Rolle zugesprochen wird (Dehne 2005: 613).

7.1 Warum ein Leitbild zur Anpassung an den Klimawandel?

Das Entwickeln von Leitbildern zur Klimaanpassung für Räume ist aus verschiedenen Gründen sinnvoll. Leitbilder sind durch eine hohe Flexibilität geprägt, zum einen hinsichtlich der thematischen Schwerpunktsetzung und des räumlichen Zuschnitts, zum anderen hinsichtlich der am Erstellungsprozess beteiligten Akteure und der kurzfristigen inhaltlichen Anpassung im Fall sich verändernder Rahmenbedingungen. So können Leitbilder explizit zur Klimaanpassung einer Stadt oder Region entwickelt werden. Der räumliche Zuschnitt kann so angepasst werden, dass eine Bearbeitung effektiv ist. Das ist von besonderer Relevanz im Zusammenhang mit Klimafolgen, da Ereignisse wie Hochwasser oder Hitzewellen nicht an administrativen Grenzen Halt machen und entsprechend institutionelle Zuständigkeiten verschiedener Teilräume betreffen (Greiving/Fleischhauer 2008: 62, Frommer 2009: 129, Ritter 2007: 535).

Die Folgen des Klimawandels treten aber nicht nur grenzüberschreitend auf, sondern berühren gleichzeitig verschiedene Fachbereiche wie Gesundheit, Städtebau oder Landwirtschaft, sodass integrativ an dem Thema Klimaanpassung gearbeitet werden sollte (Deutscher Bundestag 2008: 5, Overbeck et al. 2008: 366ff.). Da sowohl verschiedene administrative Einheiten wie auch Sektoren betroffen sind von den Folgen des Klimawandels, ergibt sich daraus eine Vielfalt von Akteuren, die an den Anpassungsprozessen und damit der Leitbilderstellung beteiligt werden (Knieling et al. 2011: 27, Nieuwaal et al. 2009: 7).

Die Flexibilität der inhaltlichen Ausgestaltung ist insofern vor dem Hintergrund des Klimawandels relevant, als dass dessen Folgen nicht eindeutig vorhersagbar sind. Das heißt, das Leitbild zur Klimaanpassung muss mit Unsicherheiten umgehen können und gegebenenfalls kurzfristig an veränderte Gegebenheiten angepasst werden (Deutscher Bundestag 2008, Overbeck et al. 2008). Das ist aufgrund des informellen Charakters von Leitbildern möglich, anders als bei formalen Plänen mit ihren festgelegten und meist langwierigen Aufstellungsintervallen. Klimawandel ist ein dauerhafter Prozess, der sowohl kurzfristig spürbar wird in Form von z.B. Extremereignissen, aber gleichzeitig langfristige Veränderungen wie den Meeresspiegelanstieg oder die allgemeine Klimaerwärmung mit sich bringt, daher ist ein vorausschauendes, generationenübergreifendes Denken erforderlich, das über die Geltungsdauer von planerischen Instrumenten wie Raumordnungsplänen (z.B. Regional-/Flächennutzungspläne) hinausgeht (Biermann 2007: 330, Knieling et al. 2011: 28f.). Dies ist ein weiterer Grund, der für die Aufstellung eines Leitbildes zur Klimaanpassung spricht, da der Zeithorizont jeweils frei wählbar ist. Im Zusammenhang mit dem Klimawandel wären 2050 oder 2100 denkbare Zielmarken (Fleischhauer/Bornefeld 2006: 169, Ritter 2007: 537).

7.2 Inhaltliche Bestandteile eines guten Leitbilds zur Klimaanpassung

Nun stellt sich die Frage, was ein Leitbild zur Klimaanpassung beinhalten sollte. Auf Basis der wissenschaftlichen Diskussion zu Merkmalen von qualitativ hochwertigen

Plänen können verschiedene Bestandteile für ein gutes Leitbild abgeleitet werden, die sich wiederum aus mehreren Unterpunkten zusammensetzen:

Tab. 11: Bestandteile eines guten Leitbildes zur Klimaanpassung (HCU)

Datengrundlage	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse lokaler (Vermögens)Werte • Analyse natürlicher Ressourcen • Analyse der Verwundbarkeit und des Risikos • Bewertung der Verwundbarkeit und des Risikos
Vision	<ul style="list-style-type: none"> • Langzeitvision • Leitlinien • Allgemeine Ziele • Quantifizierte Ziele • Konzept
Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Konkrete Maßnahmen • Priorisierung der Maßnahmen • Mix von Maßnahmen
Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Bestimmung von Zuständigkeiten • Bereitstellung von finanziellen Ressourcen • Definition von Zeitrahmen
Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> • Festlegung von Bewertungskriterien • Bestimmung von Zuständigkeiten • Bereitstellung von finanziellen Ressourcen • Definition von Zeitintervallen

Datengrundlage

Am Anfang der Erstellung eines Leitbildes zur Klimaanpassung steht das Sammeln einer umfassenden Datengrundlage bezogen auf den Gesamttraum. Durch die Analyse relevanter Daten wird die Grundlage für die Problemdefinition und -beschreibung geschaffen, die das grundlegende Fundament für die Formulierung von Zielen und Maßnahmen im Rahmen der Leitbildentwicklung bildet (Brody 2003: 196). Insbesondere für den Umgang mit Naturgefahren, wie sie sich beispielsweise aus dem Klimawandel ergeben, unterstützt eine Datengrundlage, die möglichst spezifisch die lokalen Gegebenheiten und funktionalen Verflechtungen wiedergibt, abstrahiert und analysiert, die effektive Ziel- und Maßnahmenentwicklung (Potschin 2010: 660).

Diese Datengrundlage setzt sich aus verschiedenen Bestandteilen zusammen. Zunächst gilt es, die lokalen (Vermögens)Werte zu identifizieren. Zu diesen zählen folgende Aspekte:

- Lokale Bevölkerung und Bevölkerungsentwicklung
- Bestehende und geplante/notwendige Infra- und Siedlungsstrukturen,

- Kulturell bedeutsame Orte, Bauten und Nutzungen,
- Existierende und zukünftige Wirtschaftsstruktur und Landnutzung (Baker 2012: 131, Berke 2009).

Es sind jeweils heutige und zukünftige Rahmenbedingungen und Entwicklungen bzw. mögliche Veränderungen von als relevant angesehenen (Vermögens-)Werten vor dem Hintergrund von Klimawandel und Klimafolgen zu berücksichtigen. Zukünftige Entwicklungen werden über Prognosen und Modelle ermittelt, die die lokale Situation jeweils in angemessener Weise wiedergeben.

Hinzu kommt die Analyse der natürlichen Ressourcen. Diese umfassen zwei Dimensionen: natürliche Bestandteile eines Raums, die von ökonomischem Wert für die (lokale) Bevölkerung sind (u.a. Zustand von Böden und Gewässern) sowie natürliche Bestandteile eines Raumes, die aufgrund ihres eigenen Wertes oder ihrer Bedeutung für eine langfristig nachhaltige Entwicklung von Bedeutung sind (u.a. Biodiversität von Tier- und Pflanzenpopulationen, kultureller Wert von Landschaften) (UNFAO 1995: 7). Diese Bestandsaufnahme erfolgt zunächst ohne die

Berücksichtigung von möglichen (negativen) Einflüssen von Klimafolgen auf lokale Werte und Ressourcen, was aber im Rahmen der Analyse und Bewertung der Verwundbarkeiten und des Risikos ergänzt wird.

Eine Einheit wie beispielsweise ein Quartier, eine Stadt oder eine Region sind dann verwundbar und entsprechend einem Risiko ausgesetzt, wenn sie nicht in der Lage sind, mit Klimafolgen oder Extremereignissen umzugehen und sich von deren Einflüssen zu erholen. Die Analyse der Verwundbarkeit und des Risikos basiert daher auf der Analyse der lokalen (Vermögens)Werte und der natürlichen Ressourcen und wird entsprechend ergänzt um die möglichen klimatischen Veränderungen und Auswirkungen des Klimawandels. Das heißt, es werden die möglichen Klimafolgen für alle gesellschaftlichen (Teil)Einheiten wie

Bevölkerungsgruppen, Raumnutzungen, Bauformen, Biotope oder Wirtschaftssektoren analysiert und das räumlich differenziert (Birkmann 2008: 16ff.). Dies dient dazu, besonders gefährdete Bereiche zu identifizieren.

Wie mit Ergebnissen der Verwundbarkeits- und Risikoanalyse umgegangen wird und welche Vision und Maßnahmen auf dieser Grundlage entwickelt werden, ist entscheidend davon abhängig, wie diese bewertet werden. Hier spielt zum einen das gesellschaftlich akzeptierte Risiko eine wichtige Rolle, das sich aus Abwägung und Bewertung der ökonomischen Effizienz, sozialen Gerechtigkeit und ökologischen Integrität möglicher Maßnahmen zur Reduzierung von Risiken ergibt (Klijn et al. 2012: 7f.).

Vision

Sind die notwendigen Daten inklusive des potenziellen Risikos erhoben, wird auf dieser Basis eine Vision für den Bezugsraum, beispielsweise die Region, entwickelt. Die Vision setzt sich aus mehreren Bestandteilen zusammen, beginnend mit der Langzeitvision. Die nachfolgenden Schritte dienen der Konkretisierung der Langzeitvision und umfassen neben den Leitlinien Ziele und ein Konzept. Die Langzeitvision gibt auf eine anschauliche Weise ein idealtypisches Bild des angestrebten Sollzustandes einer klimaangepassten Region wieder. Dies kann in Wort und Bild erfolgen, entscheidend ist, dass ein konkreter Raumbezug besteht. Der Titel dieser Vision zur Klimaanpassung ist von besonderer Relevanz, um sie auch emotional aufzuladen und darüber zu verankern. Dazu muss der Titel einprägsam sein, die dahinterstehende Botschaft ausdrücken und den Gegenstand der Planung gegenüber der Öffentlichkeit vermitteln. Aussagekräftige Metaphern fördern dies (Faludi 1996: 97).

In Form von Leitlinien werden dann die drei bis vier Handlungsschwerpunkte festgelegt, an denen gearbeitet werden muss, um die Langzeitvision erreichen zu können. Ziele wiederum beziehen sich direkt auf diese

Handlungsschwerpunkte und konkretisieren diese inhaltlich. Allgemeine Ziele spiegeln generelle Ansprüche wider, dienen der Problemminderung und damit dem Erreichen des Soll-Zustandes, der in der Langzeitvision formuliert wird. Sie können sowohl den Gesamttraum als auch Teilräume betreffen. Allerdings handelt es sich bei Zielen auf dieser Ebene um Richtungsweisungen, die noch nicht mit konkreten Handlungs- und Gestaltungsanleitungen verbunden sind. Quantifizierte Ziele sind hingegen deutlich konkreter und dienen im Nachhinein der Erfolgskontrolle, bezogen auf die Leitbild-Umsetzung (Faludi 1996: 97).

Das auf der Langzeitvision, Leitlinien und Zielen aufbauende Konzept dient der Verbesserung der praktischen Realität, indem es die langfristige Landschafts- und Siedlungsentwicklung skizziert. Das heißt, es wird nicht nur der Endzustand konkreter als in der Langzeitvision dargestellt, sondern stufenweise die einzelnen Entwicklungsschritte vom heutigen Zustand zum angestrebten künftigen Zustand des Bezugsraums aufgezeigt (Henckel 2010: 21).

Maßnahmen

Im nächsten Schritt erfolgt das Formulieren konkreter Maßnahmen zur Klimaanpassung. Diese Maßnahmen müssen mit der eingangs durchgeführten Landeignungsanalyse korrespondieren sowie räumlich spezifisch sein. Sie beinhalten entsprechend Handlungs- und Gestaltungsvorgaben für die zukünftige öffentliche und private Nutzung des Bezugsraums, die die Bereiche Landnutzung, Infrastruktur und Freiraum betreffen (Fichter 2010: 132). Sie sind so konkret zu formulieren, dass sich daraus bestimmte Aktionen ergeben. Die einzelnen Maßnahmen sind zudem anhand von nachvollziehbaren Kriterien zu konkretisieren, da je nach lokaler Problemlage andere Maßnahmen als sinnvoll erscheinen können beziehungsweise einen größeren positiven Effekt haben (Baker 2012: 131).

Zudem bedarf es eines Mix von Anpassungsmaßnahmen, die auf die unterschiedlichen Faktoren einwirken, welche die Verwundbarkeit der Region beeinflussen. Dazu sollten die Maßnahmen:

- das Ausgesetztsein gegenüber den Klimafolgen begrenzen (Exposition),
- die Anfälligkeit gegenüber den Klimafolgen verringern (Sensitivität) und
- die Anpassungsfähigkeit gegenüber den Klimafolgen erhöhen (Anpassungskapazität) (Smit et al. 2000: 236).

Umsetzung

Zur erfolgreichen Implementierung der Leitbild-Inhalte bedarf es einer detaillierten Umsetzungsstrategie, die gleichzeitig der Erfolgskontrolle dient. Dazu müssen die verfügbaren lokalen Ressourcen zielgerichtet gelenkt werden, um so eine Verpflichtung zur Durchführung der festgelegten Maßnahmen zu bewirken (Berke 2009: 230f.). Entsprechend muss sich die Umsetzungsstrategie aus folgenden Bestandteilen zusammensetzen: die Bestimmung von Zuständigkeiten, die Bereitstellung von finanziellen Ressourcen und die Definition von Zeitrahmen zur Umsetzung.

Die Bestimmung von Zuständigkeiten ist im Zusammenhang mit Klimaanpassung von besonderer Relevanz, da – wie oben dargestellt – unterschiedliche Wechselwirkungen zwischen Akteuren, Verwaltungsebenen und Sektoren bestehen (Knieling 2011: S. 27). Entsprechend ist eine erfolgreiche Maßnahmenumsetzung von einer Vielzahl von Akteuren abhängig, woraus sich die Notwendigkeit einer klaren Bestimmung von Zuständigkeiten über die Nennung von entsprechenden Akteuren, Institutionen, Organisationen u.ä. ergibt.

Gleichermaßen sind finanzielle Ressourcen bereitzustellen. Dazu bedarf es zunächst einer umfassenden Kostenschätzung. Es ist das Ziel, über das Kalkulieren und Bereitstellen von finanziellen Ressourcen die Maßnahmenumsetzung zu fördern und somit zu beschleunigen. Neben diesen beiden Aspekten bedarf es einer detaillierten Zeitplanung zur wirkungsvollen Umsetzung des Leitbildes und der beinhaltenden Maßnahmen in einem angemessenen Zeitrahmen (Potschin 2010: 662f.). Dazu benötigt es nicht nur das Festlegen einer Zeitspanne für die finale Umsetzung des Plans, sondern gleichermaßen eine ausführliche Terminplanung für die einzelnen Entwicklungsschritte auf dem Weg dorthin. Vor dem Hintergrund des voranschreitenden Klimawandels ist das Festlegen von Zeitrahmen nicht unerheblich. Zwar müssen Leitbilder insgesamt deutlich langfristiger gedacht werden als in der Vergangenheit – beispielsweise Zeithorizont 2100 –, allerdings sind die Folgen des Klimawandels bereits jetzt spürbar und insbesondere das vermehrte Auftreten von Extremereignissen (Starkniederschlägen) kann schon heute zu großen Problemen/Schäden in nicht angepassten Bereichen führen.

Monitoring

Die Bewertung der Umsetzung des Leitbildes in Form eines fortlaufenden Monitoring-Prozesses ist notwendig, um erreichte Veränderungen, Folgen und Erfolge der Implementation nachzuvollziehen und ggf. Veränderungen vor dem Hintergrund geänderter Rahmenbedingungen, Erfahrungen und Folgen aus der Maßnahmenplanung und -realisierung zu berücksichtigen. Das Monitoring ist dabei als kontinuierlicher Prozess bereits während der

Plan- bzw. Konzeptentwicklung zu entwerfen. Um dies zu ermöglichen, müssen die Methoden der Evaluation bereits im Rahmen der Konzepterstellung festgelegt werden. Das heißt, es werden Bewertungskriterien definiert, Zeitintervalle für die Bewertungen festgelegt, Verantwortung eindeutig zugewiesen sowie notwendige finanzielle Ressourcen für den Aufbau eines Monitorings vorgesehen (Oliveira 2009: 37).

