

nordwest2050

Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse
in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten

Sektorale Roadmap

Küstenschutz

**Handlungspfade und Handlungsempfehlungen auf
dem Weg zu einer klimaangepassten und resilienten
Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten**

Sustainability Center Bremen (SCB)

Impressum

Autoren:

Dr. Joachim Nibbe
Tel: 0421/230011-17, E-Mail: Joachim.Nibbe@t-online.de

Sustainability Center Bremen (SCB)
Jakobistr. 20
D-28195 Bremen

Stefan Wittig
Tel: 0421/694981-28, E-Mail: wittig@bioconsult.de

BioConsult Schuchardt & Scholle GbR
Reeder-Bischoff-Straße 54
28757 Bremen

Die vorliegende Publikation wurde im Rahmen des Forschungsverbundes „nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten“ erstellt. Für den Inhalt sind die genannten Autorinnen und Autoren verantwortlich.

Bremen, September 2013

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Inhalt der Roadmap für das Handlungsfeld Küstenschutz	2
1.2 Zur Situation und Bedeutung des Küstenschutzes im Nordwesten	2
2. Regionaler Klimawandel: die ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien	4
3. Verwundbarkeitsanalyse für den Küstenschutz: Risiken und Chancen.....	6
4. Vision 2050 für den Küstenschutz	9
5. Handlungsempfehlungen und Handlungspfade.....	10
5.1 Problemsicht der Küstenschutzvertreter aus den Landesverwaltungen	11
5.2 Zukünftige Küstenschutzstrategie: Ergänzungsoptionen vorbereiten	12
5.3 Flächenverfügbarkeit, Flächennutzungskonflikte und räumliche Planung	14
5.4 Finanzielle Ressourcen, Kooperation und Organisation	17
5.5 Bildung und Kommunikation zu Sicherheit und Risiko	19
5.6 Zusammenfassender Überblick	22
6. Literaturverzeichnis.....	23

Verzeichnisse

Tabellenverzeichnis

<i>Tab. 1: Regionale Klimaveränderung</i>	5
<i>Tab. 2: Übersicht der Ergebnisse der Verwundbarkeitsanalyse für das Handlungsfeld Küstenschutz</i>	7

Abbildungsverzeichnis

Abb 1: Überblick Handlungspfade und Handlungsempfehlungen	22
---	----

1. Einleitung

Die vorliegende sektorale Roadmap für das Handlungsfeld Küstenschutz gibt Empfehlungen und zeigt Handlungsoptionen auf, die zu einer klimaangepassten und resilienten Entwicklung der Region im Küstenschutz beitragen. Eine resiliente Region ist gekennzeichnet durch ihre Widerstands-, Anpassungs- und Gestaltungsfähigkeit. Diese Roadmap beinhaltet also nicht nur eine Bewältigung des Klimawandels im Sinne einer Anpassungsleistung, sondern bezieht sich darüber hinaus auf eine Verbesserung der Resilienz der regionalen politisch-administrativen, ökonomischen, sozialen, technischen und ökologischen Systeme angesichts von erwartbar zunehmend dynamischen und turbulenten Rahmenbedingungen. Insofern dient diese Roadmap sowohl der Verringerung der Risiken durch den Klimawandel, als auch der Wahrnehmung von Chancen, die sich in der Form neuer Gestaltungsoptionen ergeben können.

Das transdisziplinäre Forschungsprojekt ‚nordwest2050‘ wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung damit beauftragt, die regionale Anpassungskompetenz an die Folgen des Klimawandels in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten (Metropolregion) zu steigern. Ziel ist es, die zu erwartenden Klimaveränderungen adäquat in regionale Planungs- und Entscheidungsprozesse modellhaft einzubinden und gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit der Region zu stärken. Hierfür wurden seit 2009 mehrere Prozessphasen durchlaufen:

1. ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien: Erstellung regionaler erwarteter Spannbreiten des Klimawandels für den Raum der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten für die Zeithorizonte 2050 und 2085;
2. *Vulnerabilitätsanalysen (Verwundbarkeitsanalysen)*: Untersuchung der Bedeutung des Klimawandels für die Region und ihre Wirtschaft (bis Anfang 2012);
3. *Innovationspotenzialanalysen*: Identifizierung vorhandener Kompetenzen und Potenziale in den drei Wirtschaftsklustern Ernährungswirtschaft, Hafen/Logistik -und Energie sowie in der Region, um auf die neuen Herausforderungen des Klimawandels zu reagieren (bis Mitte 2012);
4. *Vision 2050*: Orientierungsrahmen für Klimaanpassungsstrategien in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten (bis Anfang 2013);
5. **zehn sektorale Roadmaps: Erarbeitung von Empfehlungen, wie den Herausforderungen des Klimawandels begegnet werden sollte;**
6. *Integrierte „Roadmap of Change“: Erstellung eines konsistenten Fahrplans für Klimaanpassungsstrategien in der Region bis zum Jahr 2050*

Die ersten vier Phasen sind bereits abgeschlossen und dienen als Grundlage der vorliegenden sektoralen Roadmap für das Handlungsfeld Küstenschutz. Die Kapitel 2, 3 und 4 in diesem Dokument fassen diese Ergebnisse zusammen. Das darauf folgende Kapitel 5 „Handlungspfade und Handlungsempfehlungen“ wurde in einem mehrstufigen Prozess erarbeitet. Zunächst wurden die Kernziele der Vision 2050 zum Handlungsfeld Küstenschutz herausgearbeitet. Daraufhin hat am 8. April 2013 ein Workshop stattgefunden, zu dem Akteure aus dem Raum der Metropolregion eingeladen wurden. Ziel des Workshops war es, Maßnahmen und Handlungspfade zu beschreiben, die zur Erreichung der Vision beitragen. Die Ergebnisse des

Workshops wurden von den Autoren zu einem ersten Entwurf einer Roadmap aufbereitet und den Teilnehmern des Workshops¹ sowie weiteren Interessierten² zur Kommentierung zur Verfügung gestellt. Die eingegangenen Anregungen und Hinweise wurden von den Autoren gesichtet und eingearbeitet. Dementsprechend ist der vorliegende Text des Kapitels 5 unter Mitwirkung und Einbezug des Wissens regionaler Akteure des Küstenschutzes entstanden; für die Kapitel 2, 3 und 4 liegt die inhaltliche Verantwortung bei ‚nordwest2050‘ und den Autoren.

Die Ergebnisse aus den zehn sektoralen Roadmaps bilden die Grundlage für die sechste und letzte Prozessphase: die Erstellung der integrierten Roadmap of Change. Diese wird handlungsfeldübergreifende und konsistente Strategien und Handlungsoptionen auf dem Weg zu einer klimaangepassten und resilienten Metropolregion beschreiben. Aufgrund der stetigen Veränderungen und Unsicherheiten bezüglich zukünftiger Entwicklungen werden einerseits konkrete Handlungsempfehlungen aufgezeigt, die kurzfristig umgesetzt werden sollten. Andererseits werden mögliche Handlungspfade beschrieben, deren Konkretisierungsgrad geringer ist und die auf die Entwicklungen in den kommenden Jahrzehnten abgestimmt werden müssen. Entsprechend bilden die sektoralen Roadmaps und die integrierte Roadmap of Change so genannte „living documents“, in denen erste Ideen und mögliche Schritte zu einer klimaangepassten und resilienten Region beschrieben sind, die aber kontinuierlich erweitert und angepasst werden müssen.

1.1 Inhalt der Roadmap für das Handlungsfeld Küstenschutz

In der vorliegenden sektoralen Roadmap werden – nach einer kurzen Einführung in die Situation und Bedeutung des Küstenschutzes (Abschnitt 1.2) – in Kapitel 2 zunächst die für den Küstenschutz relevanten regionalen Veränderungen des Klimas aufgezeigt, wie sie in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien beschrieben sind. Anschließend werden in Kapitel 3 die Ergebnisse der Verwundbarkeitsanalyse für den Küstenschutz dargestellt, wobei das Klimasignal, die möglichen Auswirkungen und die Anpassungskapazität angesprochen werden. Kapitel 4 enthält die Kernaussagen der im Vorfeld der Roadmap-Erstellung entwickelten „Vision 2050“ für das Handlungsfeld Küstenschutz. Im Sinne der Handlungsorientierung der sektoralen Roadmap werden schließlich in Kapitel 5 auf Basis der Workshopdiskussion kurzfristige Handlungsempfehlungen für den Zeithorizont 2020 und mittel- bis langfristige Handlungspfade für den Zeitraum 2020 bis 2050 und darüber hinaus benannt und erläutert.