7.3 Maßnahmen zur Erstellung eines klimaangepassten Leitbildes für das Modellgebiet Elmshorn und Umland

Das Leitbild ist ein sinnvolles Instrument zur Steuerung und Umsetzung des Anpassungsprozesses, da es komplexe Zielvorstellungen anschaulich konkretisieren und handhabbar machen kann. Das Ziel des Leitbildprozesses ist es, auf Basis einer umfassenden Problemanalyse einen Entwurf des Soll-Zustandes zu erstellen und den Weg zur Realisierung mittels Zielen, Maßnahmen und Vorgaben zur Umsetzung zu begleiten. Sowohl die Themenschwerpunkte als auch der Raum- und damit der Akteurszuschnitt sind frei wählbar. Die Themenschwerpunkte für ein klimaangepasstes Leitbild für das Modellgebiet Elmshorn und Umland ergeben sich aus den wesentlichen Klimafolgen für die Region, sodass der Fokus auch hier auf dem Wasserthema liegt. Dennoch sollte eine generelle Offenheit des Leitbildes gewährleistet sein, um auch andere Aspekte, die den Klimawandel betreffen, einfließen lassen zu können. Dies kann auf-

grund von Synergien zwischen auf Wasser bezogenen Maßnahmen und z.B. Maßnahmen zum Klimaschutz (z.B. Waldmehrung) oder Maßnahmen zur Sicherung der Biodiversität notwendig und sinnvoll sein. Zusätzlich muss das Leitbild Klimaanpassung zu den Zielen anderer Politikfelder passen und aktuelle politische Prozesse und bestehende Trends/Ziele (z.B. Elmshorn als wachsende Stadt, Strukturwandel, Revitalisierung der Innenstadt, Entwässerungsproblematik, Tourismus) berücksichtigen.

Für das Gelingen eines Leitbildprozesses ist ein breiter Konsens maßgeblich. Diesen erreicht man lediglich durch umfangreiche Beteiligung der Bevölkerung, da diese Verständnis und Akzeptanz für politische Entscheidungen generieren kann. Ein weiterer Vorteil ist das zusätzlich zu generierende Wissen, das die unterschiedlichen Akteure in die Leitbilderstellung einbringen. Dies kann z.B. das

spezifische Wissen über konkreten Problemlagen vor Ort sein, welches den Experten möglicherweise fehlt. Positiver Nebeneffekt ist, dass das Thema Klimaanpassung in der Öffentlichkeit präsent ist und dadurch auch die Politik und Verwaltung angehalten sind, sich langfristig mit dem Thema auseinanderzusetzen.

Grundlage eines jeden Leitbildes ist eine umfassende Raumanalyse (siehe Kap. 2 und 3), um die Verwundbarkeiten und Risiken, die sich aus dem Klimawandel ergeben, zu ermitteln. Dafür ist ein umfassendes Bild über die Ausgangslage/ den Betrachtungsraum mit allen Daten auf dieser Ebene notwendig. Für das Modellgebiet sind bereits zahlreiche Daten wie z.B. die des Statistikamtes Nord, Flächennutzungspläne oder Hochwasserrisikokarten vorhanden. Allerdings decken diese lediglich Teilräume des Modellgebietes ab und wurden für den Raumzuschnitt des Modellgebietes bisher noch nicht zusammenhängend erhoben und analysiert. Diese umfassende Raumanalyse ist notwendig für Entwicklung der Maßnahmen und einer zielführenden Umsetzung des Leitbildes.

Für einen erfolgreichen Erstellungsprozess ist eine klare Zielsetzung notwendig, um ein greifbares Produkt zu entwickeln. Damit dieses partizipative Instrument motivierend auf alle Akteure wirkt, ist eine neutrale und faire Moderation von großer Wichtigkeit. Des Weiteren bleibt die Motivation der Akteure nur erhalten, wenn

die erarbeiteten Ergebnisse eine Chance haben, in den politischen Prozess eingespeist zu werden. Daher ist es wichtig, den Entscheidungsspielraum klar darzulegen, um Enttäuschungen zu vermeiden. Längerfristige Formate, die durch regelmäßige Veranstaltungen gestaltet werden, erhöhen die Chance auf gemeinsames Lernen und den Aufbau von Sozialkapital. Hierbei kann auf bereits bestehende Formate (siehe Kapitel 6) zurückgegriffen werden, um eine ‚Übernutzung‘ wichtiger Akteure zu vermeiden und einen Bezug zu konkreten, bestehenden Problemen herzustellen.

Da der Klimawandel langwieriger Prozess ist, dessen tatsächliche Folgen heute nicht sicher prognostiziert werden können, ist eine regelmäßige Überprüfung der angelegten Prognosen von großer Wichtigkeit. Wird das Leitbild zunächst für die nächsten 10 bis 20 Jahre entwickelt, braucht es eine kontinuierliche Fortschreibung und ist an geänderte Rahmenbedingungen, Prognosen entsprechend inhaltlich anzupassen (Monitoring). Bei einem Leitbild handelt es sich zwar um ein informelles Instrument der Planung, es kann aber durch darauf aufbauende Festlegungen in Flächennutzungs- und Bauleitpläne Verbindlichkeit entfalten. Das Leitbild fungiert somit als Rahmen für die Anpassungsprozesse bzw. Maßnahmenumsetzung auf der lokalen Ebene, was es zu einem sinnvoll einsetzbaren Instrument für das Modellgebiet macht.

7.4 Zusammenfassung

Klimaanpassung ist eine komplexe Aufgabe, die geprägt ist von unterschiedlichen Wechselwirkungen zwischen Akteuren, Verwaltungsebenen und Sektoren. Zudem decken sich die institutionellen Zuständigkeiten nicht zwingend mit den (natur-)räumlichen Bezugsgrößen (das gilt insbesondere im Zusammenhang mit Gewässereinzugsgebieten). Entsprechend ist die Maßnahmenumsetzung von einer Vielzahl von Akteuren abhängig, was die Bestimmung der Zuständigkeiten notwendig macht, die im Leitbild klar zu benennen sind. Es gibt bereits jetzt Problemlagen, die kurzfristig bearbeitet werden können oder müssen. Langfristige, schleichende Klimafolgen können dann auch auf lange Sicht bearbeitet werden. Was aber

nicht heißt, dass abgewartet wird, bis die langfristigen Probleme auflaufen, um dann nach Lösungen zu suchen. Aufgrund der unterschiedlichen Zeithorizonte, in denen sich der Klimawandel auf das Modellgebiet auswirkt, ist die Definition von Zeitintervallen für die Umsetzung der Anpassungsmaßnahmen unumgänglich. Hier bietet sich eine Unterteilung in kurz-, mittel- und langfristige Umsetzung an. Neben den Zuständigkeiten stellt sich die Frage nach der Finanzierung. In dem Zusammenhang stellen sich Fragen des Kosten-Nutzen-Ausgleichs sowie nach möglichen Förderwegen von EU, Bund oder Ländern, die zu klären sind.

8 Zusammenfassung der zentralen Aussagen und Handlungsempfehlungen

Im Rahmen des Verbundvorhabens KLIMZUG-NORD wurden die regionalen Auswirkungen des Klimawandels in der Metropolregion Hamburg für repräsentative Modellgebiete untersucht. Eines von insgesamt sechs Gebieten ist das Modellgebiet Elmshorn und Umland, das stellvertretend für den Typ Mittelzentrum im Umland einer Großstadt ausgewählt wurde.

8.1 Was sind die wesentlichen Ergebnisse?

Klimaänderung

Für die Zukunft ist zu erwarten, dass sich das Klima zunehmend ändert. Hauptverantwortlich für die Änderungen sind die Treibhausgasemissionen des Menschen, die zu einer globalen Erwärmung führen. Klimaprojektionen zeigen, dass je nach Entwicklung der künftigen Emissionen der Anstieg stärker oder moderater ausfallen wird. Eine sich zum Ende des 21. Jahrhunderts verstärkende Erwärmung ist aber in jedem Fall zu erwarten. Verschiedene regionale Klimaprojektionen zeigen für das Gebiet zur Mitte des 21. Jahrhunderts einen Anstieg der mittleren Temperatur um 1 - 3 K im Winter und 1 - 1,5 K im Sommer gegenüber der Referenzperiode 1971 - 2000. Im Frühjahr, Herbst und Winter ist mit zunehmenden Niederschlagsmengen zu rechnen. Zudem ist ganzjährig mit einer Häufung von

Starkregenereignissen zu rechnen. Bis zum Ende des Jahrhunderts zeigen die Projektionen stärker ausgeprägte Trends. Mit dem Anstieg der globalen Temperatur geht ein Anstieg des globalen mittleren Meeresspiegels einher. Dieser hat auch Einfluss auf die Nordsee, deren Tidegeschehen die Wasserstände in der Elbe und ihren Nebenflüssen, wie die Krückau, prägt.

Die Untersuchungen im Rahmen von KLIMZUG-NORD haben ergeben, dass das Modellgebiet Elmshorn und Umland insbesondere von der Veränderung des Niederschlagsgeschehens sowie dem Meeresspiegelanstieg signifikant beeinflusst wird, während der Temperaturanstieg eine untergeordnete Rolle spielt.

Auswirkungen und Folgen:

Die Zunahme der Niederschlagsmengen und die Häufung von Starkregenereignissen führen einerseits zu häufigeren und höher ausfallenden Hochwasserabflüssen in der Krückau und andererseits zu größeren Direktabflüssen von versiegelten Flächen. Die steigenden Tidewasserstände haben einen negativen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit

der Krückau als Vorfluter, die mit zunehmendem Meeresspiegelanstieg immer weiter zurückgeht. Dementsprechend ist die Stadt Elmshorn von mehreren Seiten durch das Wasser bedroht. Abbildung 55 gibt eine Übersicht über die Auswirkungen des Klimawandels und die Folgen für das Modellgebiet Elmshorn und Umland.

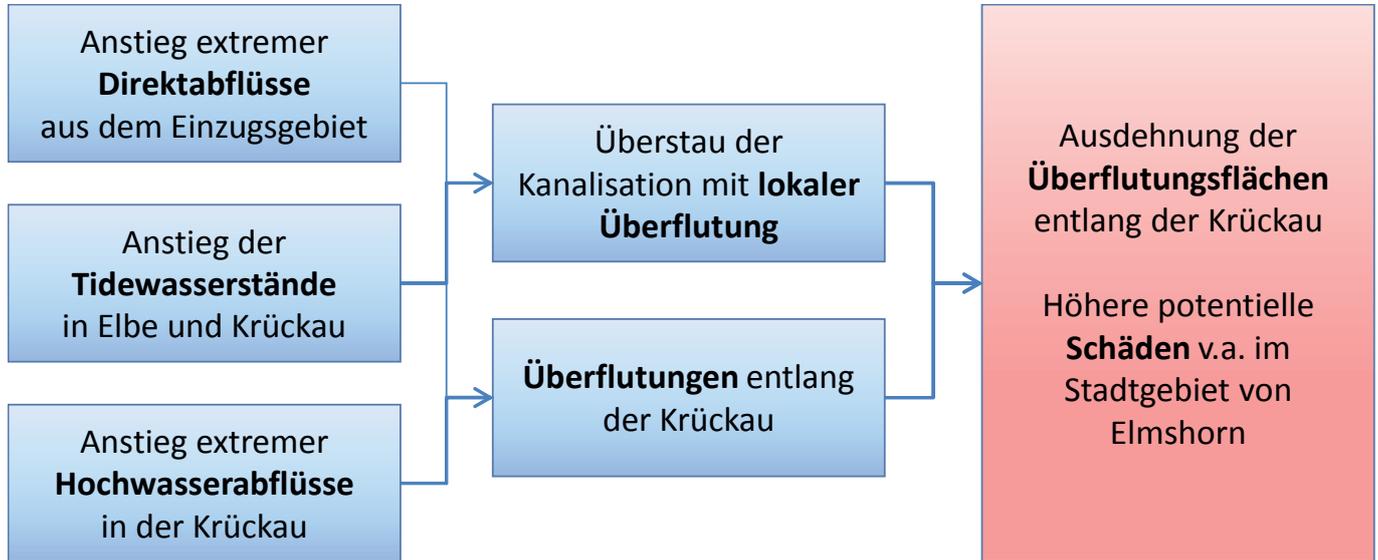


Abb. 55: Auswirkungen und Folgen des Klimawandels im Modellgebiet Elmshorn und Umland (TUHH)

Anpassungsoptionen:

Die negativen Folgen des Klimawandels für den Hochwasser- und Überflutungsschutz am Unterlauf der Krückau können durch verschiedene Maßnahmen reduziert oder kompensiert werden. KLIMZUG-NORD hat zwei Strategien entwickelt, um das Modellgebiet Elmshorn und Umland an die Folgen des Klimawandels anzupassen. Beide Strategien dienen hauptsächlich der Reduzierung der Hochwasser- und Überflutungsgefahr durch die Absenkung in der Krückau des Wasserstandes (vgl. Abb. 56).

Die Untersuchungen zeigen, dass im gesamten Modellgebiet Anpassungspotenziale bestehen. Die angegebenen Größen zur Wasserstandsabsenkung dienen der Orientierung. Es fällt auf, dass vor allem durch Schaffung von Überlaufpoldern hinter den Deichen eine sehr große Wirkung erzielt werden kann. Im Sinne einer robusten Anpassung sollten allerdings mehrere Maßnahmen in einem integrierten Wasserkonzept berücksichtigt werden, um die bestehenden Unsicherheiten zu berücksichtigen und flexibel auf kurzfristige Änderungen reagieren zu können.

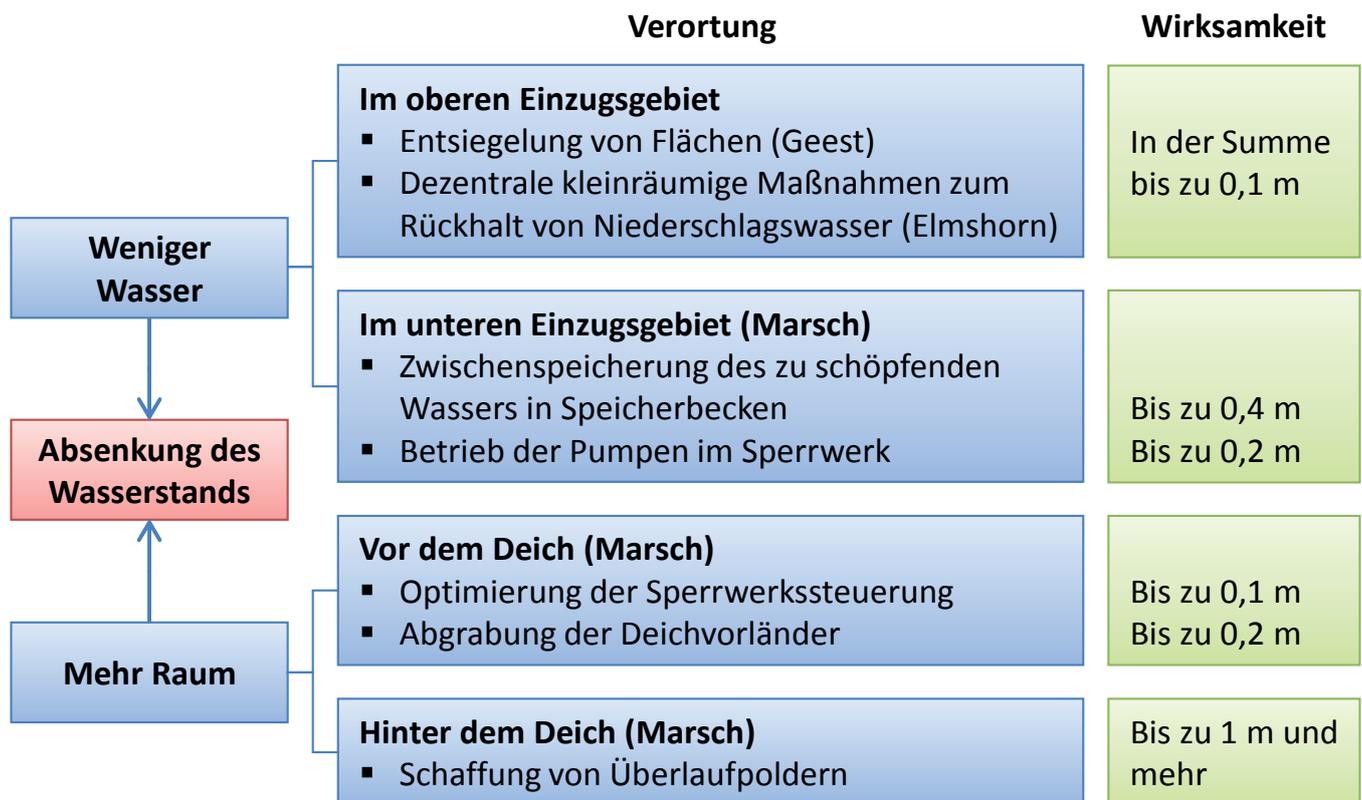


Abb. 56: Potenziale der untersuchten Anpassungsmaßnahmen im Einzugsgebiet zur Reduktion des maximalen Wasserstandes im Elmshorner Hafen (TUHH 2014)

Sensibilisieren und Beteiligen

Nahezu alle genannten Maßnahmen erfordern tiefgreifende Änderungen der allgemein vorherrschenden Denkweisen (Deicherhöhung als zentrales Element der Anpassung an steigende Wasserstände) und bestehender Strukturen (Raum- und Flächennutzung). Zudem kann die Stadt Elmshorn, aufgrund von funktionalen Verflechtungen im Einzugsgebiet die in ihrem Gebiet auftretenden Probleme nur bedingt selbst beeinflussen und ist auf die Zusammenarbeit mit ihren Umlandgemeinden angewiesen. Diese beiden Aspekte machen eine Beteiligung aller betroffenen Akteure zu einer essenziellen Voraussetzung für eine erfolgreiche Klimaanpassung. Durch KLIMZUG-NORD wurden Akteure und die Öffentlichkeit durch verschiedene Beteiligungsprozesse sensibilisiert

und über Hintergründe und Chancen informiert. Es wurden gemeinsam mit Fachleuten, Politikern und Bürgern mögliche Klimafolgen aufgezeigt und Lösungen sowie Wege der Umsetzung diskutiert.