1.2 Zur Situation und Bedeutung des Küstenschutzes im Nordwesten

Küstenschutz für die an der Nordseeküste gelegene Metropolregion ist von existenzieller Bedeutung für die Sicherung des Siedlungs-, Wirtschafts- und Kulturrums und damit für das Leben und Wirtschaften in dieser Region. In Niedersachsen schützt eine mehr als 600 km lange Deichlinie einen rund 6.600 km² großen Siedlungsraum, in dem 1,2 Mio. Menschen leben, vor Überflutungen durch Sturmfluten. Im Land Bremen werden durch eine über 80 km lange Hauptdeichlinie entlang der Unterweser rund 360 km² Landesfläche geschützt. Hier leben etwa 570.000 Menschen, was 86 % der Gesamtbevölkerung des Landes Bremen entspricht.

¹Regionale Akteure aus folgenden Institutionen haben am Prozess mitgewirkt, in dem sie am Workshop teilgenommen haben und den Entwurf der Roadmap kommentieren konnten: Senator für Wirtschaft, Arbeit und Häfen, Bremischer Deichverband am rechten Weserufer, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz; Senator für Umwelt, Bau und Verkehr; II. Oldenburgische Deichband; Forschungsstelle Küste, NLWKN – Betriebsstelle Verden;

²Regionale Akteure aus folgenden Institutionen haben am Prozess mitgewirkt in dem sie den Entwurf der Roadmap kommentiert haben: bremenports GmbH & Co. KG

Die Region an der niedersächsischen Küste und das Land Bremen weisen eine hohe Sensitivität gegenüber Sturmflutereignissen auf. Zumal es einen absoluten Schutz gegen extreme Sturmflutereignisse nicht gibt (vgl. NLWKN 2007). So kann es im Extremfall zu einem Versagen des Küstenschutzsystems kommen und die daraus resultierenden Sturmflutschäden könnten in den deichgeschützten Bereichen zu hohen Sachschäden sowie zu Verlusten an Menschenleben führen. Denn trotz der deterministisch ermittelten Bemessungswasserstände, die für Küstenschutzbauwerke ein festgelegtes Sicherheitsmaß darstellen, ist nicht auszuschließen dass Sturmflutereignisse oberhalb dieses Bemessungswasserstandes eintreten können. Insofern verbleibt immer ein gewisses Restrisiko hinsichtlich des Versagens von Küstenschutzelementen (Deiche, Sperrwerke, Schleusen etc.) durch z. B. Wellenüberlauf, Überströmen oder Deichbruch. (Wittig et al. 2012: 57).

Die in der Metropolregion bestehenden Siedlungen, Gewerbe- und Industriebetriebe, Infrastrukturen und (land-)wirtschaftlichen bzw. touristischen Nutzungen repräsentieren hohe Werte. Die dortigen Küstengebiete weisen damit ein hohes Schadenspotenzial auf. Zu unterscheiden ist hier zwischen direkten Schäden (Vermögens- und Anlageschäden sowie ökologische Schäden) und indirekte Schäden (z. B. Produktionsausfall, Wertschöpfungs- und Einkommensverluste). Während direkte Schäden nur in von Überflutungsereignissen betroffenen Bereichen entstehen, sind indirekte Schäden nicht allein auf diese Gebiete begrenzt, sondern können aufgrund der volkswirtschaftlichen Verflechtungen mit anderen Regionen auch weit darüber hinaus reichen (Mai et al. 2007). Ein Überflutungsereignis hat demnach nicht nur auf die Wirtschaftstätigkeit und Beschäftigungssituation der unmittelbar von der Sturmflut betroffenen Gebiete negative Folgen, sondern kann sich sowohl in räumlicher als auch in zeitlicher Hinsicht über das betroffene Gebiet bzw. das eigentliche Ereignis hinaus auswirken (vgl. Elsner et al. 2005).

Insgesamt lässt sich festhalten, dass der Küstenschutz unter der Vielzahl der Aktivitäten im Küstenraum eine existenzielle Stellung einnimmt, da er diejenigen Flächen vor Überflutungen sichert, die die Nutzungen und Entwicklungen innerhalb der Region erst ermöglichen (vgl. Schuchardt et al. 2011).

2. Regionaler Klimawandel: die ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien

Für die Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf regionaler Ebene (s. Kapitel 3) sowie für die Ableitung von Anpassungsanforderungen (s. Kapitel 5) sind Aussagen über den regionalen Klimawandel notwendig. Hierzu ist es erforderlich, die aktuellen regionalen Klimamodelle heranzuziehen und deren Ergebnisse für die Region auszuwerten. Stand der Klimawissenschaft ist dabei die Verwendung von Modellensembles, um auch Aussagen über die Robustheit der in den Klimaszenarien verwendeten Modellergebnisse treffen zu können. Anders als bei Vorhersagen bzw. Prognosen geht es also bei Szenarien nicht um Eintrittswahrscheinlichkeiten, sondern um plausible Zusammenhänge, auf deren Grundlage eine bestimmte Entwicklung abgeschätzt werden kann; dementsprechend wird von Projektionen gesprochen. **Entscheidend** ist daher, dass in den Klimaszenarien von ‚nordwest2050‘ **bestimmte Entwicklungskorridore – im Sinne von Spannweiten** innerhalb derer sich die Klimaparameter bewegen – festgelegt werden.

Tabelle 1 fasst die in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien festgelegten Veränderungen der für den Küstenschutz relevanten Parameter zusammen. Die Gesamtergebnisse der Klimaszenarien finden sich in Schuchardt et al. 2010a und 2010b. Aus den dargestellten Veränderungen der Klimaparameter im Nordwesten zeigt sich, dass der Küstenschutz mit folgenden klimawandelbedingten Veränderungen rechnen muss (s.a. Wittig et al. 2007):

- Anstieg des mittleren Meeresspiegels und des mittleren Tidehochwassers sowie der Sturmflutwasserstände;
- geringe Zunahme der Anzahl der Sturmtage;
- leichte Zunahme der maximalen Windgeschwindigkeiten.

- Tabelle 1: Regionale Klimaveränderung³

Parameter	Heute (1971-2000)	„nordwest2050“-Klimaszenarien	
		Szenario 2050 (2036-2065)	Szenario 2085 (2071-2100)
mittlerer Meeresspiegel (MW)	ca. NN	+17,5 cm (Spannweite: +9 bis +70 cm)	+34,5 cm (Spannweite: +18 bis +140 cm)
mittleres Tidehochwasser (MThw 1996/2005)	Bremen: 2,52 m NN, Bremerhaven: 1,81 m NN	MW-Anstieg zzgl. +15,5 cm (Spannweite: +10 bis +21 cm)	MW-Anstieg zzgl. +30,5 cm (Spannweite: +20 bis +41 cm)
Wasserstände durch Windstau	nicht ausgewertet	+10 cm (Spannweite: 0 bis +20 cm)	+25 cm (Spannweite: +15 bis +35 cm)
Sturmflutwasserstände (HHThw als Summe aus MW, MThw und Windstau)	Bremen (28.01.1994): +5,43 m NN, Brhv. (16.02.1962): +5,35 m NN, Brake (17.02.1962): +5,29 m NN, Whv (16.02.1962): +5,21 m NN, Cuxhaven (16.02.1962): +4,94 m NN, Wangerooge (03.01.76): +4,34 m NN	+43 cm (Spannweite: +19 bis +111 cm)	+90 cm (Spannweite: +53 bis +216 cm)
Sturmtage (Windgeschwindigkeit ≥ 8 Bft = 17,2 m/s)	7,4 Tage (gemittelt für MPR HB-OL), Nordsee: ca. 30 Tage, küstennah: ca. 6 bis 8 Tage	+0,4 Tage (Spannweite*: -1,3 bis +3 Tage)	+0,7 Tage (Spannweite*: +1,5 bis +3 Tage)
max. Windgeschwindigkeit (maximaler Tagesmittelwert)	18,3 m/s (gemittelt für MPR HB-OL), Nordsee: 20,5 m/s, küstennah: 18,9 m/s, Binnenland: 15,5 m/s	+3,8% (Spannweite: n. v.)	+11% (Spannweite: n. v.)
Windrichtung	vorwiegen aus SW, W und NW	zunehmend aus N, SW, W und NW; abnehmend aus NO, O, SO und S	

*: Angaben zu den Spannweiten beziehen sich auf die Referenzperiode 1961-1990; die A1B-Mittelwerte können daher außerhalb der Spannweiten liegen.

³ Die Tabelle wurde auf die für den Küstenschutz relevanten Daten gekürzt. Die Gesamttabelle kann in der Veröffentlichung kurz+bündig, Nr.1 vom November 2012 entnommen werden (vgl. Projektkonsortium „nordwest2050“ 2012 und Schuchardt & Wittig 2012).