Die Vielfalt der für die Klimaanpassung relevanten Akteure macht eine gründliche Analyse nötig: Wer ist beteiligt und in welchen Strukturen bewegen sich die im Bereich Klimaanpassung handelnden Akteure? Die Ergebnisse der Akteursbefragung machen die spezifische Ausgangssituation des Modellgebiets deutlich, auf die mit einer individuell zugeschnittenen Form der Kooperation geantwortet werden muss.

Wie das Beispiel des Onlinediskurses www.elmshorn-kli-maanpassung.de aufzeigt, lassen sich die Bürgerinnen und Bürger durchaus auf die Diskussion zu komplexen Fragestellungen wie der Klimaanpassung ein – auch wenn die direkte Betroffenheit heute noch gering erscheint. Solche Beteiligungsprojekte müssen jedoch gut beworben und mit verständlichen Hintergrundinformationen versehen werden, die sich die Menschen während des Prozesses aneignen können.

Insbesondere bei Beteiligungsprojekten zur Vermittlung und Erörterung wissenschaftlicher Themen ist es jedoch

erforderlich, ausreichend Raum für eine Annäherung der differierenden Kenntnisstände der Beteiligten einzuplanen – seien es nun die der Öffentlichkeit und der Experten oder die von Vertretern und Vertreterinnen unterschiedlicher Fachrichtungen untereinander. Dies ließ sich bereits in der Lern-Aktionsallianz (LAA) mit den Vertretern und Vertreterinnen von relevanten Behörden und Verbänden beobachten – zumal die Teilnehmenden einerseits verschiedenen Fachbereichen und andererseits unterschiedlichen räumlichen Zuständigkeitsebenen angehörten.

8.2 Handlungsempfehlungen

Die Arbeiten von KLIMZUG-NORD im Modellgebiet haben dazu beigetragen, die Notwendigkeit der Klimaanpassung zu verdeutlichen. Allerdings haben die Arbeiten auch gezeigt, dass Klimaanpassung bei raumplanerischen oder wasserwirtschaftlichen Entscheidungen und Planungen derzeit fast keine Berücksichtigung findet. Eine Anpassungsstrategie für das Einzugsgebiet der Krückau erfordert einige weitere Schritte. Zusammenfassend leiten sich aus den Ergebnissen der Untersuchungen für das Modellgebiet Elmshorn und Umland folgende Handlungsempfehlungen, die auch auf andere Städte mit vergleichbarer Problemlage übertragbar sind, ab.

Empfehlung 1: Anpassungsmaßnahmen auf den Hochwasserschutz konzentrieren

Für eine erfolgreiche Klimaanpassung ist die Fokussierung auf konkrete Handlungsfelder erforderlich. Das Modellgebiet Elmshorn und Umland wird von den zukünftig drohenden Folgen des Klimawandels betroffen sein. Dabei sind die Veränderung der Niederschlagsverteilung, Starkregenereignisse und die Erhöhung des Meeresspiegels von besonderer Relevanz. Diese Veränderungen führen dazu, dass im Modellgebiet Elmshorn und Umland zukünftig mit häufiger auftretenden und höher ausfallenden Überflutungen entlang der Krückau und vor allem mit häufigeren lokalen Überflutungen im Stadtgebiet zu rechnen ist. Daher ist der Hochwasserschutz mit dem Schwerpunkt Regenentwässerung das zu bearbeitende Kernthema bei Anpassung des Modellgebietes an den Klimawandel.

Empfehlung 2: Bestehende Defizite beheben

Der Hochwasserschutz an der Krückau weist bereits heute Defizite auf. Die nordwestliche Innenstadt ist nur durch eine schmale Geländekante, deren Höhe deutlich niedriger ist als die auslaufende Deichlinie, geschützt. Ein integriertes Hochwasserschutzkonzept, welches den Umgang mit Flusshochwasser und der Regenentwässerung (aus städtischem Gebiet und aus der Marsch) behandelt, fehlt in der Modellregion bislang komplett.

Empfehlung 3: Kontinuität und Weitblick sicherstellen

Der Klimawandel wird sich auf zwei Arten bemerkbar machen: Zum einen in Form von Extremereignissen wie Starkniederschläge und Sturmfluten, die den Handlungsbedarf offensichtlich werden lassen. Zum anderen werden schleichende Veränderungen wie der Meeresspiegelanstieg die Situation im Modellgebiet verschärfen. Daher ist die Dringlichkeit zum Handeln nicht offensichtlich, was wiederum die nur geringe Relevanz des Themas Klimaanpassung in der Politik bedingt. Klimawandel ist ein kontinuierlicher und langwieriger Prozess und muss daher langfristig angegangen werden und steht damit im Gegensatz zu kurzzeitigem politischen Denken und Wahlversprechen. Ein reaktives Handeln im Zusammenhang mit Extremwetterereignissen greift zu kurz, weshalb das Thema Klimaanpassung im Modellgebiet schon jetzt und dann kontinuierlich auf die politische Agenda gehört. Die Chance eines rechtzeitigen Handelns liegt darin, auch Anpassungsmaßnahmen in Betracht ziehen zu können, die vom Grundsatz her sehr wirksam sind, aber einen Paradigmenwechsel erfordern. Da dieser u.a. Änderungen der allgemein vorherrschenden Denkweisen (Deicherhöhung als zentrales Element der Anpassung an steigende Wasserstände) und bestehender Strukturen (Raum- und Flächennutzung) erfordert, erscheint dieser Wechsel nur in einer mittel- bis langfristigen Perspektive möglich.

Empfehlung 4: Anpassungsmaßnahmen im gesamten Einzugsgebiet umsetzen

Um eine effektive und effiziente Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu erreichen, sollten verschiedene Maßnahmen im gesamten Einzugsgebiet umgesetzt werden. Die Strategien „Weniger Wasser für den Fluss“ und „Mehr Raum für den Fluss“ sind als gleichwertig anzusehen und sollten beide verfolgt werden.

Weniger Wasser für den Fluss

- (Teil-) Entsiegelung von Flächen im oberen Einzugsgebiet zur verstärkten Versickerung von Niederschlagswasser
- Reaktivierung und Ausbau des ehemaligen Grabensystems in Elmshorn zum Rückhalt von Niederschlagswasser
- Dachbegrünung von Gebäuden zum Rückhalt von Niederschlagswasser
- Schaffung multifunktionaler Flächen im öffentlichen Raum zur temporären Speicherung von Niederschlagswasser
- Vermeidung des Schöpfwerksbetriebs während der langandauernden Sperrzeiten des Sperrwerks durch
 - Zwischenspeicherung in Rückhaltebecken
 - Vorratsentwässerung des Grabensystems vor Sturmflutereignissen
- Betrieb der Pumpen im Sperrwerk während langandauernder Sperrzeiten des Sperrwerks und hohen Oberwasserzuflüssen

Mehr Raum für den Fluss

- Früheres Schließen des Sperrwerks bei angekündigten schweren Sturmfluten zur Vergrößerung des verfügbaren Stauraumes
- Reduktion der Geländehöhen der Deichvorländer zur Vergrößerung des verfügbaren Stauraumes
- Schaffung von neuem Stauraum hinter dem Deich in Form von Überlaufpoldern zur Vergrößerung des verfügbaren Stauraumes ab bestimmten Wasserständen

Die genannten Maßnahmen sind grundsätzlich zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels geeignet. Eine Wirksamkeitsanalyse für den Hochwasserschutz wurde durchgeführt. Die nächsten durchzuführenden Schritte lauten:

- Prüfung der Machbarkeit
- Bewertung des wirtschaftlichen und umweltpolitischen Nutzens
- Planung konkreter Maßnahmen
- Erwerb von Flächen oder Schaffung eines Entschädigungssystems
- Umsetzung der Maßnahmen

Empfehlung 5: Informieren und sensibilisieren

Der Klimawandel und seine Folgen sind komplex und durch vielfältige Wirkungszusammenhänge geprägt. Daher ist es notwendig, die Thematik für die unterschiedlichen Akteursgruppen verständlich aufzuarbeiten und zu kommunizieren. Das Herstellen des Verständnisses für die Problematik ist die Grundlage für eine Handlungsbereitschaft. Im Rahmen der Arbeit im Modellgebiet sind bereits Instrumente zur Information und Beteiligung angewandt worden. Die Erfahrungen der Lern- und Aktionsallianz zeigen, dass die Teilnehmer durch das Format ein besseres Verständnis und damit Bewusstsein für die Problematik entwickeln und dieses komplexe Thema besser greifen können - auch, was Klimawandel für die eigene Fachdisziplin bedeutet. Sowohl die Forschung als auch die Praxis konnten in diesem Rahmen voneinander lernen und in einen Austausch treten. Der Online-Diskurs war ein erstes Beispiel eines Informations- und Beteiligungsformats für die breite Öffentlichkeit. Auch der Austausch der Öffentlichkeit mit Fachexperten sollte für die direkte Klärung von Fragen ermöglicht werden, um die einseitige Information durch interaktiven und diskursiven Austausch zu ergänzen. In diesem Rahmen kann zudem der gemeinsame Mehrwert von Anpassungsmaßnahmen nahegebracht werden, was die Akzeptanz für die notwendigen Maßnahmen erhöht. Entsprechend ist eine umfassende und zielgruppenspezifische Aufklärung dringend erforderlich.

Empfehlung 6: Kooperieren

Klimafolgen machen weder an administrativen Grenzen halt, noch betreffen sie nur einzelne Personengruppen oder Sektoren wie die Landwirtschaft. Da die Ursachen der Folgen zudem nicht zwangsweise an dem Ort bekämpft werden können, wo sie zutage treten, kann eine erfolgreiche Lösung nur über ein gemeinsames Handeln umgesetzt werden. Mit der SUK ist bereits ein erfolgreicher Ansatz zur interkommunalen Zusammenarbeit etabliert, allerdings erfordert die Bearbeitung des Themas Klimaanpassung einen anderen räumlichen Zuschnitt und damit weitere Akteure: das gesamte Modellgebiet, d. h. alle Kommunen, die direkt oder indirekt von der Krückau betroffen sind, sind angesprochen. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen zu realisieren, die tatsächlich die Ursache bekämpfen. Ein Beispiel dieses integrierten Ansatzes ist die Neuausweisung von Baugebieten. Durch eine interkommunale Abstimmung kann ein Austausch über Versickerungsprobleme, Grundwasserstand und lokale Überflutungen stattfinden. Daher ist für eine erfolgreiche Klimaanpassung eine das gesamte Modellgebiet umfassende Kooperation unumgänglich.

Empfehlung 7: Koordinierungsstelle Klimaanpassung einrichten

Das Interessenspektrum bei dieser Vielzahl an Gemeinden und Akteuren ist groß. Um dem sich daraus entwickelnden Konfliktpotenzial entgegenzuwirken, ist die Einrichtung einer übergeordneten Koordinationsstelle für die Bearbeitung von Klimaanpassung im Modellgebiet sinnvoll. Eine zentrale Stelle kann bei der Anpassung an den Klimawandel unterstützend wirken. Zu den Aufgaben der Stelle könnten auch die Koordination der Zusammenarbeit, die Entwicklung und Durchführung von zielgruppenspezifischen Informations- und Beteiligungsangeboten oder auch die Steuerung des Leitbildprozesses gehören. Damit eine zentrale Stelle bei allen Gemeinden anerkannt wird, muss die eingesetzte Person / das Team neutral sein. Eine Institutionalisierung ist sinnvoll und kann den Anpassungsprozess des Modellgebiets Elmshorn und Umland gezielt vorantreiben.

Glossar

C

CLM: Auf Grundlage des Lokal-Modells des Deutschen Wetterdienstes (DWD), von der HZG, dem PIK Potsdam und der BTU Cottbus entwickeltes regionales Klimamodell.

Copula: Funktion, die einen Zusammenhang zwischen mindestens zwei Randverteilungsfunktionen verschiedener Zufallsvariablen und ihrer gemeinsamen Wahrscheinlichkeitsverteilung angibt.

E

ECHAM5-MPIOM: Am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg auf Grundlage des globalen Wettervorhersagemodells des ECMWF entwickeltes globales Klimamodell ECHAM5, gekoppelt mit dem am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg entwickelten Ozean- und Meereismodell MPIOM.

Einzugsgebiet (Hydrologie): Das Gebiet bzw. die Fläche, die in ein bestimmtes Gewässer entwässert. Ein Einzugsgebiet auf der Oberfläche wird hauptsächlich durch die Topographie des Geländes oder andere Wasserscheiden bestimmt. Teileinzugsgebiete unterteilen Einzugsgebiete in kleinere Entwässerungsgebiete mit jeweils einem Auslass in das Gewässer.

G

Geest: Als Geest bezeichnet man überwiegend flache, wenig fruchtbare Gebiete in Norddeutschland, die durch Sandablagerungen während der Eiszeiten entstanden sind.

H

Hitzetag: Tag mit einer maximalen Temperatur größer gleich 30 °C.

Hinterland: Dem Deich landseitig vorgelagerte Fläche.

I

Integrierte Modellierung: Kopplung verschiedener Modelldomänen, z.B. Klimamodellierung, Niederschlag-Abfluss-Modellierung, Strömungsmodellierung, Stofftransport.

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen), oftmals auch als Weltklimarat bezeichnet. 1988 wurde der IPCC vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) und der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) ins Leben gerufen. Hauptaufgabe des IPCC ist es, Risiken der globalen Erwärmung zu beurteilen sowie Vermeidungs- und Anpassungsstrategien zusammenzutragen.

M

Marsch: Durch Sedimentation entstandene Flächen entlang der Ästuare und Meeresküsten. Es kann in eingedeichte Marschen, die besiedelt sind und meist landwirtschaftlich genutzt werden, und vor dem Deich liegende Marschen, die häufig keiner Nutzung unterliegen, unterschieden werden. In der Bodenkunde bezeichnet der Begriff Marsch eine unter Einfluss der Gezeiten entstandene Bodenklasse.

METRAS: Am Meteorologischen Institut der Universität Hamburg entwickeltes meteorologisches, mesoskaliges Transport- und Strömungsmodell.

Mittleres Tideniedrigwasser (MTnw): Mittleres Tideniedrigwasser (vgl. Tnw) in einem bestimmten Zeitraum.

Mittleres Tidehochwasser (MThw): Mittleres Tidehochwasser (vgl. Thw) in einem bestimmten Zeitraum.

Meter über Normal Null (m. ü. NN): Eine amtlich festgelegte, unveränderliche Bezugsebene für alle Höhenmessungen.

N

Niederschlagswasser: Regenwasser.