3. Verwundbarkeitsanalyse für den Küstenschutz: Risiken und Chancen

In der Metropolregion wirkt sich der Klimawandel auch auf den Küstenschutz aus. Das bestehende politisch-administrative System des Küstenschutzes bietet bereits heute zahlreiche Ansätze, die sich für eine erfolgreiche Klimaanpassung nutzen lassen. Aber auch neue Herausforderungen – vor allem langfristig und bei einem stark beschleunigten Klimawandel – sind zu beachten.

Um zu erfassen, in welcher Weise und in welchem Ausmaß eine Region gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels anfällig ist bzw. ob sie fähig ist, die Auswirkungen so zu bewältigen, dass die wesentlichen regionalen Dienstleistungs- und Infrastrukturfunktionen aufrecht erhalten werden können, ist von ‚nordwest2050‘ eine so genannte ‚Verwundbarkeitsanalyse‘ durchgeführt worden. Eine solche Analyse setzt voraus, dass sowohl die möglichen regionalen Auswirkungen des Klimawandels als auch die Anpassungskapazität dieses Sektors betrachtet werden. Existieren beispielsweise in einer Region günstige Anpassungsvoraussetzungen (hohe Anpassungskapazität), so ist die Verwundbarkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels weniger hoch, als in einer Region, in der die Kapazität zur Klimaanpassung geringer ist. Auch für den Küstenschutz der Metropolregion wurde eine Verwundbarkeitsanalyse durchgeführt. Sie kommt zu dem Ergebnis, dass Niedersachsen und Bremen in der Vergangenheit ein administratives und küstenschutztechnisches System etabliert haben, dem es gelungen ist, Überflutungen im sturmflutgefährdeten Binnenland in den letzten Jahrzehnten zu verhindern (vgl. Schuchardt et al. 2011). Hier liegen die Chancen für eine künftige Anpassungsstrategie begründet, da auf einer hohen Anpassungskapazität aufgebaut werden kann.

Nach den Analysen des Projektes ‚nordwest2050‘ ist aber zu beachten, dass neben den Potenzialen auch die klimawandelbedingten Herausforderungen stärker berücksichtigt werden müssen. Der fortschreitende, möglicherweise stark beschleunigte Meeresspiegelanstieg könnte den Küstenschutz langfristig vor neue und daher zusätzliche Herausforderungen stellen, da sich die Sturmflutrisiken erhöhen (vgl. Schuchardt & Schirmer 2007). Basis dieser Einschätzung sind die Ergebnisse der Verwundbarkeitsanalyse für den regionalen Küstenschutz (vgl. Schuchardt & Wittig 2012) sowie Ergebnisse der interdisziplinären Projekte KLIMU (Schuchardt & Schirmer 2005), KRIM (Schuchardt & Schirmer 2007) und INNIG (Schuchardt et al. 2008).

Die Ergebnisse zeigen, dass für die **unteren Werte** des Anstiegs von Meeresspiegel und Sturmflutwasserständen aus den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien (s. Kapitel 2) aufgrund der daraus resultierenden geringen potenziellen Auswirkungen sowie der hohen natürlichen Anpassungsfähigkeit und gesellschaftlichen Anpassungskapazität von einer geringen Vulnerabilität auszugehen ist. Im Falle der **Werte am oberen Ende der Spannbreite** ist von höheren potenziellen Auswirkungen und einer geringen bis mittleren natürlichen Anpassungsfähigkeit und gesellschaftlichen Anpassungskapazität auszugehen.

Ein weiterer und für die Verwundbarkeit des Sektors Küstenschutz bedeutsamer Aspekt besteht zudem darin, dass sich der Meeresspiegelanstieg über das Jahr 2050 hinaus fortsetzen wird. Auch bei niedrigen jährlichen Anstiegsraten werden demnach zukünftig sehr wahrscheinlich Wasserstands- bzw. Sturmfluthöhen erreicht, für die das heutige Küstenschutzsystem nicht ausgelegt ist. Für diesen Fall ist die Verwundbarkeit als hoch einzuschätzen, da eine

Weiterentwicklung der heutigen Küstenschutzstrategie notwendig wird. Für eine vorsorgende Erweiterung der heutigen Küstenschutzstrategie sind frühzeitig die Weichen zu stellen, so dass schon jetzt Handlungsbedarf besteht.

Die folgende Tabelle 2 gibt eine überblicksmäßige Einschätzung der Verwundbarkeit für den Küstenschutz wider. Detailliertere Angaben zur küstenschutzrelevanten Vulnerabilität der Region sind dem ‚nordwest2050‘-Werkstattbericht Nr. 11 (Schuchardt et al. 2011) und dem Bericht Nr. 2 (Schuchardt & Wittig 2012) zu entnehmen.

Tabelle 2: Übersicht der Ergebnisse der Verwundbarkeitsanalyse für das Handlungsfeld Küstenschutz

Klimasignal aus den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien	mögliche Auswirkungen	Anpassungskapazität	Verwundbarkeit
moderater Anstieg der Sturmflutwasserstände	Sicherheitsniveau der Küstenschutzzelemente und potenzielle Schäden im Binnenland: Belastung und Versagenswahrscheinlichkeit der Küstenschutzbauwerke wenig erhöht. → geringe Auswirkungen	Die begonnene Anpassung der Küstenschutzbauwerke nach dem Generalplan Küstenschutz mit Klimawandelzuschlag und Baureserve kann kurz- bis mittelfristig den heutigen Sicherheitsstandard halten. → hohe Anpassungskapazität	gering
stark beschleunigter Anstieg der Sturmflutwasserstände	Sicherheitsniveau der Küstenschutzzelemente und potenzielle Schäden im Binnenland: Belastung und Versagenswahrscheinlichkeit der Küstenschutzbauwerke deutlich erhöht. Es ist im Versagensfall aufgrund größerer Überflutungsausdehnung und -höhe mit höheren Schäden im Binnenland zu rechnen. → hohe Auswirkungen	Die heutige Küstenschutzstrategie der „Verteidigung“ (linienhafte Erhöhung und Verstärkung der Hauptdeichlinie) kann an ihre Grenzen stoßen, so dass langfristig risikobezogene Strategien notwendig werden könnten. → geringe bis mittlere Anpassungskapazität	hoch

Wenn von einer zukünftigen und langfristig angelegten Gestaltung des Küstenschutzes die Rede ist, wird in der Regel auf Küstenschutzstrategien Bezug genommen. Im hier vorliegenden Kontext wird auf zwei unterschiedliche Varianten von Küstenschutzstrategien eingegangen. Diese Strategien werden nachfolgend mit den Begriffen „Verteidigung“ und „Anpassung“ belegt.

Die **Strategie „Verteidigung“** ist die aktuelle Küstenschutzstrategie Niedersachsens und Bremens zur Klimaanpassung. Bei dieser Strategie dienen die Küstenschutzmaßnahmen (z. B. Deicherhöhungen/-verstärkungen, Deichvorland- und Dünensicherung) dem Erhalt der festgelegten Sicherheitsstandards im Küstenraum auf der vorhandenen Küstenschutzlinie. Diese Verteidigungsstrategie kann als „linienbezogene“ Küstenschutzstrategie bezeichnet werden, obwohl eine **räumliche Staffelung von Küstenschutzzelementen** existiert (Schuchardt et al. 2011).

Unter der **Strategie „Anpassung“** ist die Veränderung der Küstenschutzmaßnahmen und/oder der Nutzungen im Küstenraum zu verstehen. Bei dieser Strategie würden **unter weitestgehender Beibehaltung** der aktuellen Küstenlinie sowohl technische als auch planerische Veränderungen mit z. T. erheblichen raumwirksamen Eingriffen vorgenommen.

Dabei erfolgt eine Abkehr von der Strategie des linienhaften Küstenschutzes hin zu einem stärker raumbezogenen Küstenschutz (z. B. Sturmflutentlastungspolder, partielle Rückdeichungen, Objektschutz und angepasste Flächennutzungen) (Schuchardt et al. 2011).

Im Rahmen der Arbeiten zu dem Forschungsvorhaben ‚nordwest2050‘ wird davon ausgegangen, dass aufgrund der sich abzeichnenden Klimaentwicklung künftig nicht auszuschließen ist, dass sich ein beschleunigter Meeresspiegelanstieg mit entsprechend erhöhten Wasserständen einstellt (s. Kapitel 2). Insofern wird es mit Blick auf die künftige langfristige Ausgestaltung des regionalen Küstenschutzes für notwendig erachtet, eine Erweiterung der derzeitigen Küstenschutzstrategie in Betracht zu ziehen. Als Alternative wird hier die oben erwähnte Strategie „Anpassung“ vorgeschlagen.