P

Perzentil: Perzentile dienen dazu, die Verteilung einer großen Anzahl von Datenpunkten zu untersuchen. Der Wert der *i*. Perzentils ist dabei so definiert, dass *i* Prozent der Daten kleiner sind als der Wert des *i*. Perzentils. Beispiele: das 1. Perzentil der Tagesmitteltemperaturen im Winter in Hamburg beträgt ca. -8 °C. Das bedeutet, dass 1 % der Wintertage eine Tagesmitteltemperatur kleiner als -8 °C haben. Das 40. Perzentil der Tagesmitteltemperaturen im Winter beträgt ca. 0 °C. Daher haben 40 Prozent der Wintertage eine Tagesmitteltemperatur kleiner als 0 °C.

R

Regenabfluss: Niederschlagswasser, das von einer befestigten oder unbefestigten Oberfläche in ein Entwässerungssystem oder einen Vorfluter abfließt.

REMO: Am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg entwickeltes regionales Klimamodell, welches auf dem Europa Modell des Deutschen Wetterdienstes (DWD) basiert.

S

Schöpfwerk: Wasserförderanlage für Entwässerungszwecke (DIN 4047-2).

Sedimentation: Ablagern von Schwebstoffen, die mit dem Wasser transportiert werden.

Siel: Bauwerk mit Verschlussvorrichtung zum Durchleiten eines oberirdischen Gewässers durch einen Deich (DIN 4047-2).

Sommertag: Tag mit einer maximalen Temperatur größer 25 °C.

Sperrwerk: Bauwerk in einem tidebeeinflussten Gewässer mit Verschlussvorrichtungen zum Absperren bestimmter Tiden.

SRES Emissionsszenarien: Vom IPCC entwickelte und im „Special Report Emission Scenarios (SRES)“ publizierte Szenarien zu möglichen zukünftigen Treibhausgasemissionen. Den Szenarien liegen unterschiedliche Annahmen zu möglichen Pfaden globaler sozio-ökonomischer und technischer Entwicklungen zugrunde. Das A1B Szenario geht von starkem Wirtschaftswachstum, rascher Entwicklung neuer Technologien, sowie einem ausgewogenen Energiemix aus. Das B1 Szenario geht von einer raschen Konvergenz der Volkswirtschaften und einem schnellen Übergang zur Dienstleistungs- und Informationsgesellschaft aus. Der Ressourcenverbrauch wird reduziert. Die Treibhausgasemissionen sind niedriger als im A1B Szenario. Das A2 Szenario geht von sehr heterogenen Volkswirtschaften und einer stark steigenden Weltbevölkerung aus. Wirtschaftswachstum und technologische Entwicklung sind langsamer als im A1B und B1 Szenario. Die Treibhausgasemissionen sind zur Mitte des 21. Jahrhunderts ähnlich, gegen Ende des 21. Jahrhunderts höher als im A1B Szenario.

Starkniederschlag: Niederschlagsereignisse, welche zu einem Tagesniederschlag höher als das 95. Perzentil der Tagesniederschläge an Tagen mit mehr als 1 mm Niederschlag in der jeweiligen Jahreszeit führen (ca. 15 mm/Tag im Winter und ca. 20 mm/Tag im Sommer). Der Begriff Starkniederschlag wird allerdings je nach Anwendung unterschiedlich definiert (z.B. auf Stundenbasis).

Starkniederschlagstag: Tag mit Niederschlagssumme größer gleich 20 mm.

Sturmflut: Durch starken Wind verursachtes Ansteigen des Wassers an den Meeresküsten und in den Flussmündungen im Küstengebiet, bei dem die Wasserstände einen bestimmten (festgelegten) Wert überschreiten. (DIN 4049-3).

T

Tidehochwasser (Thw): Höchster Wert der Tidekurve zwischen zwei aufeinanderfolgenden Tnw (DIN 4049-3).

Tidehub (Thb): Mittlerer Höhenunterschied zwischen Thw und den beiden benachbarten Tnw (DIN 4049-3).

Tideniedrigwasser (Tnw): Niedrigster Wert der Tidekurve zwischen zwei aufeinanderfolgenden Thw (DIN 4049-3).

Trennsystem: Entwässerungssystem, das normalerweise aus zwei Leitungs-/Kanalsystemen besteht für die getrennte Ableitung von Schmutz- und Regenwasser.

U

ü. NN: Höhenangabe über den Bezugshorizont Normalnull (siehe NN).

Überstau: Austritt von Wasser aus dem Kanalnetz durch Überlastung, z.B. aufgrund eines starken Regenereignisses.

Unsicherheit: Unsicherheit entsteht durch einen Mangel an Information oder durch unterschiedliche Meinungen darüber, was bekannt ist oder bekannt sein kann. Unsicherheit kann viele Ursachen haben: fehlerhafte Daten, mehrdeutig formulierte Konzepte und Terminologien oder die Ungewissheit, wie sich Menschen verhalten.

V

Versiegelung: Durch Wohn-, Industrie- und Verkehrsbauten wasserundurchlässig befestigte Flächen.

Vorland: Über MThw liegendes Gelände zwischen Gewässerbett und Deich, Düne oder Hochufer (DIN 4047-2).

W

Wärmeinsel: Eine Stadt speichert durch die Gebäude und die versiegelten Flächen die Sonneneinstrahlung des Tages in Form von Wärme. Die Wärme wird in der Nacht wieder abgegeben. Dadurch kommt es zu einer nächtlichen Temperaturüberhöhung der Stadt gegenüber der ländlichen Umgebung.

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1:** Lage des Einzugsgebietes, der Stadt Elmshorn sowie des Verlauf der Krückau (TUHH 2014)
- Abb. 2:** Modellgebiet Elmshorn und Umland (TUHH 2014)
- Abb. 3:** Flächennutzungsarten im Einzugsgebiet der Krückau (TUHH 2014)
- Abb. 4:** Gebiete der Entwässerungsverbände und Schöpfwerke am Unterlauf der Krückau (TUHH 2014)
- Abb. 5:** Natürliche und städtische Wasserbilanz (Fink/Klostermann 2012)
- Abb. 6:** Geländehöhen am Unterlauf der Krückau (TUHH 2014)
- Abb. 7:** Das geschlossene Krückau-Sperrwerk (Nehlsen 2013: Blick in Richtung Elbe)
- Abb. 8:** Schematischer Längsschnitt durch die Krückau mit Bereichen unterschiedlicher Anforderungen an Hochwasserschutzanlagen (TUHH 2014)
- Abb. 9:** Wasserstände im Fall einer Sperrwerksschließung über 3 Thw und 2 Tnw (TUHH 2014)
- Abb. 10:** Verfügbares Stauvolumen im Unterlauf der Krückau in Abhängigkeit vom Wasserstand (TUHH 2014)
- Abb. 11:** Blick in die unterirdische Mischwasserkanalisation (Stadtentwässerung Elmshorn)
- Abb. 12:** Einzugsgebiete der Trenn- bzw. Mischkanalisation und Darstellung des offenen Grabensystems im Stadtgebiet von Elmshorn (mit der allgemeinen Entwässerungsrichtung) (Higlistner 2011)
- Abb. 13:** Durch tiefliegende Auslässe der Regenentwässerung in die Krückau wird die Abflussleistung deutlich beeinflusst. (Stadtentwässerung Elmshorn, verändert)
- Abb. 14:** Bruchstücke des ehemaligen offenen Grabensystems im Bereich der „Siedlung“ (Römhild, Mai 2012 und Kruse, März 2012)
- Abb. 15:** Das ursprüngliche Entwässerungssystem der Siedlung aus den 1950er- / 1960er- Jahren (Abb. oben) im Vergleich zur aktuellen Situation (Abb. unten). (Römhild / Kruse 2012)
- Abb. 16:** Bemessungshäufigkeit nach DIN EN752 bzw. DWA A118
- Abb. 17:** Verortung der derzeitigen Entwässerungsprobleme im Stadtgebiet von Elmshorn (Higlistner / Kruse 2012)
- Abb. 18:** Projizierte Änderungen im Jahr und in den klimatologischen Jahreszeiten (Rechid et al. 2013)
- Abb. 19:** Perzentile der mittleren Tagestemperatur (Rechid et al. 2013)
- Abb. 20:** Perzentile des Tagesniederschlags (Rechid et al. 2013)
- Abb. 21:** Projizierte Änderungen der Anzahl von Sommer-, Hitzetagen, Tropennächten und Starkniederschlagstagen (Rechid et al. 2013)
- Abb. 22:** Bandbreiten der Änderung von Hochwassern 2001 - 2050 (links) und 2051 - 2100 (rechts) für verschiedene Wiederkehrintervalle gegenüber 1951 - 2000 (TUHH 2014)
- Abb. 23:** Zusammenhang zwischen Abflussscheitelwert und 30 h-Fülle (TUHH 2014)
- Abb. 24:** Einfluss des Meeresspiegelanstiegs und Binnenzuflusses auf Sturmflutwasserstände der Sturmflutcharakteristik SF76 entlang des Elbe-Ästuars (Schulte-Rentrop und Rudolph 2011)
- Abb. 25:** Differenz des mittleren Tidehochwassers (blau) und Tideniedrigwassers (grün) zwischen Referenz- und Experimentsituation (MSL +0,8m) entlang der Fahrrinne des Elbe-Ästuars (Holzwarth 2011)
- Abb. 26:** Anzahl der durch das Krückau-Sperrwerk gesperrten Tidehochwasser (Thw) pro Jahr am Beispiel von Pegelaufzeichnungen des Pegels Kollmar (hydrologischen Jahre 1980 - 2011) unter Annahme verschiedener Schließwasserstände und Szenarien zum Anstieg des mittleren Meeresspiegels (MSL) (TUHH 2014)
- Abb. 27:** Anzahl der durch das Krückau-Sperrwerk gesperrten Tideniedrigwasser (Tnw) pro Jahr am Beispiel von Pegelaufzeichnungen des Pegels Kollmar (hydrologische Jahre 1980 - 2011) unter Annahme verschiedener Schließwasserstände und Szenarien zum Anstieg der mittleren Meeresspiegels (MSL).
- Abb. 28:** Simulierte Datenpaare aus dem höchsten Jahres des Tnw und dem unmittelbar zuvor eingetretenen Tnw (Tnw-1) sowie Linien gleicher Wahrscheinlichkeit für den Pegel Kollmar (TUHH 2014)

- Abb. 29:** Anteil der Tidehochwasser (Thw) am Pegel Elmshorn (hydrologische Jahre 1980 - 2011), die 2,1 m NN unter Annahme verschiedener Szenarien zum Anstieg des mittleren Meeresspiegels (MSL) überschreiten (links) und Dauer der Überschreitung pro Tag (rechts) (TUHH 2014)
- Abb. 30:** Die „Badewanne“ am 09.06.2004 (Stadtentwässerung Elmshorn)
- Abb. 31:** Anpassungsmaßnahmen zur Reduktion von Hochwasserständen, (TUHH 2014)
- Abb. 32:** Übersichtskarte mit den Fokusgebieten in Elmshorn, die genauer untersucht wurden (Angel/Kruse 2012)
- Abb. 33:** Versiegelungsgrad der Flächen im oberen Einzugsgebiet der Krückau (TUHH 2014)
- Abb. 34:** Die Entwicklung des Grabensystems in der Siedlung von 1950 bis 2050, jeweils als Prinzipschnitt dargestellt. (Römhild / Kruse 2012)
- Abb. 35:** Links: Offenes Grabensystem im Wohnpark Trabrennbahn in Hamburg-Farmsen, mitte und rechts: Offenes Grabensystem im Stadtteil Hamnerby in Stockholm (Fotos: Johannes Gerstenberg, Elke Kruse)
- Abb. 36:** Prinzipschnitt einer Dachbegrünung (HCU 2011)
- Abb. 37:** Beispielfotos von Dachbegrünungen: Links: Blick auf ein Gewerbegebiet in Nürtingen (Kruse 2009) Rechts: Blick auf das Dach der Cafeteria der NordLB in Hannover (Büro Prof. Nagel, Schonhoff + Partner 2006)
- Abb. 38:** Blick auf das Industriegebiet Nord, das hohe Versiegelungsgrade aufweist (Kruse, März 2012)
- Abb. 39:** Darstellung der Flachdächer im Industriegebiet Nord (Abb. oben) und Südost (Abb. unten), die theoretisch begrünt werden könnten (ohne Beachtung statischer Voraussetzungen), basierend auf einer Auswertung von Luftbildern und DSGK. (Angel / Kruse 2012)
- Abb. 40:** Multifunktionale Grünfläche in Langenhagen bei Hannover. (Ostermeyer, Mai 2009)
- Abb. 41:** Das Untersuchungsgebiet „Klinikum Elmshorn“ (TUHH)
- Abb. 42:** Darstellung des Fokusgebiets: (a) Luftbild; (b) topographische Karte (TUHH)
- Abb. 43:** Mögliche Nutzung der Freifläche in Perspektive dargestellt (Sicht aus süd-westlicher Richtung) (TUHH)
- Abb. 44:** (a) Luftbild der Freifläche und Darstellung der vorgeschlagenen Nutzung bei (b) mittlerem Wasserstand, (c) erhöhtem Wasserstand, (d) hohem Wasserstand (TUHH)
- Abb. 45:** Das System „Graben-Rinne-Mulde“ (ohne Maßstab) im Querschnitt (TUHH)
- Abb. 46:** Niederschlag-Abfluss Diagramm während eines extremen Ereignisses mit und ohne zusätzliche Retention (TUHH)
- Abb. 47:** Mögliche temporäre Staufläche im Rückstaubereich der Schöpfanlage Kurzenmoor (TUHH 2014)
- Abb. 48:** Binnen- und Außenwasserstand im Verlauf einer Sperrwerksschließung kurz vor Tidehochwasser (links) und unmittelbar nach Tideniedrigwasser (rechts) (TUHH 2014)
- Abb. 49:** Ausschnitt der Krückau im Bereich der Kruck (TUHH 2014)
- Abb. 50:** Geländehöhen im Bereich der Krückaumündung (TUHH 2014)
- Abb. 51:** Mögliche Bereiche zur Anordnung von Überlaufpoldern (TUHH 2014)
- Abb. 52:** Potenziale der untersuchten Anpassungsmaßnahmen zur Reduktion des maximalen Wasserstandes im Elmshorner Hafen unter Annahme des Extremlastfalls (TUHH 2014)
- Abb. 53:** Struktur und Aufbau der Veranstaltungen zur Lern- und Aktionsallianz in der Modellregion „Elmshorn und Umland“ (Kruse/Kunert 2012)
- Abb. 54:** Ausschnitt aus „Die Wahl“ (Siems 2014)
- Abb. 55:** Auswirkungen und Folgen des Klimawandels im Modellgebiet Elmshorn und Umland (TUHH)
- Abb. 56:** Anpassungsmaßnahmen und deren Auswirkungen im Einzugsgebiet der Krückau (TUHH)

Tabellenverzeichnis

- Tab. 1:** Wiederkehrintervall des Extremlastfalls für den derzeitigen Zustand und verschiedene mögliche Meeresspiegelanstiege (TUHH 2014)
- Tab. 2:** Einfluss des steigenden Binnen- und Schöpfwerkszuflusses auf den maximalen Wasserstand in der Krückau nach einer Sperrwerksschließung über 30 h (TUHH 2014)
- Tab. 3:** Potenzialanalyse zum Regenwasserrückhalt in den Industriegebieten Nord und Südost. Die Flachdachflächen nehmen insgesamt ca. 226 600 m². Der Jahresniederschlag beträgt 772 mm. (Kruse 2012)
- Tab. 4:** Daten der Sielverbände im Modellgebiet (Zusammenstellung nach Stadelmann 2010 ergänzt durch eigene Angaben)
- Tab. 5:** Maximale Fördermengen der Schöpfwerke in 30 h und die erwartete Entlastung der Wasserstände in der Krückau unter Annahme des Extremlastfalls (heutige Bedingungen) (TUHH 2014)
- Tab. 6:** Lern- und Aktionsallianz - Bewertung als potenzielles Instrument der Klimaanpassung (HCU)
- Tab. 7:** Kreisentwicklungskonzept - Bewertung als potenzielles Instrument der Klimaanpassung ((HCU)
- Tab. 8:** Stadt-Umland-Kooperation - Bewertung als potenzielles Instrument der Klimaanpassung (HCU)
- Tab. 9:** Arbeitsgruppe Wasserrahmenrichtlinie(WRRL) des Bearbeitungsgebietes Krückau - Bewertung als potenzielles Instrument der Klimaanpassung (HCU)
- Tab. 10:** Intersektorale Koordination in der Verwaltung (Leitstelle, Klimaschutzbeauftragter) - Bewertung als potenzielles Instrument der Klimaanpassung (HCU)
- Tab. 11:** Bestandteile eines guten Leitbildes zur Klimaanpassung (HCU)

Literaturverzeichnis

- Amt für ländliche Räume Husum (2007): Betriebsordnung für das Sturmflutsperrwerk in der Krückau. Husum.
- Alcamo, J. (2007): Introduction: The Case for Scenarios of the Environment. In: ALCAMO, J. (Hrsg.): Environmental Futures, The Practice of Environmental Scenario Analysis, Developments of Integrated Environmental Assessment Volume 2, Amsterdam: Elsevier, S. 1 - 12.
- BBR (Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung) (2005): Raumordnungsbericht 2005, Berichte Band 21, Bonn.
- Bischoff, A.; Selle, K.; Sinning, H. (2005): Informieren, Beteiligen, Kooperieren. Kommunikation in Planungsprozessen ; eine Übersicht zu Formen, Verfahren und Methoden. Rohn, Dortmund.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) & UBA (Umweltbundesamt) (2010): Umweltbewusstsein in Deutschland. Berlin und Dessau.
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung); BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung) (Hrsg.) (2010): Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel: Ein MOROForschungsfeld, MORO-Informationen 7/2, Bonn.
- Bohl, J. (2011): Oberlieger-Unterlieger-Probleme: Das Verhältnis von Oberliegern und Unterliegern bei Maßnahmen des vorbeugenden Hochwasserschutzes an (internationalen) Flussläufen, Impulsvortrag am 20.01.2011 auf dem Rechtsworkshop des INTERREG IV B Projektes „LABEL“ am 20./21.01.2011 in Dresden im Sächsischen Staatsministerium des Inneren.
- Bromme, R., Jucks, R., Runde, A. (2003): Barriers and Biases in Computer-Mediated Expert-Layperson-Communication. In: R. Bromme, F.W. Hesse, H. Spada, (Ed.). Barriers and Biases of Computer-Mediated Knowledge Communication and how they may be overcome. Heidelberg: Springer Verlag, S. 89-118
- Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Unterrichtung durch die Bundesregierung. Deutscher Bundestag (Bundestagsdrucksache, 16/11595.)
- Clark, H.H., Brennan, S.A. (1991): Grounding in Communication. In Resnik, L.B., Levine, J.M. & Teasley, S.D. (Eds.). Perspectives on socially shared Cognition. Washington: APA Books.

- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (Hrsg.) (2006): Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung. Hennef.
- De Vries, J.; Wolsink, M. (2009): Making Space for Water: Spatial Planning and Water Management in the Netherlands. In: Davoudi, S.; Crawford, J. & Mehmood, A. (Hrsg.): Planning for Climate Change, Strategies for Mitigation and Adaptation for Spatial Planners, London: Earthscan, S. 191 - 204.
- Dickhaut, W.; Schwark, A.; Joite, C.; Rusche, C. (2007): Beitrag von Regenwassernutzungsanlagen zur Reduktion des Spitzenabflusses. Gutachten im Auftrag der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU) der Freien und Hansestadt Hamburg. Hamburg.
- Dickhaut, W.; Kruse, E. (2009): Mitbenutzung von Flächen in der Regenwasserbewirtschaftung: Deutschlandweite Projektbeispiele. Anhang 1. Beitrag zum Teilprojekt 1 im Gesamtprojekt Regenwassermanagement des KompetenzNetzwerks HAMBURG WASSER. Hamburg.
- Dickhaut, W.; Sommer, H.; Michalik, K. (2011): Beitrag von Regenwassernutzungsanlagen zur Reduktion von Spitzenabflüssen aus Siedlungsgebieten. Wasser und Abfall, H. 7 - 8, S. 44 - 47.
- DKKV (Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge) (2003): Hochwasservorsorge in Deutschland, Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbgebiet, Schriftenreihe des DKKV, Nr. 29, Bonn.
- Ehrler, K.; Grünewald, U.; Mertsch, S.; Pohl, J.; Schümborg, S.; Vogt, R.; Wolleche, B. & Zehetmair, S. (2008): Verknüpfung von Hochwasservorsorge und -bewältigung in unterschiedlicher regionaler und akteursbezogener Ausprägung, Abschlussbericht zum BMBF-Verbundprojekt, Cottbus, Bonn.
- Etscheid, M. (2008): Wie ticken Jugendliche? Die Sinus-Milieustudie U27. In: BDkJ-Journal. Hrsg. von Bundesstelle des Bundes der Deutschen Katholischen Jugend (BDKJ), H. 2. S. 4 - 13.
- Faber, S., Hohberg, B. (2013): Klimawandel im Fokus, Kommune21, e-Government, Internet und Informationstechnik, 3/2013, S. 50-51.
- Fink, J.; Klostermann, N. (2012): Stadt im (Klima-)Wandel. Anpassungsmöglichkeiten städtischer Strukturen an die Folgen des Klimawandels. Diplomarbeit im Studiengang Stadtplanung der HafenCity Universität. Hamburg.
- Fröhlich, J.; Knieling, J.; Schärffer, M., Zimmermann, T. (2011): Instrumente der regionalen Raumordnung und Raumentwicklung zur Anpassung an den Klimawandel, neopolis working papers: urban and regional studies, No. 10, Hamburg: HafenCity Universität.
- Frommer, B. (2009): Handlungs- und Steuerungsfähigkeit von Städten und Regionen im Klimawandel, Der Beitrag strategischer Planung zur Erarbeitung und Umsetzung regionaler Anpassungsstrategien. Raumordnung und Raumforschung, 2/2009, S. 128 - 141.
- Geiger, W.; Dreiseitl, H.; Stemplewski, J. (2009): Neue Wege für das Regenwasser. Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten. München.
- Gönnert, G.; Jensen, J.; von Storch, H.; Thumm, S.; Wahl, T.; Weisse, R. (2009): Der Meeresspiegelanstieg - Ursachen, Tendenzen und Risikobewertung. Die Küste 76 (1), S. 225 - 257.
- Greiving, S.; Fleischhauer, M. (2008): Raumplanung: in Zeiten des Klimawandels wichtiger denn je! Größere Planungsflexibilität durch informelle Ansätze einer Klimarisiko-Governance. RaumPlanung (137), S. 61 - 66.
- Gupta, J.; Termeer, C.; Klostermann, J.; Meijerink, S.; van den Brink, M.; Jong, P. (2010): The adaptive capacity wheel: A method to assess the inherent characteristics of institutions to enable the adaptive capacity of society. Environmental Science & Policy 13 (6): 459 - 471.
- Haefs, H. (2004): Deutschsprachige Ortsnamenkunde: Ortsnamen und Ortsgeschichten in Schleswig-Holstein zunebst Fehmarn, Lauenburg, Helgoland und Nordfriesland, Anmerkungen zur Geschichte, S. 81.
- Hamburg Wasser (Hrsg.) (2010): Regenwassermanagement für Hamburg. Abschlussbericht der Teilprojekte TP1 bis TP6 des KompetenzNetzwerks.
- Higlistler, V. (2011): „Where will be the end of the pipe – Integriertes Freiraum- und Regenwasserkonzept Elmshorn“. Leibnitz Universität Hannover (Diplomarbeit).
- Hohberg, B.; Lührs, R. (2003): Offline Online Inline. Zur Strukturierung Internetvermittelter Diskurse. in: Märker, O.; Trénel, M. (Hrsg.): Online-Mediation. Neue Medien in der Konfliktvermittlung - mit Beispielen aus Politik und Wirtschaft. Berlin, S.327-348.

- Hohberg, B.; Lührs, R. (2011): Dokumentation der Onlinediskussion „Hochwasserschutz – wat tut Not?“. Ein Online-Beteiligungsprojekt im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes KLIMZUG-NORD. Hamburg: TuTech Innovation GmbH. [http://klimzug-nord.de/file.php/2011-09-20-Hohberg-Birgit-Luehrs-Rolf-2011-Dokumentation-der-Onl; 11.09.2013]
- Hohberg, Birgit; Lührs, Rolf (2013): Dokumentation des Onlinediskurses „Elmshorn und Umland im Klimawandel - wie wollen wir uns schützen?, Hamburg: TuTech Innovation GmbH. [http://klimzug-nord.de/file.php/2013-12-03-Hohberg-Birgit-Luehrs-Rolf-2013-Dokumentation-des-Onl; 05.01.2014]
- Hollweg, H.D., U. Böhm, I. Fast, B. Hennemuth, K. Keuler, E. Keup-Thiel, M. Lautenschlager, S. Legutke, K. Radtke, B. Rockel, M. Schubert, A. Will, M. Woldt, Wunram, C. (2008): Ensemble simulations over Europe with the regional climate model CLM forced with IPCC AR4 global scenarios. M&D Technical Report No. 3, 152 ff.
- Hooijer, A.; Klijn, F.; Pedrolí, G., Van Os, A. (2004): Towards Sustainable Flood Risk Management in the Rhine and Meuse River Basins: Synopsis of the Findings of IRMA-Sponge, In: River Research and Applications, vol. 20, S. 343 - 357.
- Ingenieurgesellschaft Klütz & Collegen GmbH (2005): Bebauungsgebiet Nr. 153. Verbesserung der Straßen- und Entwässerungsverhältnisse. Stadt Elmshorn, Kreis Pinneberg. Konzept. Anlage 1.
- IPCC (2012): Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Isoard, S. (2011): Perspectives on Adaptation to Climate Change in Europe, In: FORD, J.D. & BER-RANGFORD, L. (Hrsg.): Climate Change Adaptation in Developed Nations, From Theory to Practice, Dordrecht: Springer, S. 51 - 68.
- Jacob, D. (2001): A note to the simulation of the annual and inter-annual variability of the water budget over the Baltic Sea drainage basin. Meteorol. Atmos. Phys., 77, S. 61 - 73.
- Jacob, D.; Göttel, H.; Kotlarski, S.; Lorenz, P.; Sieck, K. (2008): Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland mit dem Klimamodell REMO. Forschungsbericht 204 41 138 Teil 2, i.A. des UBA Dessau, 159 Seiten.
- Jacob, D.; Bülow, K.; Kotova, L.; Moseley, C.; Petersen, J.; Rechid, D. (2012): Regionale Klimaprojektionen für Europa und Deutschland (2012) Ensemble Simulationen für die Klimafolgenforschung. CSC Report. In Review.
- Jensen, J.; Frank, T.; Wahl, T.; Dangendorf, S. (2011): KFKI-Projekt AMSeL. Analyse von hochaufgelösten Tidewasserständen und Ermittlung des MSL an der deutschen Nordseeküste. Forschungsinstitut Wasser und Umwelt (fwu) der Universität Siegen. Siegen.
- Jungclaus, J.H.; Keenlyside, N.; Botzet, M.; Haak, H.; Luo, J.-J.; Latif, M.; Marotzke, J.; Mikolajewicz, U.; Roeckner, E. (2006): Ocean circulation and tropical variability in the coupled model ECHAM5/MPI-OM. J. Climate., 19, 3952 - 3972.
- Karl, H. (2003): Ökonomische Grundlagen einer regionalisierten Vorsorge gegenüber Umwelt- und Technikrisiken. In: Karl, H. & Pohl, J. (Hrsg.): Raumorientiertes Risikomanagement in Technik und Umwelt, Katastrophenvorsorge durch Raumplanung, Forschungs- und Sitzungsberichte, Band 220, Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung, S. 63 - 78.
- Katz, C.; Kleinhüchelkotten, S. (2011): Wie sehen Schülerinnen und Schüler den Klimawandel? Ergebnisse des Seminars „Quantitative Befragung zur Wahrnehmung des Klimawandels und seiner Folgen“ an der Leuphana Universität Lüneburg. Arbeitsbericht. Hannover und Lüneburg.
- Katz, C.; Molitor, H. (2014): Klimaanpassung – (k)ein Thema in umweltrelevanten Bildungsorganisationen? In: Beese, K.; Fekkak, M.; Katz, C.; Körner, C.; Molitor, H. (Hrsg.) (2014): Anpassung an regionale Klimafolgen kommunizieren. Konzepte, Herausforderungen und Perspektiven. Oekom Verlag, München.
- Kilper, H. (2006): Komplexe Erneuerungsprozesse steuern - Erfahrungen an der Emscher. Selle, K. (Hrsg.): Zur räumlichen Entwicklung beitragen. Konzepte. Theorien. Impulse. Dortmund: 131 - 145.
- Kluge, T.; Hansjürgens, B.; Hiessl, H.; Schramm, E. (2010): Wasser 2050: Nachhaltige wasserwirtschaftliche Systemlösungen – zukünftige Chancen für die deutsche Wasserwirtschaft. Schlussbericht des BMBF-Projektes.
- Knieling, J.; Fröhlich, J.; Greiving, S.; Kannen, A.; Morgenstern, N.; Moss, T.; Ratter, B.; Wickel, M. (2011): Planerisch-organisatorische Anpassungspotenziale an den Klimawandel. Storch, Hans von; Clausen, Martin (Hrsg.): Klimabericht für die Metropolregion Hamburg. Springer, Berlin: 248 - 256.

- Knieling, J.; Fröhlich, J.; Schärffer, M. (2011): Climate Governance. Frommer, B.; Buchholz, F. & Boehm, H.R. (Hrsg.): Anpassung an den Klimawandel – regional umsetzen! Ansätze zur Climate Adaptation Governance unter der Lupe, München: Oekom Verlag, S. 26 - 43.
- Kolokotsa, D.; Psomas, A.; Karapidakis, E. (2009): Urban heat island in southern Europe: The case study of Hania, Crete. *Solar Energy*, 83, 1871 - 1883.
- Kornblueh, E.; Manzini, A.; Rhodin, U.; Schlese, U.; Schulzweida, A.; Tompkins, (2003): The atmospheric general circulation model ECHAM5-Part 1, Model description. Max-Planck-Institut für Meteorologie, Report No. 349, 127 pp.
- Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (Hrsg.) (2006): Die Böden Schleswig-Holsteins. Entstehung, Verbreitung, Nutzung, Eigenschaften und Gefährdung.
- Lowe, J. A.; Howard, T. P.; Pardaens, A.; Tinker, J.; Holt, J.; Wakelin, S. et al. (2009): UK Climate Projections science report: Marine and coastal projections. Met Office Hadley Centre. Exeter, UK.
- Meinke, I.; Gerstner, E.-M.; Von Storch, H.; Weiße, R. (2010): Klimawandel in Norddeutschland: Bisherige Änderungen und mögliche Entwicklungen in Zukunft, In: Fansa, M. & Ritzau, C.: Kalte Zeiten – Warme Zeiten: Klimawandel(n) in Norddeutschland, Darmstadt: Primus Verlag GmbH.
- MELUR (Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume) (Hrsg.) (2007): Generalplan Binnenhochwasserschutz und Hochwasserrückhalt Schleswig-Holstein, Kiel.
- MELUR (Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume) (Hrsg.) (2011): Umsetzung der Richtlinie 2007/60/EG des europäischen Parlamentes und des Rates vom 23.10.2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken in der FGE Elbe in Schleswig-Holstein, Vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos (gem. Art. 4) und Bestimmung der Gebiete mit potentiell signifikantem Hochwasserrisiko (gem. Art. 5), Kiel.
- Melzer, M.; Fahrenkrug, K.; Käppeler, B.; Baum, M.; Schwornstede, K.; Iversen, H.; Gustafsson, A.; Gertz, C.; Rümenapp, J. (2006a): Integriertes Stadtentwicklungskonzept (ISEK) für die Stadt Elmshorn im Programm Stadtumbau West, Zusammenfassung und Masterplan. Erarbeitet im Auftrag der Stadt Elmshorn.
- Melzer, M.; Fahrenkrug, K.; Käppeler, B.; Baum, M.; Schwornstede, K.; Iversen, H.; Gustafsson, A.; Gertz, C.; Rümenapp, J. (2006b): Integriertes Stadtentwicklungskonzept (ISEK) für die Stadt Elmshorn im Programm Stadtumbau West, Städtebauliche Analyse. Erarbeitet im Auftrag der Stadt Elmshorn.
- Merz, B. (2006): Hochwasserrisiken, Grenzen und Möglichkeiten der Risikoabschätzung, Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller).
- Mickwitz, P.; Aix, F.; Beck, S.; Carss, D.; Ferrand, N.; Görg, C.; Jensen, A.; Kivimaa, P.; Kuhlicke, C.; Kuindersma, W.; Mánez, M.; Melanen, M.; Monni, S.; Branth Pedersen, A.; Reinert, H. & Van Bommel, S. (2009): Climate Policy Integration, Coherence and Governance, PEER Report No. 2, Helsinki: Partnership for European Environmental Research.
- Nakićenović, N., J. Alcamo, G. Davis, B. de Vries, J. Fenhann, S. Gaffin, K. Gregory, A. Grübler, T.Y. Jung, T. Kram, E.L. La Rovere, L. Michaelis, S. Mori, T. Morita, W. Pepper, H. Pitcher, L. Price, K. Raihi, A. Roehrl, H.-H. Rogner, A. Sankovski, M. Schlesinger, P. Shukla, S. Smith, R. Swart, S. van Rooijen, N. Victor and Z. Dadi, 2000: Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, and New York, 599 pp. Newman, R.; Ashley, R. M.; Molyneux-Hodgson, S.; Cashman, A. (2011). Managing water as a socio-technical system: the shift from 'experts' to 'alliances'. *Proc. Institution of Civil Engineers. Engineering Sustainability* 164 (1), S. 95 - 102.
- Nicholls, R. J.; Marinova, N.; Lowe, J. A.; Brown, S.; Vellinga, P.; Gusmao, D. de et al. (2010): Sea-level rise and its possible impacts given a 'beyond 4 C world' in the twenty-first century. In *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 369 (1934), pp. 161 - 181.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2010): *Cities and Climate Change*, Paris: OECD Publishing.
- Overbeck, G.; Hartz, A.; Fleischhauer, M. (2008): Ein 10-Punkte-Plan „Klimaanpassung“. *Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel im Überblick. Informationen zur Raumentwicklung* (6/7): 363 - 380.