4. Vision 2050 für den Küstenschutz

Im Zusammenhang mit der Erarbeitung der sektoralen Roadmaps und der „integrierten Roadmap of Change“ hat das Projekt „nordwest2050“ aus Sicht der Wissenschaft eine thematisch breit angelegte Vision erarbeitet. Sie stellt einen **Zukunftsentwurf** für eine klimaangepasste Metropolregion Bremen-Oldenburg dar, der sich an dem Leitkonzept der Resilienz orientiert. Kern des Resilienzansatzes ist die Einsicht, dass es angesichts der Vielfalt, Komplexität und Unsicherheiten von Zukunftsrisiken unmöglich ist, sich gegen alle denkbaren Ereignisse zu wappnen und eine umfassende Sicherheit zu gewährleisten.

Übertragen auf die Herausforderungen, die sich durch den Klimawandel stellen, bedeutet der Resilienzansatz, dass sich die Metropolregion und ihre Akteure nicht nur auf die erwartbaren Klimaveränderungen vorbereiten dürfen. Vielmehr zielt der Ansatz darauf ab, die Widerstandsfähigkeit der betroffenen Systeme, Institutionen und Planungen (beispielsweise für Küstenschutzanlagen) zu erhöhen, um auch auf „Überraschungen“ und Situationen vorbereitet zu sein, mit denen aufgrund von Wechselwirkungen und Rückkopplungen zwischen komplexen Teilsystemen gerechnet werden muss.

Die vom Projekt erarbeitete Vision 2050 hat die Funktion von „Bildern“ und Einblicken in mögliche Zukünfte (vgl. Projektkonsortium ‚nordwest2050‘ 2013). Durch sie sollen die komplexen und zeitlich weit voraus reichenden Überlegungen beispielhaft an Hand von Anwendungsbeispielen aus verschiedenen Sektoren verdeutlicht werden. Mit Blick auf den Küstenschutz wurden die zentralen Herausforderungen des Klimawandels in die Vision 2050 übertragen. Zentrale Aspekte der Vision sind zu folgenden Kernaussagen verdichtet.

Die Kernaussagen der sektoralen Vision 2050 für den Bereich des Küstenschutzes

1. Spezifische Resilienzkonzepte sind Bestandteil des Küstenschutzes. Sie sind gekennzeichnet durch technisch gestaltete multifunktionale Übergangflächen und Übergangszonen.
2. Das tradierte und bewährte Konzept der Küstenverteidigung existiert nach wie vor (insbesondere in Ballungsgebieten). Es wurde jedoch teilweise ergänzt, so dass an vielen Stellen im Hinterland eine zweite Deichlinie existiert.
3. Es existieren mit hoher Durchsetzungskraft zur Klimaanpassung ausgestattete Küstenschutzinstitutionen.
4. Konzepte und Leitbilder wie „Arbeiten mit statt gegen die Natur“ und „Leben mit dem Wasser“ haben sich durchgesetzt.
5. Flächennutzungskonflikte konnten verringert werden und Nutzungssynergien wurden geschaffen.

5. Handlungsempfehlungen und Handlungspfade

In diesem Kapitel werden – basierend auf dem Beteiligungsverfahren – die möglichen küstenschutzbezogenen Handlungsnotwendigkeiten auf den Weg zu einer klimaangepassten und resilienten Metropolregion skizziert. Abweichend von den wissenschaftlichen Einschätzungen der Autoren bzw. des Projekts ‚nordwest2050‘ (s. Kapitel 2, 3 und 4) haben die Küstenschutzvertreter der Landesverwaltungen von Niedersachsen und Bremen eine andere (Problem-)Sicht auf die Herausforderungen des Klimawandels und der resultierenden Anpassungserfordernisse (s. Kapitel 5.1). Das führt dazu, dass die in der Vision 2050 beschriebenen Ziele für einen klimaangepassten Küstenschutz nicht mitgetragen und nicht unterstützt werden. Da im Rahmen des beschriebenen Beteiligungsverfahrens eine Diskussion über die Ziele nicht möglich war, legen die Akteure der Landesverwaltungen Wert auf folgende **Vorbemerkung**:

"Die beteiligten Küstenschutzvertreter der Landesverwaltungen von Niedersachsen und Bremen legen Wert auf die Feststellung, dass die Kernaussagen und Schlussfolgerungen der vorliegenden Handlungsempfehlung nicht uneingeschränkt geteilt werden. Insbesondere sind aus ihrer Sicht die dargestellten Spannweiten des Meeresspiegelanstiegs der der Ausarbeitung zugrunde liegenden Szenarien nicht nachvollziehbar sowie die darauf aufbauenden Handlungsempfehlungen und Handlungspfade nur teilweise geeignet, den zu erwartenden Klimaveränderungen wirksam zu begegnen. Sie vertreten insbesondere die Auffassung, dass auf absehbare Zeit – das heißt nach gegenwärtigem Kenntnisstand bis zum Ende des Jahrhunderts – keine zwingenden Gründe vorliegen, von der bislang bewährten Küstenschutzstrategie der Verteidigung auf bestehender Deichlinie abzuweichen. Vielmehr erweisen sich alternative Strategien als wirtschaftlich unterlegen, teilweise auch im Hinblick auf die Sicherheit. Insoweit wird die vorliegende Ausarbeitung als Diskussionsgrundlage verstanden."

Die im Folgenden aufgeführten Aspekte in den Kapiteln 5.2 bis 5.6 versuchen dennoch die Diskussion mit den Akteuren in der Weise zu verdichten, dass Handlungsempfehlungen und -pfade abgeleitet werden können. Dazu wird vorab in Kapitel 5.1 die Problemsicht der Küstenschutzvertreter aus den Landesverwaltungen als Ergebnis des Workshops dargestellt.

Die Unterscheidung zwischen Handlungsempfehlungen und Handlungspfaden bezieht sich vor allem auf die zeitliche Zuordnung der entsprechenden Schritte, die zur Erreichung der Ziele der Vision 2050 notwendig sind. Die Kategorie der Handlungsempfehlungen enthält Maßnahmen, die einer kurz- bis mittelfristigen Umsetzungsperspektive (2020) zuzurechnen sind. Handlungspfade wiederum sind langfristige Maßnahmenbündel, die bis 2050 und darüber hinaus umgesetzt werden sollten.

Mit Bezug auf die in Kapitel 3 beschriebenen Risiken und Chancen für eine erfolgreiche Klimafolgenanpassung im Bereich des Küstenschutzes, der in Kapitel 4 zusammengefassten Kernaussagen zur „nordwest-Vision 2050“ und der Diskussionen auf dem Workshop lassen sich folgende übergeordneten Aspekte für die sektorale Roadmap des Küstenschutzes ableiten:

- Zukünftige Küstenschutzstrategie: Ergänzungsoptionen vorbereiten;
- Flächenverfügbarkeit, Flächennutzungskonflikte und räumliche Planung;
- Finanzielle Ressourcen, Kooperation und Organisation;
- Bildung und Kommunikation zu Sicherheit und Risiko.

Diesen Aspekten werden in den nachfolgenden Unterkapiteln entsprechende Handlungsempfehlungen und Handlungspfade zugeordnet.

5.1 Problemsicht der Küstenschutzvertreter aus den Landesverwaltungen

Die Vertreter der Landesverwaltungen des regionalen Küstenschutzes heben die günstige Ausgangslage bezüglich der Bewältigung der künftigen klimawandelbezogenen Anforderungen hervor. Sie verweisen darauf, dass im Generalplan Küstenschutz der Bundesländer Bremen und Niedersachsen (NLWKN 2007) der Klimawandel und die dadurch steigenden Wasserstände berücksichtigt werden. So sind im Generalplan ein „Klimawandelzuschlag“ und ein „Vorsorgemaß“ als sog. Baureserve für die Anpassung der Hauptverteidigungslinie enthalten. **Klimaanpassung im Küstenschutz findet also statt.** Es wird weiterhin eingeschätzt, dass selbst ein stark beschleunigter Meeresspiegelanstieg den Küstenschutz nicht vor neue Herausforderungen stellen würde. Dementsprechend ist eine Weiterentwicklung der heutigen Küstenschutzstrategie „Verteidigung“ sowie die Etablierung alternativen Strategien („Anpassung“) derzeit nicht erforderlich. Der Küstenschutz ist demnach sehr gut aufgestellt und kann auch auf zukünftig veränderte klimawandelbedingte Randbedingungen ausreichend reagieren.