- Pasche, E.; Donner, M.; Nehlsen, E. (2010): Überprüfung und Verbesserung der Sedimentationsentwicklung in der Krückau und ihrer Auswirkung auf das Kanalisationsnetz der Stadt Elmshorn. Schlussbericht zum gleichnamigen Forschungsvorhaben gefördert durch die Stadt Elmshorn und die Stadtentwässerung Elmshorn, unveröffentlicht.
- Pfeffer, W. T.; Harper, J. T.; O'Neel, S. (2008): Kinematic Constraints on Glacier Contributions to 21st-Century Sea-Level Rise. In *Science* 321 (5894), pp. 1340 - 1343.
- Rechid, D.; Petersen, J.; Schoetter, R. (2012): Projizierte Klimaänderungen in den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, in Vorbereitung.
- Ritter, E.-H. (2007): Klimawandel - eine Herausforderung für die Raumplanung. *Raumforschung und Raumordnung* (6): 531 - 538.
- Rockel, B.; Will, A.; Hense, A. (2008): The Regional Climate Model COSMO-CLM (CCLM). *Meteorol. Z.*, 17, 347 - 348.
- Roeckner, E., G. Bäuml, L. Bonaventura, R. Brokopf, M. Esch, M. Giorgetta, S. Hagemann, I. Kirchner, L.
- Rogner, A.; Sankovski, M.; Schlesinger, P.; Shukla, S.; Smith, R.; Swart, S.; van Rooijen, N.; Victor, Z. Dadi, (2000): *Special Report on Emission Scenarios* Cambridge, 599 pp.
- Scharpf, F. W. (2000): *Interaktionsformen. Akteurzentrierter Institutionalismus in der Politikforschung*. Opladen.
- Schleswig-Holstein (1963): *Generalplan Deichverstärkung, Deichverkürzung und Küstenschutz in Schleswig-Holstein*. Kiel: Ministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten.
- Schlünzen, K.H. (1990): Numerical studies on the inland penetration of sea breeze fronts at a coastline with tidally flooded mudflats. – *Beitr. Phys. Atmosph.* 63, 243 - 256.
- Schlünzen, K.H.; Hoffmann P.; Rosenhagen G.; Riecke W. (2010): Long-term changes and regional differences in temperature and precipitation in the metropolitan area of Hamburg. *Int. J. Climatol.*, 30, 1121 - 1136, doi: 10.1002/joc.1968.
- Schlünzen, K.H.; Flagg, D.D.; Fock, B.H.; Gierisch, A.; Reinhardt, V.; Spensberger, C. (2012): *Scientific documentation of the multiscale model system m-sys (metras, mitras, mectm, mictm, mesim)*. – MEMI Technical Report 4. Meteorologisches Institut, KlimaCampus, Universität Hamburg 138pp.
- Schönwiese, C.-D.; Staeger, T.; Trömel, S. (2006): Klimawandel und Extremereignisse in Deutschland. In: DWD, Deutscher Wetterdienst: *Klimastatusbericht 2005*. Offenbach, S. 7 - 16.
- Schulte-Rentrop, A.; Rudolph, E. (2011): „A sensitivity study of storm surges under climate change in the Elbe Estuary“, *Proceedings of the Acqua Alta 2011 Conference*, 11-13 October 2011, Hamburg.
- Schulz-Schaeffer, R.; Hartmann, L.; Porschke, C. (2013): *Grafiknovellen: Chancen für innovative Wissenschaftskommunikation*. In: Beese, K.; Fekkak, M.; Katz, C.; Körner, C.; Molitor, H. (Hrsg.) (2014): *Anpassung an regionale Klimafolgen kommunizieren. Konzepte, Herausforderungen und Perspektiven*. Oekom Verlag, München S. 349-362.
- Seeberger, M. (1998) : *Stadt Elmshorn, Landschaftsplan, Textliche Ausführungen*. Erarbeitet im Auftrag der Stadt Elmshorn.
- Sieker, F.; Kaiser, M.; Sieker, H. (2006): *Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung im privaten, gewerblichen und kommunalen Bereich. Grundlagen und Ausführungsbeispiele*. Stuttgart.
- Siems, A. (2014): Ausschnitt aus „Die Wahl“. In: Schulz-Schaeffer, R. (Hrsg.): *Grafiknovellen 1-9, dritte Auflage 2014*, HAW Hamburg.
- Solomon S, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller (eds.), 2007: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, NY, USA: 996 pp.
- Stadelmann, R. (2010): *Dithmarschen und Elbe/Elbmarschen, Inseln Trischen und Helgoland*. Husum: Husum Dr.- und Verl.-Ges (Den Fluten Grenzen setzen, Schleswig-Holsteins Küstenschutz; Westküste und Elbe / Robert Stadelmann. Hrsg. vom Schleswig-Holsteinischen Heimatbund ; Bd. 2).
- Stadt Elmshorn (Hrsg.) (2006): *Beiträge zur Elmshorner Geschichte*. Band 19: *Gewerbeentwicklung und Industrialisierung*.
- Stadt Elmshorn (Hrsg.) (2008): *Auslobung des Städtebaulichen Rahmenplans „Krückau-Vormstegen“ in Elmshorn, Begrenzt offener, einstufiger städtebaulicher Realisierungswettbewerb mit Ideenteil und vorgeschaltetem Bewerbungsverfahren*, Elmshorn.
- Stadt Elmshorn (2013): *„Monitoringbericht Wohnen 2012 für die Stadt Elmshorn“*.

- TUHH (2014): Abschlussbericht zum Verbundvorhaben „KLIMZUG-NORD“, Teilprojekt 1.4: Hochwasserschutz an tidebeeinflussten Nebengewässern der Elbe, Institut für Wasserbau (Bearbeiter: Edgar Nehlsen)
- Tunstall, S.M.; Johnson, C.L.; Penning Rowsell, E.C. (2004): Flood Hazard Management in England and Wales: From Land Drainage to Flood Risk Management, World Congress on Natural Disaster Mitigation, 19. - 21.02.2004.
- van Herk, S.; Zevenbergen, C.; Ashley, R.; Rijke, J. (2011): Learning and Action Alliances for the integration of flood risk management into urban planning: a new framework from empirical evidence from The Netherlands. *Environmental Science & Policy* 14 (5): 543 - 554.
- van Nieuwaal, K.; Driessen, P.; Spit, T.; Termeer, C. J. A. M. (2009): A state of the art of governance literature on adaptation to climate change: towards a research agenda. *Kennis voor Klimaat: KfC* 003/2009.
- Vellinga, P.; Katsman, C. (2009): Exploring high-end climate change scenarios for flood protection of the Netherlands. International Scientific Assessment carried out at request of the Delta Comm. The Netherlands, Sept. 2008. De Bilt: KNMI (Wetenschappelijk rapport / Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, 09-05).
- Voigt, M. (2005): Hochwasserrisikomanagement und räumliche Planung. In: Jüpner, R. (Hrsg.): Hochwassermanagement, Magdeburger Wasserwirtschaftliche Hefte, Band 1 (2005), Aachen: Shaker Verlag, S. 97 - 117.
- von Storch, H.; Meinke, I.; Weisse, R. & Woth, K. (2007): Regionaler Klimawandel in Deutschland, Wandel von Vulnerabilität und Klima: Müssen unsere Vorsorgeinstrumente angepasst werden?, Workshop von DKKV (Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge) und ARL (Akademie für Raumordnung und Landesplanung), Hannover, 27. - 28.11.2006.
- von Storch, H.; Doerffer, J.; Meinke, I. (2009): Die deutsche Nordseeküste und der Klimawandel, In: Hamburger Symposium für Geographie, Band 1, S. 9 - 22.
- von Varendorf, G. A. (1789-1796): Topographische militärische Charte des Herzogtums Holstein (1789 - 1796): Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein.
- Wahl, T.; Jensen, J.; Frank, T. (2010): On analysing sea level rise in the German Bight since 1844. In *Nat. Hazards Earth Syst. Sci* 10 (2), pp. 171 - 179.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungsschäden) (2011): Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin.
- Weisse, R. (2011): Das Klima der Region und mögliche Änderungen in der Deutschen Bucht. In: Von Storch, H.; Claussen, M. (Hrsg.): Klimabericht für die Metropolregion Hamburg, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, S. 91 - 120.
- Wipperman, C.; Calmbach, M. (2008): Wie ticken Jugendliche? Verlag Haus Altenberg: Düsseldorf.
- Woodworth, P. L.; White, N. J.; Jevrejeva, S.; Holgate, S. J.; Church, J. A.; Gehrels, W. R. (2009): Evidence for the accelerations of sea level on multi-decade and century timescales. In *Int. J. Climatol.* 29 (6), pp. 777 - 789.
- Yamashita, S.; Sekine, K.; Shoda, M.; Yamashita, K.; Hara, Y. (1986): On relationships between heat island and sky view factor in the cities of Tama River basin, Japan. *Atmospheric Environment*, 20, 681 - 686.

Internetquellen

- Batchelor, C.; Butterworth, J. (2008): Visioning. Learning Alliance Briefing Note 9. Hg. v. SWITCH. Loughborough University, URL: http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/WP6-2_BRN_9_Visioning_draft.pdf (letzter Aufruf: 06.02.2014).
- Bertelsmann Stiftung (2011): „Wegweiser Kommune. Indikatoren des Politikfeldes „Wohnen“ für Elmshorn 2011“, URL: <http://www.wegweiser-kommune.de/datenprognosen/kommunaledaten/KommunaleDaten.action> (letzter Aufruf: 13.11.2013).
- Blanksby, J.; Manojlovic, N. (2011): Learning and Action Alliance - LAA. Example LAA - Wandse. Flood Risk Management Conference Präsentation, URL: http://conference.sawa-project.eu/download_objects/11-Manojlovic_Final_Conference_LAA_1.pdf (letzter Aufruf: 06.02.2014).
- Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.) (2006): Dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftung. Ein Leitfaden für Planer, Architekten, Ingenieure und Bauunternehmen. Hamburg, URL: <http://www.hamburg.de/contentblob/135118/data/regenwasserbroschuere.pdf>.
- Geschka, H.; Schwarz-Geschka, M. (o.J.): Einführung in die Szenariotechnik, Darmstadt: Geschka & Partner Unternehmensberatung, URL: http://www.geschka.de/fileadmin/download/Szenario_Einfuehrung.pdf.
- IPCC (2007): Climate change 2007. The physical science basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge, Mass: Cambridge Univ. Pr, URL: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>.
- Kreis Pinneberg 2012: http://www.kreis-pinneberg.de/Kreis+Pinneberg/St%C3%A4dte_+%C3%84meter+_Gemeinden/Stadt+Elmshorn.html (letzter Aufruf: 13.02.2012).
- Kruse, E. 2011: Integriertes Regenwassermanagement großräumig planen. Potenziale und Entwicklungsmöglichkeiten für Hamburg. Abschlussbericht im Rahmen des William Lindley-Stipendiums, ausgelobt durch Hamburg Wasser. Ergänzt 2012, URL: <http://klimzug-nord.de/index.php/page/2011-11-10-Kruse-Elke-2011-Integriertes-Regenwassermanagement>.
- Portal Tideelbe 2011: <http://www.portal-tideelbe.de/bin/documents/sperrwerke/Krueckau.pdf> (letzter Aufruf: 28.04.2014).
- Spiegel 2012: <http://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/kommunen-sollen-sich-gegen-klimawandel-ru-esten-a-853797.html> (letzter Aufruf: Oktober 2012).
- Stadt Elmshorn (2013): <http://www.elmshorn.de/INTERNET/Stadt-Elmshorn/Stadtportr%C3%A4t/Standort-Elmshorn/Elmshorn-in-Zahlen> (letzter Aufruf: 13.11.2013).
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2011): Statistische Berichte – Bodenflächen in Hamburg und Schleswig-Holstein am 31.12.2010 nach Art der tatsächlichen Nutzung“, URL: http://www.statistik-nord.de/uploads/tx_standuments/A_V_1_j10_S.pdf (letzter Aufruf: 13.11.13).
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2012): STATISTISCHE BERICHTE Kennziffer: A I 2 - vj 4/12 SH: Bevölkerung der Gemeinden Schleswig-Holstein, Herausgegeben am: 16. Juli 2012, URL: http://www.statistik-nord.de/uploads/tx_standuments/A_I_2_vj124_SH_Zensus.xlsx (letzter Aufruf: 25.11.13).
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2013): STATISTISCHE BERICHTE Kennziffer: A I 1 - vj 1/13 SH: Bevölkerungsentwicklung in Schleswig-Holstein, Herausgegeben am: 29. August 2013, URL: http://www.statistik-nord.de/uploads/tx_standuments/A_I_1_vj131_Zensus_SH.pdf (letzter Aufruf: 13.11.13).

Weitere Quellen

1. Kartengrundlagen

Bartel, M. / Tutas, D. 2004 a-d: Kanalbemessungsprogramm Elmshorn, Nordost 2003 (a), Nordwest 2004 (b) Südost 2004 (c), Südwest 2002 (d). Überstauhäufigkeit im Regenwasserkanal im Prognosezustand (nur Neuanschluss) bei einer Belastung mit einer Elmshorner Regenreihe (Langzeitsimulation 10 Jahre), im Maßstab 1:6 000. Erarbeitet im Auftrag der Stadt Elmshorn, Abt. Stadtentwässerung

Seeberger, M. 1998: Stadt Elmshorn, Landschaftsplan. Kartenteil. Erarbeitet im Auftrag der Stadt Elmshorn

Stadt Elmshorn 2008: Stadtplan Elmshorn im Maßstab 1:50 000. 18. Auflage

2. Vorträge

Beiersdorf, Thomas 2011: Auswirkungen des Klimawandels auf den Generalentwässerungsplan Elmshorn. Vortrag im Rahmen der Veranstaltung „Steigende Hochwasser und vermehrte Überflutungen durch Starkregen – welche Auswirkungen hat der Klimawandel auf die kommunale und regionale Planung im Kreis Pinneberg?“ am 15.11.11

3. Mündliche Auskünfte

Beiersdorf, Thomas (Stadtentwässerung) 2011 und 2012 mündlich

Krause, Ralf (Kreis Pinneberg) 2011, mündlich

4. Datengrundlagen

Jacob, D., 2005: REMO climate of the 20thcenturyrun, UBA project, 0.088 degree resolution, run no. 006210, 1hdata. World Data Centre for Climate. CERA-DB „REMO_UBA_C20_1_R006210_1H“ http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=REMO_UBA_C20_1_R006210_1H.

Jacob, D.,E. Nilson, L. Tomassini, K. Bülow, 2009: REMO climate of the 20thcenturyrun, BFG project, 0.088 degree resolution, runno.2, 1hdata. World Data Center for Climate. CERA-DB „REMO_BFG_C20_1H“ http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=REMO_BFG_C20_1H.