Die Vertreter der Landesverwaltungen sind weiterhin der Auffassung, dass trotz unbekannter **Grenzen der Anpassungsfähigkeit** der heutigen Verteidigungsstrategie baulich-technische Optionen auch für sehr hohe Wasserstandserhöhungen vorhanden sind und diese aus ingenieurtechnischer Sicht realisierbar sind. Ihrer Einschätzung nach sind Anpassungsgrenzen eher aufgrund begrenzter finanzieller Kapazitäten im Küstenschutz zu erwarten. Es ist aber betont worden, dass die Hauptdeichlinie so lange erhalten und verstärkt werden können, wie deren Erhaltung wirtschaftlich sei. Sollte dieses zukünftig nicht mehr der Fall sein, so sei eher eine „**Vorwärtsstrategie**“ zu betreiben, was im Wesentlichen mit dem Bau von Sturmflutsperrwerken in den Flussmündungen realisiert werden müsste. So wie in der Vergangenheit eine Verkürzung der Deich- bzw. Küstenschutzlinie eine zentrale Strategie des Küstenschutzes war, so könnte durch den Bau von Sperrwerken dieser Ansatz auch zukünftig verfolgt werden. Bezüglich der Folgewirkungen von Sturmflutsperrwerken wurde auf die Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste“ (KRIM) verwiesen. Sperrwerke in der Jade- oder Wesermündung führen aufgrund des von ihnen verursachten Wasserstaus zu deutlich höheren Wasserständen an den Deichen in ihrer näheren Umgebung (vgl. Mai et al. 2004; Grabemann et al. 2005).

Es wird die Auffassung vertreten, dass es derzeit keine **alternativen Strategien** gäbe, welche die Sicherheit im Küstenschutz verbessern können. Dieses ist auch Ergebnis des Verbundprojektes „Klimafolgenforschung in Niedersachsen“ (KLIFF) mit dem Teilprojekt „Veränderliches Küstenklima – Evaluierung von Anpassungsstrategien im Küstenschutz“(A-KÜST). Hier wird insbesondere auf die Modellierungsergebnisse bezüglich der Realisierung einer 2. Deichlinie bei gleichzeitiger Aufgabe der Hauptverteidigungslinie verweisen. So ist nachgewiesen worden, dass die zweite Deichlinie an der für Niedersachsen typischen Niederungsküste deutlich größer dimensioniert werden müsste, wenn die Hauptdeichlinie aufgegeben würde. In diesem Zusammenhang wird auch darauf verwiesen, dass eine stärker raumbezogene Küstenschutzstrategie in städtischen Räumen aufgrund fehlenden Platzes nicht umsetzbar sei.

Es wird weiterhin eingeschätzt, dass die Umsetzung der alternativen **Strategie „Anpassung“** allein schon aus Gründen ihrer Finanzierbarkeit nicht realisierbar sei. Die Feststellung, dass der Einsatz von Küstenschutzmitteln für einen risikobasierten Ansatz im Küstenschutz weder mit dem Niedersächsischen Deichgesetz (NDG) noch mit dem Niedersächsischen Landesraumordnungsprogramm (NLROP) vereinbar ist, wurde darüber hinaus als eine der zentralen Probleme genannt (vgl. Die Niedersächsische Landesregierung 2008; Niedersächsisches Gesetz- und Verordnungsblatt 2013).

In Bezug auf die 2. Deichlinie im Rahmen der Strategie „Anpassung“ wird betont, dass dieses eine Abkehr vom traditionellen Sicherheitskonzept bedeutet, da hierfür **risikobasierte Ansätze** erforderlich werden. Der Einsatz von risikobasierten Analysen ist nicht mit den derzeit bestehenden gesetzlichen Anforderungen vereinbar und sei grundsätzlich nicht geeignet, die Kosten des Küstenschutzes unter Beibehaltung des aktuellen Schutzniveaus zu senken. Für die niedersächsische Niederungsküste würde daher die derzeitige Verteidigungsstrategie kostengünstiger ausfallen.

Auch die **Kommunikation** über eine risikobasierte Betrachtungsweise wird kritisch eingeschätzt, zumal nach den derzeitigen gesetzlichen Vorgaben keine Risikoanalysen im Küstenschutz vorgesehen sind. Auch könne die Anwendung eines risikobasierten Beurteilungsansatzes der Küstenschutzanalgen bedeuten, dass Teilgebiete der nordwestdeutschen Küste künftig eine geringere Sicherheit besitzen würden. Es wurde betont, dass das Prinzip „Gleiche Sicherheit für alle“ das zentrale Paradigma im Küstenschutz darstelle.

Die Vertreter der Landesverwaltungen folgten zwar der Einschätzung, dass schon heute massive Flächennutzungskonflikte in der Region existieren. Für sie sei es aber nicht vorstellbar, dass der Flächennutzungsdruck in den nächsten 20 bis 30 Jahren anhand von geeigneten Maßnahmen gelöst werden könne. Die Bedeutung der Konfliktkonstellation, die aus den teils gegensätzlichen **Anforderungen von Natur- und Küstenschutzes** resultiert, wurde hervorgehoben. Derzeit würden alternative Küstenschutzstrategien v. a. damit begründet, dass weitere Naturschutzflächen geschaffen werden müssten bzw. aus naturschutzfachlichen Gründen erforderlich wären. Von den Akteuren wird eingeschätzt, dass die Ziele des Naturschutzes derart benutzt werden, um sie gegen den Küstenschutz einzusetzen. Dieses sei auch mit massiven Akzeptanzproblemen in der Küstenbevölkerung verbunden.

5.2 Zukünftige Küstenschutzstrategie: Ergänzungsoptionen vorbereiten

Vorsorgendes Handeln und Denken befördern (Handlungsempfehlung bis 2020)

Trotz der begonnenen Anpassung an den Klimawandel sollte im Küstenschutz zur Bewältigung der klimawandelbezogenen, möglicherweise neuen Herausforderungen stärker vorsorgend gehandelt und gedacht werden. Als „vorsorgend“ gilt in diesem Zusammenhang die Maßgabe, schon heute „vorzudenken“, mit welchen Küstenschutzoptionen zukünftige Generationen auf den Fall stark beschleunigter Wasserstandserhöhungen reagieren könnten. Befördert sollte das vorsorgende Handeln und Denken durch strategische Festlegungen auf der küstenschutzpolitischen bzw. institutionellen Leitungsebene. Dies beinhaltet u.a. die planungsbezogene Berücksichtigung von Klimaentwicklungen, die sich derzeit abzeichnen aber deren Eintreten noch als unsicher gilt.

Es wird einerseits notwendig sein, die Anpassungsmöglichkeiten der bisherige „Verteidigungsstrategie“ für die städtischen Bereiche auch künftig auszuloten. Für die ländlichen Bereiche der Region sollten andererseits unter dem Aspekt der Vorsorge die Ergänzungsoptionen der derzeitigen Strategie stärker als bisher berücksichtigt werden. Unter Bezug auf die sich langfristig abzeichnenden Klimaentwicklungen sind rechtzeitig Erweiterungsmöglichkeiten der bisherigen Strategie im Sinne der Strategie „Anpassung“ zu denken und zu diskutieren, falls sich Grenzen für die Anpassungsfähigkeit der „Verteidigungsstrategie“ zeigen.

Forschung zu den klimawandelbedingten Veränderungen der Wasserstände fortführen (Handlungsempfehlung bis 2020)

Am 9. Mai 2013 wurde nach offiziellen Angaben der US-amerikanischen National Oceanic & Atmospheric Administration auf der Messstation in Mauna Loa eine CO₂-Konzentration von mehr als 400 ppm erreicht (vgl. NOAA 2013). Die Feststellung, dass damit die tatsächliche Entwicklung der CO₂-Konzentration die pessimistischen Emissionsszenarien des Weltklimarats (IPCC) übertrifft, sollte auch für den Küstenschutzsektor zum Anlass genommen werden, die Forschungsanstrengungen über die klimawandelbedingten regionalen Wasserstandsänderungen fortzuführen. Es wird daher weiter notwendig sein, die bisherige Forschung zu den regionalen klimawandelbedingten Veränderungen der (Tide)Wasserstände und Sturmfluthöhen sowie der Sturmhäufigkeit und -stärke fortzuführen bzw. auszuweiten. Hierfür kann an verschiedene „Klimadienstleister“ angeschlossen werden, die umfangreiche Informationen über den regionalen Klimawandel kontinuierlich aktualisieren und bereitstellen (z. B. das Norddeutsche Klimabüro mit dem Norddeutschen Klimaatlas, das Climate Service Center und der Deutsche Wetterdienst).