Keuler, K., M. Lautenschlager, C. Wunram, E. Keup-Thiel, M. Schubert, A. Will, B. Rockel, and U. Boehm, 2009: Climate Simulation with CLM, Climate of the 20th Century run no.2, Data Stream 2: European region MPI-M/MaD. World Data Centre for Climate. doi:10.1594/WDCC/CLM_C20_2_D2. http://dx.doi.org/10.1594/WDCC/CLM_C20_2_D2.

Keuler, K., M. Lautenschlager, C. Wunram, E. Keup-Thiel, M. Schubert, A. Will, B. Rockel, and U. Boehm, 2009: Climate Simulation with CLM, Climate of the 20th Century run no.3, Data Stream 2: European region MPI-M/MaD. World Data Centre for Climate. doi:10.1594/WDCC/CLM_C20_3_D2. http://dx.doi.org/10.1594/WDCC/CLM_C20_3_D2.

Lautenschlager, M., K. Keuler, C. Wunram, E. Keup-Thiel, M. Schubert, A. Will, B. Rockel, and U. Boehm, 2009: Climate Simulation with CLM, Climate of the 20th Century run no.1, Data Stream 2: European region MPI-M/MaD. World Data Centre for Climate. doi:10.1594/WDCC/CLM_C20_1_D2. http://dx.doi.org/10.1594/WDCC/CLM_C20_1_D2.

5. Interviewpartner

Hans-Helmut Dürnberg, NABU Elmshorn

Dr. Ingo Entelmann, Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg

Dr. Andreas Wrede, Landwirtschaftskammer

Jörg Schmidt-Hilger, Stadtplanungsamt Elmshorn

Thomas Beiersdorf, Stadtentwässerung Elmshorn

Michael Ahne, Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein

Dietmar Wienholdt, Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes SH

Norbert Jänisch, Kreis Pinneberg, Fachdienst Umwelt, Untere Wasserbehörde

Markus Pietrucha, Klimaschutzmanager Elmshorn

Bernhard Titjen, Vorsitzender Gewässerverband Krückau

Lars Kuhlmann, Vorsitzender Kreisbauernverband Pinneberg

Bernd-Ulrich Netz, Landesamt für Landwirtschaft,
Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein

Dr. Elisabeth Rudolph, Bundesanstalt für Wasserbau

Ute Hagemeyer und Daniela Zockoll, Abwasserzweck-
verband Südholstein

Helmut Teichmann, Kreis Pinneberg, Regionalma-
nagement

Arno Freudenhammer, Leiter des Umweltamtes
Elms-horn i. R.

Thorsten Rockel, Bürgermeister der Gemeinde
Seestermühe

Dr. Nicole von Lieberman, Hamburg Port Authority

Vera Hippauf, Leiterin des Amtes für Gebäudemanage-
ment Elmshorn

Holger von Thun, Kreis Pinneberg, Leiter des Fach-
dienstes Umwelt

Anja Vratny, Leitstelle Klimaschutz des Kreises
Pinneberg

Hans-Rudolph Heinsohn und Matthias Reimers,
Marschenverband Schleswig-Holstein

Bernd Küsel, Geschäftsleitung Peter Kölln KGaA

Geocaches

Beschreibung Geocache Nr. 1:

An vielen Orten in und um Hamburg haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersucht, wie wir uns in dieser Region schrittweise an ein verändertes Klima anpassen können. Denn von zukünftigen klimatischen Veränderungen sind nahezu alle Dinge betroffen, die uns heute selbstverständlich erscheinen. In Elmshorn begibst Du Dich auf die Spuren der Klimaforscher und kannst spannenden Fragen auf den Grund gehen.

Wichtige Informationen für die Spurensuche:

Am besten begibst Du Dich mit dem Fahrrad auf die Spurensuche! Du durchquerst auf einer Strecke von ca. 6 Kilometern Wiesen und Wälder und kannst die Route gemütlich in 1 - 1 1/2 Stunden abfahren. Bitte beachte, dass in dem Cache kein Stift vorhanden ist! Papier und Taschenrechner können Dir das Spurenlesen erleichtern. Elmshorn ist mit ca. 48 850 Einwohnern die sechstgrößte Stadt Schleswig- Holsteins und weist mit einer Einwohnerzahl von 2 322 pro km² eine höhere Dichte als Hamburg auf. Die Krückau ist ein 37 km langer Fluss und mündet westlich von Elmshorn in die Elbe. Sie entwässert ein Einzugsgebiet von etwa 274 km².¹

Startpunkt

Im Jahr 1828 wurde mit der Begradigung der Krückau begonnen, da zuvor nur kleine Schiffe nach Elmshorn gelangen konnten. Durch die Verkürzung des Gewässerverlaufs erhöht sich die Strömungsgeschwindigkeit und die Sedimente gelangen in das Stadtgebiet von Elmshorn. Dort füllen sie das Gewässerbett auf. Der Hafen wirkt durch sein breites Flussbett wie ein Absetzbecken, da sich die Sedimente dort absetzen, wo das Wasser am langsamsten fließt.

Elmshorn war im Jahr 1910 der drittgrößte Getreideumschlagsplatz nach Magdeburg und Hamburg im Deutschen Reich. Mit dem Schiff wurde Getreide aus Übersee in den Elmshorner Hafen transportiert und im Anschluss zur Weiterverarbeitung zu den Großmühlen gebracht. Das Elmshorner Köllnflockenwerk, Europas größte Hafermühle, wurde bis zum 21. November 2000 durch das Binnenfrachtschiff „Klostersande“ mit Hafer beliefert. Durch die zunehmende Verschlickung des Hafens war jedoch keine volle Beladung des Schiffes mehr möglich und der Schiffstransport des Hafers nicht mehr wirtschaftlich. Die Klostersande konnte auf ihrer letzten Fahrt nur noch 200 von ursprünglich 442 Tonnen Getreide transportieren³.

Ein Binnenschiff stößt im Durchschnitt bei einem Frachtgewicht von einer Tonne rund 17 Gramm CO₂ pro Kilometer aus. Die Getreidebelieferung des Elmshorner Köllnflockenwerks wird nun durch Lkws ersetzt. Ein Lkw in der Landwirtschaft darf gemäß der Straßenverkehrsordnung insgesamt maximal 40 Tonnen schwer sein, das entspricht einer Ladekapazität von rund 26 Tonnen. Der LKW mit dem zulässigen Gesamtgewicht stößt beim Transport einer Tonne Durchschnittsgut rund 68 Gramm CO₂ pro Kilometer aus.

Frage 1: Wie kann sich die Wahl des Transportmittels auf das Klima auswirken?

- a) Um die vollbeladene Schiffsfracht der „Klostersande“ zu ersetzen sind, 19 Lasterladungen nötig. Der doppelt so hohe CO₂ Ausstoß durch den Getreidetransport mit Lkws hat keine Auswirkungen auf unser Klima. (X=856)
- b) Ob die Haferflocken mit der Klostersande oder in LKW's kommen, ist egal. Hauptsache, es können genug Haferflocken produziert werden! Das ist schließlich gut für die Landwirtschaft und für die Gesundheit. (X=937)
- c) Um die vollbeladene Schiffsfracht der „Klostersande“ zu ersetzen, sind 17 Lasterladungen nötig. Der Getreidetransport per Lkw verursacht einen vierfach erhöhten CO₂-Ausstoß in die Atmosphäre im Vergleich zum Binnenschiff und trägt damit zur Erwärmung der Erde bei. (X=955)

Frage 2: Wie stark ist das Südufer des Hafens durch Hochwasser gefährdet?

a) Es ist sehr unwahrscheinlich, dass der Wasserpegel die Kante des Hafenbeckens überschreitet, da das Hafenbecken im Elmshorner Hafen sehr tief ist. (Y=532)

b) Sofern der Wasserpegel die Markierung 77 überschreitet, droht das Wasser die Kante des Hafenbeckens zu überschreiten und es kann zu Überschwemmungen im Elmshorner Hafen kommen. Zum Schutz könnte am Südufers, eine mobile Hochwasserschutzwand errichtet werden. (Y=659)

c) Das Wasser tritt über die Kante des Hafenbeckens, sofern die Marke von 72 überschritten wird. Das Südufer ist aber ausreichend gesichert und das Wasser könnte direkt über die Kanalisation abfließen. (Y=786)
Um zur nächsten Station zu gelangen, ergänzt Du nun die Koordinaten mit dem x- und y- Wert der richtigen Antworten: N53° 44. ___ (X), E9° 39. ___ (Y)

Steindampark I

Hintergrund:

Schräg vor Dir liegt nun der Steindampark und Du kannst ein Regenwasser-Pufferbecken sehen. Dieses Rückhaltebecken hat eine wichtige Funktion: Das Kanalsystem der Hamburger Straße wird durch das Ableiten des Regenwassers bei Starkregenereignissen in das Becken entlastet. So kann die Überflutung der sogenannten „Badewanne“, damit ist die hinter dir liegende Bahnunterführung gemeint, verhindert werden. Das Regenrückhaltebecken führt keinen dauerhaft hohen Wasserstand⁴. Das Wasser aus dem Rückhaltebecken wird im Anschluss in einen Umlaufgraben geleitet, welcher das Regenwasser aus der Stadt um den Steindammteich herumführt und in die Krückau leitet⁵.

Frage: Wie oft kommt das Rückhaltebecken zum Einsatz?

Der Deutsche Wetterdienst warnt vor Starkregen, sofern in einer Stunde ≥ 25 mm Niederschlag fällt. Starkregen kann zu schnell ansteigenden Wasserständen und zu Überschwemmungen führen. Durch die Änderung klimarelevanter Größen wie z.B. Temperatur, Niederschläge oder Windverhältnisse werden Starkregeneignisse in Zukunft häufiger auftreten¹.

Aufgabe: Berechne, unabhängig von Einflussvariablen wie z.B. dem Zufluss der Krückau, wie lange der Starkregen anhalten könnte, bis das Regenwasserrückhaltebecken im Steindampfpark überläuft. Rechne die Gesamtanzahl der Stunden in Tage, Stunden und Minuten um! Runde bei dieser Rechnung immer auf die zweite Stelle hinter dem Komma.

Um die Aufgabe lösen zu können, haben wir einen kleinen Hinweis für Dich hinterlassen. Schau Dich unauffällig ein bisschen um, er befindet sich am Fuße des Baumes. Hinweise zum Lösen der Aufgabe:

Höhe des Beckens = Fassungsvermögen : Grundfläche
Anzahl der Stunden = Höhe des Beckens : 0,025 m/Stunde
Setze nun die Ergebnisse ein, um den x-Wert und y-Wert für die Koordinaten zu bekommen:

X= ____ (Tage) • 33

Y= ____ (Stunden) + ____ (Minuten) – 7

HINWEIS ZUR KONTROLLE: Die Quersumme sowohl der Stunden-, als auch der Minutenanzahl beträgt 3.

Um zur nächsten Station zu gelangen, trage x- und y-Wert in die Koordinaten ein:

N53° 45. ____ (X), E009° 39.8 ____ (Y)

Steindampfpark II

Zum Spurenlesen an diesem Ort folgende Informationen: Der Steindammteich ist ein künstlich geschaffenes Gewässer im Zentrum Elmshorns. Die Krückau ist mit dem Steindammwiesensee im Nordosten des Parks verbunden. Über das höhenverstellbare Wehr, an dem du dich nun befindest, läuft während des Tidenhochwassers das „Frischwasser“ in das Gewässer. Weiterhin kann bei Ebbe der Wasserstand im See so hoch gehalten werden, dass es nicht zum Fischsterben durch Niedrigwasser kommt. Um eine Durchströmung des Steindammteichs zu ermöglichen, befindet sich im Westen des Teichs eine Ablaufwehr. Hier wird das Wasser in den städtischen Umlaufgraben und im Anschluss wieder in die Krückau geleitet⁵.

Frage: Bis zu welcher Markierung kann das Wasser mit diesem Zulaufwehr maximal angestaut werden, ohne dass Du auf der Brücke nasse Füße bekommst?

a) Liegt der Wasserpegel bei der Marke von 6,80, kann ich die Brücke ohne Probleme passieren. Steigt das Wasser aber um weitere 40 cm an, tritt es über die Kante und ich bekomme nasse Füße. Sofern das Wasser der Krückau nicht mehr im Steindammteich zwischengespeichert werden kann, sind andere *Retentionsflächen nötig, um lokale Überflutungen in der Stadt zu verhindern. (N53° 45.294, E9° 39.847)

b) Ich kann die Brücke so lange ohne Probleme überqueren, bis der Wasserpegel die Markierung von 7,60 erreicht hat. (N53° 46.132, E9° 41.563)

c) Ich bekomme so oder so keine nassen Füße, denn wenn es so stark regnet, gehe ich nicht raus und schon gar nicht in den Steindampfpark! (N53° 46.242, E9° 41.578)
* Retentionsflächen können z.B. Grünflächen oder Parkplätze sein, die bei Starkregen zur temporären Wasserspeicherung kontrolliert geflutet werden, um andere Bereiche vor Überflutungen zu schützen.

Nun kannst du die Koordinaten hinter der richtigen Antwort ablesen, um zur nächsten Station zu gelangen.

Piening'sche Mühle

Hintergrundinformationen:

Du befindest Dich an einer ehemaligen Mühle, mit der noch bis 1937 Getreide mit Wasserkraft gemahlen wurde. Die Piening'sche Mühle hat zudem eine wichtige Steuerungsfunktion: Mit diesem Steuerungsbauwerk kann das Wasser aufgestaut werden. Ein Aufstau kann aus zwei Gründen notwendig sein:

Fall 1: Bei einem Elbhochwasser muss das Krückau-Sperrwerk an der Elbe manchmal für längere Zeit geschlossen bleiben, um die flussaufwärts gelegenen Gebiete an der Krückau vor dem hereindrückenden Hochwasser zu schützen. Da in diesem Fall auch kein Wasser aus der Krückau in die Elbe fließen kann, muss der Binnenabfluss der Krückau verringert werden. In diesem Fall wird das Steuerungsbauwerk zum Überflutungsschutz geschlossen.

Fall 2: Um unabhängig von den Gezeiten oberhalb von Elmshorn Wasser zu Bewässerungszwecken entnehmen zu können, muss das Wasser ebenfalls vorher aufgestaut werden.

Seit 2006 hat keine Stauung mehr durch das Wehr stattgefunden, um den Fluss für wandernde Fischarten durchgängig zu machen⁶. Aufgrund fehlender Anpassungsmaßnahmen des Wehrs könnten bei erforderlicher maximaler Anstauung Probleme entstehen.

Frage: Weshalb wird der Betrieb des Bauwerks wahrscheinlich häufiger erfolgen müssen?

a) Die Sommer werden immer heißer und es muss für die Bewässerung der Felder mehr Wasser aufgestaut werden. (N53° 46.321, E9° 41.416)

b) Durch die Änderung von z.B. Temperatur, Niederschlag und Windverhältnissen und damit verbundenen Folgeeffekten, wie z.B. dem Meeresspiegelanstieg, können Sturmfluten zu längeren und häufigeren Sperrwerksschließungen führen. Auch Binnenhochwasser und lokale Überflutungen im Stadtgebiet können durch heftigere Niederschlagsereignisse verstärkt auftreten. (N53° 46.021, E9° 41.403)

c) Der Betrieb des Bauwerkes entwickelt sich immer mehr zu einer touristischen Attraktion. (N53° 46.622, E9° 41.423)

Die Koordinaten der richtigen Antwort führen Dich zur nächsten Station!

Sandfang

Die Bedeutung vom Sandfang für Elmshorn:

Der Gewässerverlauf der Krückau wurde seit 1828 durch die Begradigung um ca. 30 Prozent verkürzt. Die Sedimente, welche zum großen Teil durch die Nutzung und Umgestaltung im Oberlauf der Krückau abgeschwemmt werden, gelangen durch die erhöhte Strömungsgeschwindigkeit im Gewässer bis in das Stadtgebiet von Elmshorn und füllen dort nach und nach das Gewässerbett auf.

Um das zu verhindern, befindet sich an dieser breiteren Stelle der Krückau ein Sandfang im Flussbett. Wie der Name verrät, wird damit der Sand, den das Wasser transportiert, aufgefangen und festgehalten. Im Gegensatz zu Schwebstoffen wird Sand normalerweise sohnah, das heißt rollend und springend an der Gewässersohle, transportiert. Hierzu bedarf es höherer Fließgeschwindigkeiten, die bei Hochwasser auftreten. Ca. alle 1-2 Jahre ist der Sandfang voll und muss ausgebaggert werden. Durch den Klimawandel drohen häufigere Hochwasserereignisse, die den Sandtransport begünstigen.

Frage 1: Der Sandfang erfüllt eine zusätzliche wichtige Funktion. Welche?

a) Aus dem Sandfang können die Wissenschaftler wertvolle Sedimentproben entnehmen. (x=54)

b) Die Durchwanderbarkeit der Krückau soll langfristig gewährleistet bleiben, da viele Fische, Neunaugen und Kleinlebewesen den Oberlauf der Krückau als Laich- und Aufwuchsgebiet nutzen. (X=66)

c) Das erhöhte Flussbett im Bereich des Sandfangs dient seltenen Pflanzenarten als Nährboden. (x=89)

Frage 2: Welche Folgen hätte es, wenn der Sandfang nicht vorhanden wäre?

a) Die besonderen Pflanzenarten könnten sich weiter ausbreiten und dort würde ein Lebensraum für spezielle Tierarten entstehen. (y=104)

b) Ohne den Sandfang würde die Krückau wieder ihr natürliches Flussbett zurückbekommen. (y=83)

c) Ohne den Sandfang würden sich die Sedimente im Unterlauf der Krückau ablagern. Die Verschlickung des Elmshorner Hafenbeckens würde weiter voranschreiten und eine unzureichende Wassertiefe bedingen, durch die die Hochwassergefahr im Stadtgebiet steigt. (Y=92)
Um zur nächsten Station zu gelangen, trage die x- und y-Werte der richtigen Antworten ein:
N53° 46.1 __ (X), E9° 41.6 __ (Y)

Mündung Offenau

Im Bereich der Bockholter Mühle mündet die Offenau in die Krückau. Neben dem Wasserzufluss trägt die Offenau vergleichsweise viele Schwebstoffe in die Krückau ein. Eine Hauptursache dafür ist, dass die Offenau durch mooriges Gebiet fließt, in welchem sie viele Schwebstoffe aufnehmen kann. Bei dem richtigen Blickwinkel kann man die deutlich höhere Schwebstoffkonzentration erkennen. Als Besonderheit ist zu erwähnen, dass die Krückau im Oberlauf noch Bereiche mit weitgehend naturnaher Gewässermorphologie und faunistischer Besiedlung aufweist. Die Gewässergüte hat sich seit dem Bau der Kläranlage in Hetlingen und besonders seit dem Anschluss des Klärwerks Kaltenkirchen 1981 an das Sammlernetz des Abwasser- Zweckverbandes Pinneberg wesentlich verbessert. Damit sind die Voraussetzungen für eine hohe Artenvielfalt sehr gut, vor allem für Arten, die eine hohe Wasserqualität benötigen.

Nun habt ihr den letzten Punkt vor dem Finale erreicht. Um die richtigen Koordinaten des Endcaches zu erhalten, müsst ihr nur die nachfolgende Frage lösen:

Frage: Von Deinem Standpunkt aus gesehen: Führt der vordere oder hintere Flussarm dunkleres Wasser?

a) Der vordere Flussarm (X=085, Y=574)

b) Der hintere Flussarm (X=007, Y=371)
Du bist dem Ziel schon ganz nahe. Setze nun noch die Koordinaten der richtigen Antwort ein: N53° 46.__(X), E9° 41.__(Y) und sie werden Dich zum Finale führen!
Herzlichen Glückwunsch! Du hast alle Spuren richtig gelesen und bist nun ein echter Klimaexperte!

Quellenverzeichnis:

- 1 KLIMZUG-NORD, 2013; Endbericht Elmshorn
- 2 KLIMZUG-NORD, 2012; Elmshorn und Umland im Klimawandel
- 3 Industriemuseum Elmshorn, 2013
- 4 Stadt Elmshorn, 2012; Steindampfpark
- 5 Stadt Elmshorn, 2012; Haushalt 2013 – Nutzung des Steindammteichs für Regenrückhaltung
- 6 Higlister, 2011: Where will be the End of the Pipe? Diplomarbeit HCU

Veröffentlicht und abrufbar unter:

http://www.geocaching.com/geocache/GC4Q0B4_mit-klimzug-nord-dem-klima-auf-der-spur-teil-1
Beschreibung Geocache Nr. 2:

An vielen Orten in und um Hamburg haben WissenschaftlerInnen untersucht, wie wir uns in dieser Region schrittweise an ein verändertes Klima anpassen können. Denn von zukünftigen klimatischen Veränderungen sind nahezu alle Dinge betroffen, die uns heute selbstverständlich erscheinen. In Elmshorn begibst Du Dich auf die Spuren der Klimaforscher und kannst spannenden Fragen auf den Grund gehen.

Wichtige Informationen für die Spurensuche:

Hier haben wir einen ganz kleinen Multicache für euch angelegt! Die Route umfasst nicht mal einen Kilometer und du kannst sie ganz entspannt in wenigen Minuten ablaufen oder mit dem Fahrrad entlangfahren. Bitte beachte, dass in dem Cache kein Stift vorhanden ist! Papier und Taschenrechner können Dir das Spurenlesen erleichtern. Happy Hunting wünscht euch KLIMZUG-NORD!

Elmshorn ist mit ca. 48 850 Einwohnern die sechstgrößte Stadt Schleswig- Holsteins und weist mit einer Einwohnerzahl von 2 322 pro km² eine höhere Dichte als Hamburg auf. Die Krückau ist ein 37 km langer Fluss und mündet westlich von Elmshorn in die Elbe. Sie entwässert ein Einzugsgebiet von etwa 274 km².¹

Ausgangspunkt: Schöpfwerk Kaltenweide

Hintergrund: Die Bedeutung von Schöpfwerken für Elmshorn

Die Stadt Elmshorn war in der Vergangenheit schon häufiger von Überflutungen betroffen. Bei den Ursachen des Hochwassers ist zwischen Sturmfluten, Binnenhochwasser und lokalen Überflutungen zu unterscheiden.

Von einer Sturmflut in der Elbe wird gesprochen, wenn die Wasserstände deutlich über den natürlichen durch die Gezeiten hervorgerufenen Wasserständen liegen. Die Hauptursache für eine solche Erhöhung sind starke Westwinde über der Deutschen Bucht.

Binnenhochwasser werden dagegen durch extreme Niederschlagsmengen verursacht, die entweder innerhalb kürzester Zeit fallen können oder über mehrere Tage in einem lang andauernden Regen. Hierdurch gelangen große Wassermengen in die Krückau, die dadurch über die Ufer treten kann. Bei sehr kurzen, heftigen Ereignissen kann die Kanalisation an ihre Grenzen stoßen². Die Funktionsfähigkeit der Regenwasserkanalisation ist von der Aufnahmefähigkeit der Krückau abhängig.

Ca. 95 % des Niederschlagswassers, das nicht vor Ort versickern oder zurückgehalten werden kann, fließt über ein unterirdisches Kanalnetz in Kombination mit einem offenen Grabensystem in die Krückau. Die Kanalauslässe sind an vielen Stellen mit Klappen versehen, die sich bei hohem Wasserstand der Krückau durch den Außendruck verschließen lassen. Der Verschluss der Kanalauslässe führt zu einem Rückstau in der Kanalisation¹.

Du befindest Dich nun an einer Vorrichtung, die in Zukunft insbesondere alle im Nordosten der Stadt Elmshorn lebenden Bürger vor Überflutungen bei heftigen Regenfällen deutlich besser schützen soll. Das Schöpfwerk ist eine Hebevorrichtung für Wasser, welches das Oberflächenwasser von Niederungen und Marschen an der See und an Flüssen ableitet. Das Wasser wird mithilfe einer Pumpe aus der niedriger gelegenen Gegend angehoben. Es entsteht ein Gefälle, welches das Abfließen des Wassers ermöglicht. Das vor dir liegende Schöpfwerk Kaltenweide besteht aus zwei Pumpen und entwässert vor allem die Siedlung rund um den Koppeldamm und den Philosophenweg als auch das Industriegebiet Nord mit den viel bebauten Flächen.

Um die folgende Rechenaufgabe lösen zu können, haben wir Dir einen kleinen Hinweis hinterlassen. Drehe Dich um und Du entdeckst einen Elektrokasten hinter Dir. Wenn Du dich ca. 1/2 Meter auf der linken Seite neben diesem Kasten hinkniest, bist Du dem Hinweis schon ganz nah. Diesen Hinweis findest Du vor Ort: Wie viele Liter Wasser können beide Pumpen zusammen pro Sekunde bewegen? Vertraue zur Lösung lieber nicht unserem Freund und Helfer, dem Internet ;)

Aufgabe: Wie viel Zeit würden beiden Pumpen zusammen theoretisch benötigen, um ein olympisches Schwimmbecken mit einer Länge von 50 Metern, einer Breite von 25 Metern und zwei Meter Tiefe leer zu pumpen?
Hinweis: 1m³ entspricht 1 000 Litern.

a) Die Pumpen benötigen 50 Minuten, um ein olympisches Schwimmbecken zu leeren. (X=693, Y=601)

b) Die Pumpen benötigen rund 25 Minuten, um ein olympisches Schwimmbecken zu leeren. (X=753, Y=644)

c) Die Pumpen benötigen ca. 35 Minuten, um ein olympisches Schwimmbecken zu leeren. (X=812, Y=703)
Um zum Finale zu gelangen, trage die X- und Y-Werte in die Koordinaten ein: N53° 45.__(X), E9° 40.__(Y).

Vorsicht, bei schönem Wetter tummeln sich in dieser schönen Gegend viele Muggel herum!

Quellenverzeichnis:

- 1 KLIMZUG-NORD, 2013; Endbericht Elmshorn
- 2 KLIMZUG-NORD, 2012; Elmshorn und Umland im Klimawandel

Veröffentlicht und abrufbar unter:

http://www.geocaching.com/geocache/GC4QN5C_mit-klimzug-nord-dem-klima-auf-der-spur-teil-2

Beteiligte Autorinnen und Autoren und Institutionen

Technische Universität Hamburg-Harburg (TUHH)

Institut für Wasserbau

unter der Leitung von:

bis 2010: Prof. Dr.-Ing. Erik Pasche,

2011: Dr.-Ing. Karl-Friedrich Daemrich (kommissarische Leitung),

seit 2012: Prof. Dr.-Ing. Peter Fröhle

Mitarbeit:

Dipl.-Ing. Edgar Nehlsen

Dipl.-Ing. Giovanni Palmaricciotti



HafenCity Universität Hamburg (HCU)

Fachgebiet „Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung“

Leitung:

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut

Mitarbeit:

Dipl.-Ing. Elke Kruse



Fachgebiet „Stadtplanung und Regionalentwicklung“

Leitung:

Prof. Dr.-Ing. Jörg Knieling

Mitarbeit:

Dipl.-Ing. Lisa Kunert

Dipl.-Ing. Martin Krekeler

M.Sc. Nancy Kretschmann

M.Sc. Katharina Klindworth

Universität Hamburg

Meteorologisches Institut,

Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN)

Leitung:

Prof. Dr. K. Heinke Schlünzen

Mitarbeit:

Dipl.-Met. Marita Linde

Dr. Peter Hoffmann



TuTech Innovation GmbH

Dipl.-Soz. Birgit Hohberg



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Büro Forschung & Transfer

Lothar Hartmann



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

KLIMZUG-NORD Kursbuch und Berichte aus den Modellgebieten

Im „Kursbuch Klimaanpassung. Handlungsoptionen für die Metropolregion Hamburg“ sind die wesentlichen Ergebnisse des fünfjährigen Verbundvorhabens KLIMZUG-NORD zusammengefasst. Das Kursbuch wird begleitet und ergänzt von sechs Berichten aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, die vertiefende Informationen liefern.

KLIMZUG-NORD Verbund (Hrsg.) (2014): Kursbuch Klimaanpassung.
Handlungsoptionen für die Metropolregion Hamburg,
TuTech Verlag, Hamburg.
ISBN: 978-3-941492-66-0

Rechid, Diana; Petersen, Juliane; Schoetter, Robert; Jacob, Daniela (2014): Klimaprojektionen für die Metropolregion Hamburg. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten,
Band 1, TuTech Verlag, Hamburg.
ISBN: 978-3-941492-67-7

Kruse, Elke; Zimmermann, Thomas; Kittel, Anne; Dickhaut, Wolfgang; Knieling, Jörg; Sörensen, Christiane (Hrsg.) (2014): Stadtentwicklung und Klimaanpassung: Klimafolgen, Anpassungskonzepte und Bewusstseinsbildung beispielhaft dargestellt am Einzugsgebiet der Wandse, Hamburg. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten,
Band 2, TuTech Verlag, Hamburg.
ISBN: 978-3-941492-68-4

Nehlsen, Edgar; Kunert, Lisa; Fröhle, Peter; Knieling, Jörg (Hrsg.) (2014): Wenn das Wasser von beiden Seiten kommt – Bausteine eines Leitbildes zur Klimaanpassung für Elmshorn und Umland. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten,
Band 3, TuTech Verlag, Hamburg.
ISBN: 978-3-941492-69-1

Schlünzen, K. Heinke; Linde, Marita (Hrsg.) (2014): Wilhelmsburg im Klimawandel. Ist-Situation und mögliche Veränderungen. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten,
Band 4, TuTech Verlag, Hamburg.
ISBN: 978-3-941492-70-7

Prüter, Johannes; Keienburg, Tobias; Schreck, Christiane (Hrsg.) (2014): Klimafolgenanpassung im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalau – Modellregion für nachhaltige Entwicklung. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten,
Band 5, TuTech Verlag, Hamburg.
ISBN: 978-3-941492-71-4

Urban, Brigitte; Becker, Jürgen; Mersch, Imke; Meyer, Wibke; Rechid, Diana; Rottgardt, Elena (Hrsg.) (2014): Klimawandel in der Lüneburger Heide – Kulturlandschaften zukunftsfähig gestalten. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten,
Band 6, TuTech Verlag, Hamburg.
ISBN: 978-3-941492-72-1

Der Bericht „Wenn das Wasser von beiden Seiten kommt – Bausteine eines Leitbildes zur Klimaanpassung für ELMSHORN und Umland“ stellt zukünftige Klimafolgen und ihre Auswirkungen bis zum Jahr 2050 für das Einzugsgebiet der Krückau und für die Stadt Elmshorn dar.

Der Bericht präsentiert die Forschungsergebnisse eines interdisziplinären Teams aus Fachexpertinnen und -experten aus Meteorologie, Sozialwissenschaften, Stadt- und Regionalplanung, Freiraumplanung, Siedlungswasserwirtschaft und Wasserbau, das im Rahmen des Verbundprojektes KLIMZUG-NORD zusammengearbeitet hat.

Die Untersuchungen in den Modellgebieten sind Baustein eines abgestimmten Handlungskonzeptes zum Klimafolgen-Management in der Metropolregion mit dem Zeithorizont 2050. Das Modellgebiet Elmshorn und Umland steht für die Typologie Mittelzentren im Umland einer Großstadt. Die Modellstudie soll beispielhaft die Frage beantworten: Wie können Stadt-, Regional- und Fachplanung auf die geänderten klimatischen Bedingungen und deren Auswirkungen reagieren? Vor dem Hintergrund des Klimawandels wurden schon heute auftretende Probleme im Bereich der Hochwasserrisiken analysiert. Dabei wurden sowohl Hochwasser als auch lokale Überschwemmungen infolge von Starkregenereignissen betrachtet und Anpassungsstrategien mit lokalen Akteuren und Fachexperten im Rahmen einer Lern- und Aktionsallianz diskutiert.

Der Bericht stellt sowohl Analyseergebnisse und Vorschläge zur Anpassung als auch eine Reihe von erprobten Beteiligungsinstrumenten dar. Dabei richtet er sich an die kommunalen Fachbehörden und die Anlieger im Einzugsgebiet der Krückau ebenso wie an die interessierte Öffentlichkeit. Er gibt ein gutes Praxisbeispiel für Kommunen ähnlicher Lage und soll helfen, den Bedarf von Anpassungsmaßnahmen auch politisch zu verankern.

Das Verbundprojekt KLIMZUG-NORD wird gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), die Freie und Hansestadt Hamburg und die Metropolregion Hamburg.

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



ISBN: 978-3-941492-69-1