Grenzen der Anpassung untersuchen (kontinuierliche Handlungsempfehlung)

Für den Küstenschutz ist das Wissen über mögliche Grenzen der Anpassung kontinuierlich zu erweitern. Hierzu gehört beispielsweise die Frage, welche Überlaufmengen die Deiche schadlos vertragen können (vgl. Niemeyer et al. 2011). Aber auch in Bezug auf die Tragfähigkeit der Böden gilt es, mehr über die regionalen Grenzen der Anpassung zu wissen (z. B. Deichbau im Bereich des schwimmenden Moors im Landkreis Wesermarsch). Es wird daher empfohlen, diese Grenzen stärker in Betracht zu ziehen und dies über fundierte Untersuchung zu dokumentieren.

Für die Untersuchungen der Grenzen der derzeitigen Küstenschutzstrategie kann an das Niedersächsische Forschungsvorhaben KLIFF mit dem Forschungsthema A-KÜST angeschlossen werden. Hier sind verschiedene Anpassungsmöglichkeiten anhand konkreter Szenarien und Strategierealisierungen verglichen worden (vgl. Berkenbrink et al. 2013; Franck 2010; Kaiser et al. 2011; Niemeyer et al. 2012). Darüber hinaus wird auch empfohlen, die Grundlagenforschung zu küstenschutztechnischen Fragen wie beispielsweise die Deichsicherheit fortzuführen. Auch hier sollte an bisherige Forschungsansätze wie z. B. dem BMBF-geförderten Vorhaben „INTBEM - Integrierte Bemessung von See- und Ästuardeichen. Analyse bodenmechanischer Prozesse zur funktionalen Optimierung von Deichelementen“ angeknüpft werden (vgl. Niemeyer et al. 2012; Richwien et al. 2008).

Auch die Umsetzung alternativer Strategien kann aufgrund vielfältiger Probleme an Grenzen stoßen, wie z. B. hinsichtlich der Möglichkeiten für die Einrichtung von Poldern, die im Falle von Flächennutzungseinschränkungen entsprechende Kompensation erforderlich machen. Es wird daher empfohlen, auch die Grenzen alternativer Strategien näher zu untersuchen und für die küstenschutzrelevante Anpassungsdiskussion aufzubereiten. Die Untersuchung der Grenzen der Anpassung stellt eine Daueraufgabe bis zum Zeithorizont 2050 und darüber hinaus dar und ist deshalb kontinuierlich zu bearbeiten.

Räumliche Konkretisierung alternativer Küstenschutzoptionen inklusive der Machbarkeit und der Folgewirkungen untersuchen (Handlungsempfehlung bis 2020) und darauf aufbauend alternative Küstenschutzoptionen in Form von Pilotprojekten umsetzen (Handlungspfad bis 2050 sowie darüber hinaus)

Die Verwirklichung des Ziels einer resilienten und klimaangepassten Region bis zum Jahr 2050 erfordert, dass das notwendige Wissen über die praktische Anwendbarkeit und Eignung von alternativen Küstenschutzoptionen generiert ist. Dies betrifft die räumliche Flexibilität und räumliche Konkretisierung bzw. Verortung sowohl der heutigen Strategie als auch von alternativen Strategien. Nur vor dem Hintergrund belastbarer, räumlich detaillierter Informationen kann beurteilt werden, ob und welche alternativen Strategien in der Lage sind, die möglichen Folgen des Klimawandels besser zu bewältigen.

Es muss daher untersucht werden, welche räumlichen Konkretisierungen für alternative Küstenschutzoptionen inklusive ihrer Machbarkeit, Finanzierung und Folgewirkungen notwendig sind. Die diesbezüglichen Untersuchungen sollten schon früh- bis mittelfristig (Periode 2020–2050) erarbeitet werden. Im weiteren Verlauf könnte dann die schrittweise Umsetzung der Untersuchungsergebnisse in Form von Fallstudien und Pilotprojekte erfolgen. Dabei ist die Umsetzung der Pilotprojekte einem Monitoring und einer anschließenden Evaluation zu unterziehen, um die Wirksamkeit und den Erfolg bestimmen zu können.

5.3 Flächenverfügbarkeit, Flächennutzungskonflikte und räumliche Planung

Entwicklung von Maßnahmen und Strategien zur Lösung von Flächennutzungskonflikten (Handlungsempfehlung bis 2020)

Die Umsetzung der Strategien des Küstenschutzes sind immer mit Eingriffen in die Flächen- und Raumstrukturen verbunden. Dies gilt sowohl für die derzeitige Situation als auch in besonderem Maße für künftige alternative Küstenschutzstrategien. Von daher ist es notwendig, dass bei der Umsetzung der regionalen Küstenschutzstrategien die Raumwirksamkeit beachtet und die räumliche Flexibilität sichergestellt wird.

Untersuchungen von ‚nordwest2050‘ haben Ansatzpunkte zum Umgang mit Flächennutzungskonkurrenzen und zur hohen Raumwirksamkeit von Klimaanpassungsmaßnahmen aufgezeigt. Im Beteiligungsverfahren sind die zunehmenden Konflikte aus der Intensivierung der Landwirtschaft (einschließlich des Anbaus von Bioenergiepflanzen für Biogasanlagen) und der zusätzlichen Infrastrukturen der Hafenwirtschaft hervorgehoben worden. Hierdurch steigen sowohl die Flächenansprüche und der Flächendruck, als auch die Schutzanforderungen durch Landwirtschaft und Hafenwirtschaft. Steigende Pachtpreise und eine erhöhte Konkurrenz mit den Raumanforderungen des Küstenschutzes sind die Folge. Die Flächenreservierungen für den Küstenschutz werden dadurch schwieriger und teurer.

Es wird empfohlen, an die Untersuchungen von ‚nordwest2050‘ über Konflikte und Synergien sowie die Einschätzungen der regionalen Akteure als Orientierung für die Entwicklung von mögliche Maßnahmen und Strategien zur Lösung von Flächennutzungskonflikten in der Region anzuschließen. Ziel muss dabei sein, kurz- bis mittelfristig Maßnahmen und Strategien zur Lösung von Flächennutzungskonflikten zu entwickeln.

Analyse der Möglichkeiten zur Schaffung von Synergien zwischen unterschiedlichen Raumanprüchen (Handlungsempfehlung bis 2020)

Synergieeffekte für die Küsten- und Flussniederung der Region ergeben sich z. B. aus sektorübergreifender Berücksichtigung rechtlicher Anforderungen und Verwaltungsgrenzen übergreifender Kooperationsformen, die der partizipativen Entwicklung von innovativen Konzepten für multifunktionale Küstenschutz zonen und nachhaltige Landnutzungsformen dienen. Hierbei kann z.B. an die EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie und die EG-Wasserrahmenrichtlinie angeknüpft sowie die Strategie des Integrierten Küstenzonenmanagements (IKZM) genutzt werden. So ergeben sich auch Chancen für die Region, da synergetisch wirkende Maßnahmen und Strategien zur gemeinsamen Konfliktbewältigung nicht nur der Probleme des Klimawandels führen, sondern auch die nachhaltige Nutzbarkeit sichern und die Akzeptanz für Klimaanpassung erhöhen.

Da IKZM jedoch kein eigenständiges Instrumentarium mit formaler Bindungswirkungen ist, muss das Flächenmanagement im Küstenraum weiterhin vorrangig über formelle raumplanerische Instrumente sowie die Vorgaben des Küstenschutzrechts erfolgen, wie z. B. das Landes-Raumordnungsprogramm (LROP) Niedersachsen, das die Sicherung des für den Küstenschutz erforderlichen Raumbedarfs in den Regionalen Raumordnungsprogrammen fordert (s.u.), und das Niedersächsische Deichgesetz (NDG), welches Vorgaben zur Sicherung von Flächen für Küstenschutz zwecke regelt (vgl. Schuchardt & Wittig 2012).

Als Handlungsempfehlung mit der Perspektive 2020 wird daher vorgeschlagen, eine Analyse der Möglichkeiten zur Schaffung von Synergieeffekten zwischen unterschiedlichen Raumnutzenden (z. B. Landwirtschaft, Hafenwirtschaft oder Naturschutz) durchzuführen. Für Ansätze zur Schaffung von Synergien sind räumlich detaillierte Betrachtungen notwendig. Dabei sollte der Fokus auf die Herausarbeitung von integrierten Raumnutzungskonzepten gelegt werden, die sowohl den Anforderungen eines klimaangepassten Küstenschutzes als auch den Erfordernissen der zunächst hierzu im Konflikt stehenden Raumnutzungsansprüche gerecht werden.

Verankerung und Sicherung der Küstenschutzansprüche in der räumlichen Planung (Handlungsempfehlung bis 2020)

Schon jetzt bestehen bei der Umsetzung der etablierten Küstenschutzstrategie „Verteidigung“ hohe Flächenansprüche. Dazu gehören u.a. die Kleigewinnung und die Verbreiterung des Deichfußes, die mit bestehenden Flächennutzungen in Konkurrenz treten. Die raumwirksamen Belange des Küstenschutzes sollten daher stärker in der Regional- und Raumplanung (Raumordnung und Bauleitplanung) berücksichtigt werden, um die erforderlichen Flächennutzungsansprüche realisieren zu können. Da jedoch bereits heute zusätzliche Flächen für den Küstenschutz gebraucht werden, wird sich diese Problemlage für den Fall der Umsetzung ergänzender, stärker raumbezogener Küstenschutzstrategien deutlich verschärfen. Den höheren Mengenanforderungen an Klei kann durch ein integriertes Kleiabbaumanagement zur vorsorgenden Sicherung von Kleivorkommen im Küstenraum begegnet werden. Eine Übersicht über sog. Kleisuchbereiche ist im „Raumordnungskonzept für das niedersächsische Küstenmeer“ (ROKK) enthalten (Website der Regierungsvertretung Oldenburg).

Ansatzpunkte für diese Empfehlung gibt das LROP Niedersachsen in dem darauf hingewiesen wird, dass es aus raumordnerischer Sicht angezeigt ist, „den infolge des Klimawandels notwendigen alternativen Küstenschutz mit in den Fokus zu nehmen“ (Nds. ML 2008: 74). Das LROP enthält auch einen Grundsatz, der die Erforschung, Entwicklung und Erprobung nachhaltiger, flächenhafter Küstenschutzstrategien vorsieht. Im Zuge der Fortschreibung des

LROP Niedersachsen sollen weitere Regelungen für den Küstenschutz ergänzt werden (Nds. ML 2010: 2 f.): z. B. Festlegung von Vorbehalts- und Vorranggebieten für den Hochwasserschutz an der Küste und von Vorranggebieten für die Kleigewinnung in den Regionalen Raumordnungsprogrammen (RROP)(vgl. Schuchardt & Wittig 2012).

Zur Absicherung des zusätzlichen Flächenbedarfs für alle Küstenschutzstrategien wird empfohlen, über das politisch-administrative System des regionalen Küstenschutzes darauf hinzuwirken, dass die küstenschutzrelevanten Anforderungen aufgrund künftig notwendig werdender Anpassungsmaßnahmen in der räumlichen Planung über die Ausweisung weiterer Vorranggebiete langfristig verankert und gesichert werden. Darüber hinaus sollte bereits derzeit im Rahmen der Küstenschutzaktivitäten damit begonnen werden, Flächen zu reservieren, die für zusätzliche Anpassungsmaßnahmen benötigt werden. Hier kann zum Teil an das Bremische Wassergesetz und das Niedersächsische Deichgesetz angeschlossen werden, da hier bereits Flächen in deichnähe für den Küstenschutz gewidmet und reserviert sind (vgl. Bremisches Gesetzblatt 2013 und Niedersächsisches Gesetz- und Verordnungsblatt 2013).

Anpassung der Bauleitplanung und Förderung von überflutungsresistenten Bauweisen (Handlungsempfehlung bis 2020)

Die Ausweisung von Gebieten zur Siedlungsentwicklung erweist sich als ein Bereich, der zunehmend mit den Belangen des Küstenschutzes in Konkurrenz tritt. So weisen viele Gemeinden hinter der Deichlinie Bau- und Gewerbegebiete aus, die somit langfristig für einen klimaangepassten Küstenschutz entfallen. Die Anpassung der Bauleitplanung wird daher als eine wichtige Aktivität gesehen, um zu einem klimaangepassten und gleichzeitig resilienten Küstenschutz zu gelangen.

Daher wird vorgeschlagen, dass die Entscheidungsträger und Entscheidungsträgerinnen des regionalen Küstenschutzsystems darauf hinwirken sollten, dass die Anforderungen an einen klimaangepassten regionalen Küstenschutz in der Bauleitplanung stärker berücksichtigt werden. So können im Rahmen der Bauleitplanung zur Anpassung der Siedlungs- und Freiraumstrukturen entsprechende Darstellungen bzw. Festsetzungen in Flächennutzungs- bzw. Bebauungsplänen oder in örtlichen Bauvorschriften und Satzungen vorgenommen werden (vgl. Schuchardt & Wittig 2012). Die langfristige Berücksichtigung der Erfordernisse des Küstenschutzes in der Bauleitplanung ist insbesondere in Siedlungsgebieten mit begrenzten räumlichen Ressourcen von Bedeutung, da hier der für Deichverstärkungen benötigte Raum freigehalten werden muss. Dies kann über die Festlegung von Flächen für den Küsten- bzw. Hochwasserschutzanlagen in Bauleitplänen erfolgen (vgl. Schuchardt et al. 2011).

Weiterhin ist zu prüfen, ob überflutungsresistente und hochwasserangepasste Bauweisen gezielt gefördert werden können und ob der Gebäudebestand in überflutungsgefährdeten Gebieten entsprechend nachrüstbar ist. Allerdings ist in diesem Zusammenhang der Bestandsschutz zu beachten. Die rechtlichen Möglichkeiten und Instrumentarien der Bauleitplanung können hier keine bzw. wenig Wirkung entfalten, da Eigentum durch das Grundgesetz einen besonderen Schutz genießt. Daher wird empfohlen, Möglichkeiten einer angepassten Bauleitplanung schwerpunktmäßig für den Bereich der Neuausweisung von Baugebieten in potenziellen Überschwemmungsgebieten anzuwenden.

Etablierung einer gesetzlich verankerten Prüfung der Küstenschutzbelange („Küstenschutzverträglichkeitsprüfung“)(Handlungspfad bis 2050)

Die konflikträchtigen Entwicklungen im Rahmen künftig steigender Raumnutzungsaktivitäten und -ansprüche, die dem Küstenschutz entgegenstehen, sollten langfristig bezüglich ihrer Verträglichkeit für den Küstenschutz formell stärker geprüft werden. Zwar existieren in Bremen (z. B. Bremisches Wassergesetz) und Niedersachsen (Niedersächsisches Deichgesetz) gesetzliche Vorschriften, diese sind aber vor dem Hintergrund der hohen Raumwirksamkeit von Klimaanpassungsmaßnahmen im Küstenschutz ergänzungsbedürftig. Es wird daher angeregt, eine gesetzlich verankerte Prüfung der Küstenschutzbelange („Küstenschutzverträglichkeitsprüfung“) zu etablieren.

Hier könnte an das integrierte Konzept des „climate proofing“ angeschlossen werden, welches im Zusammenhang mit der Steigerung der Resilienz von Raumstrukturen und -nutzungen gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels aktuell diskutiert wird. Obwohl das bestehende raumplanerische Instrumentarium bereits eine Vielzahl von Ansatzpunkten für die Reaktion auf die Klimawirkungen bietet (s.o.), kann „climate proofing“ als Strategie zur Förderung einer klimawandelangepassten Raumentwicklung z. B. hinsichtlich des Umgangs mit Unsicherheiten und der Berücksichtigung verschiedener Zeithorizonte des Klimawandels sowie der Flexibilisierung von Planung dienen (weitere Details in Schuchardt et al. 2011). Diese Ansätze sind trotz notwendiger Weiterentwicklung und Anpassung an die Küstenschutzperspektive kompatibel mit Aspekten eines integrierten Risikomanagements (vgl. Birkmann & Fleischhauer 2009).

5.4 Finanzielle Ressourcen, Kooperation und Organisation

Verdeutlichung der finanziellen Herausforderungen des Küstenschutzes gegenüber den politischen Entscheidungsträgern und Entscheidungsträgerinnen (Handlungsempfehlung bis 2020 und kontinuierlich darüber hinaus)

Die Ausstattung des regionalen Küstenschutzsystems mit ausreichenden finanziellen Ressourcen ist für die Umsetzung künftiger Klimaanpassungsstrategien essentiell. Bereits derzeit zeigt sich, dass die Umsetzung der im Generalplan Küstenschutz vorgeschriebenen Verstärkungen der Küstenschutzanlagen erhebliche finanzielle Ressourcen erfordern und diese sehr wahrscheinlich durch den Klimawandel ansteigen werden. Damit steht auch die Umsetzung der Küstenschutzstrategie „Anpassung“ unter dem Vorbehalt der Bereitstellung ausreichender finanzieller Ressourcen.

Es wird empfohlen, die sich abzeichnenden finanziellen Herausforderungen des Küstenschutzes aufgrund zunehmender Klimaanpassungsanforderungen gegenüber den politischen Entscheidungsträgern und Entscheidungsträgerinnen zu verdeutlichen. Schon bis 2020 sind Maßnahmen zu ergreifen, die sicherstellen, dass ausreichend finanzielle Mittel bei den Deichverbänden sowie in den Haushalten der Bundesländer und des Bunds für die Anpassungserfordernisse des Küstenschutzes bereitstehen. Zusätzlich sollten weiterhin finanzielle Mittel der Europäischen Union eingeworben werden.

Gemeinsame Lösungsmöglichkeiten weiterentwickeln sowie lösungsorientiert arbeiten und handeln (Handlungsempfehlung bis 2020) und darauf aufbauend Strategien für den Küstenschutz bundeslandübergreifend fortschreiben und Zusammenarbeit zwischen Bremen und Niedersachsen fortführen (kontinuierlich)

Es wird für sinnvoll erachtet, die institutionellen Organisationen des Küstenschutzes in der Metropolregion so zu nutzen, dass ein gemeinsames Handeln und Arbeiten stärker gefördert wird. So können Kompetenzstreitigkeiten vermieden werden, aufgrund derer es zu einer lokalen Priorisierung – möglicherweise durch finanzielle Engpässe verstärkt (s.o.) – von erforderlichen Küstenschutzmaßnahmen kommen könnte. Es wird daher vorgeschlagen, gemeinsame Lösungsmöglichkeiten weiterzuentwickeln und lösungsorientierte Ansätze zur institutionellen Kooperation im Bereich der Klimaanpassung voranzutreiben. Die Maßnahmen zur Erhöhung der institutionellen Durchsetzungskraft sind so auszugestalten, dass sie ohne Komplikationen im Rahmen des föderalen Systems umgesetzt werden können. Zu denken ist beispielsweise an die schrittweise Ausweitung einer institutionsübergreifenden Kooperation zu Klimaanpassungsfragen.

Schon heute werden länderübergreifende Küstenschutzaktivitäten von Niedersachsen und Bremen praktiziert. Dies zeigt u.a. das Beispiel des gemeinsam von den beiden Bundesländern Niedersachsen und Bremen ausgearbeiteten Generalplan Küstenschutz (vgl. NLWKN 2007). Die länderübergreifende und regionalspezifische Entscheidung, wo und was zur Anpassung der heutigen Strategie „Verteidigung“ notwendig ist, hat sich in der Vergangenheit bewährt und die erforderlichen Abstimmungsprozesse sind verankert. Für möglicherweise notwendig werdende Ergänzungen der heutigen Strategie sind diese Abstimmungsprozesse fortzuführen.

Der Blick auf die Entwicklung der globalen Emissionsdaten zeigt, dass auch das Eintreten stark beschleunigter Klimaänderungen nicht auszuschließen ist (vgl. NOAA 2013). In diesem Fall würde sich der Handlungsdruck v.a. durch beschleunigt steigende Wasserstände für die Küstenschutzorganisationen erhöhen. Vor dem Hintergrund steigenden Handlungsdrucks könnte die erfolgreiche länderübergreifende Kooperation schwieriger zu gestalten sein. Es wird daher empfohlen, frühzeitig für die bereits bestehende Kooperation einen strategisch ausgerichteten Handlungsrahmen als kontinuierliche Aufgabe festzulegen.

Die fachlich-inhaltliche aber auch eine institutionelle Zusammenarbeit, die über die Grenzen der Bundesländer erfolgt, ist eine wichtige Voraussetzung für eine langfristig erfolgreiche Klimaanpassungsstrategie für die gesamte Metropolregion. Es wird empfohlen, auf den bisherigen Kooperationserfahrungen der Bundesländer Bremen und Niedersachsen auf dem Gebiet des Küstenschutzes aufzubauen und diese Aktivitäten fortzuführen. Insbesondere aufgrund der langfristigen Perspektive des Klimawandels und der ansteigenden Wasserstände (über 2100 hinaus) sollte die länderübergreifende Kooperation zwischen Bremen und Niedersachsen zu den Fragen der Umsetzung künftiger Klimaanpassungserfordernisse auch im Küstenschutz intensiviert werden.

Langfristigkeit sowohl auf politischer als auch auf institutioneller Ebene sichern (kontinuierlich)

Klimaanpassung ist eine auf Langfristigkeit ausgerichtete Aufgabe. Um das Ziel einer resilienten und klimaangepassten Region zu erreichen, ist die Klimaanpassung daher als langfristige Aufgabenstellung fest im institutionellen Gefüge des Küstenschutzsystems zu verankern. Küstenschutzinstitutionen sollten daher auf die langfristigen Klimaanpassungserfordernisse vorbereitet sein. Beispielsweise indem Maßnahmen und Strategien zur Klimaanpassung frühzeitig antizipiert werden, die dann mittel- bis langfristig umzusetzen sind.

Es wird empfohlen, dies durch eine Ausweitung der Fachkompetenzen im institutionellen System des Küstenschutzes in Fragen der Klimaanpassung zu bewerkstelligen, wozu z. B. der Umgang mit Unsicherheiten der Klimaprojektionen bzw. -szenarien (Spannweiten des Klimawandels) und das sektorübergreifende Finden von integrierten Problemlösungsstrategien gehört. Parallel sollten hierzu intermediäre Organisationen wie Verbände, Wissenschaftseinrichtungen oder „Klimadiensteleister“ unterstützend tätig werden wobei es sinnvoll ist, verschiedene Kommunikationselemente zu nutzen (Ansprache von Multiplikatoren, Veröffentlichung von Fachinformationen, Durchführung von Informationsveranstaltungen usw.). So kann auch die Bedeutung der langfristigen Verankerung des Klimaanpassungsgedankens im System des regionalen Küstenschutzes gegenüber der Öffentlichkeit vermittelt werden (s. Kapitel 5.5).

5.5 Bildung und Kommunikation zu Sicherheit und Risiko

Verbesserung des Dialogs über Sicherheiten, Gefahren und Risiken mit der Bevölkerung (Risikokommunikation)(Handlungsempfehlung bis 2020)

Unabhängig von den verfolgten Küstenschutzstrategien kann und wird es keine 100-prozentige Sicherheit im Küstenschutz geben, so dass immer ein Restrisiko hinsichtlich des Versagens von Küstenschutzelementen verbleibt. Diese Aussage ist den Akteuren des administrativen Küstenschutzes bekannt, der überwiegenden Mehrheit der Küstenbevölkerung aber eher nicht. Es wird daher empfohlen, den Dialog über Sicherheiten, Gefahren und Risiken mit der Bevölkerung in den durch Küstenschutzanlagen geschützten Gebieten auszuweiten. Unter Dialog wird in diesem Kontext sowohl Information als auch Partizipation der relevanten Akteure und der Bevölkerung bezüglich der zukünftigen Entwicklung des Küstenschutzes verstanden.

Die Akzeptanz für Küstenschutzstrategien spielt eine entscheidende Rolle bei deren Umsetzung, wobei sie hinsichtlich der Fortführung der heutigen Küstenschutzstrategie in der lokalen Bevölkerung hoch ist (vgl. Lange et al. 2007; Peters & Heinrichs 2007). Bei alternativen, stärker risikoorientierten Strategien sind deutliche Akzeptanzprobleme in der Bevölkerung festzustellen. Um die hohe Akzeptanz der Bevölkerung in den Küstenschutz nicht zu gefährden, sind insbesondere für alternative Strategien geeignete Kommunikationsformen zu implementieren. Hierbei wird beispielsweise eine dialogorientierte Risikokommunikation im Zuge von Küstenschutzmaßnahmen für sinnvoll erachtet. Insbesondere für neue Küstenschutzstrategien kann eine in ein integriertes Risikomanagement eingebettete Risikokommunikation vorteilhaft sein, da durch die Schaffung einer „Risikokultur“ auch die individuelle Risikovorsorge verbessert wird. Dabei sollten verschiedene Formen der Risikokommunikation genutzt werden, mit denen möglichst alle relevanten Bevölkerungsgruppen angesprochen werden können. Die Bandbreite der Möglichkeiten erstreckt sich von der einfachen Dokumentation von Forschungsergebnissen und öffentlichkeitswirksame Veranstaltungen (Regionalforen, Zukunftswerkstätten, Ausstellungen etc.) bis hin zu Beteiligungsformen an der Entscheidungsfindung.

Es wird empfohlen die Ansätze des Risikomanagements im regionalen Küstenschutzsystem dahingehend weiterzuentwickeln, dass auch die Ergebnisse einer erweiterten risikobasierten Analyse der technischen Küstenschutzanlagen kommuniziert werden. Erweitert heißt in diesem Fall, dass bei der Identifizierung und Quantifizierung der Risiken im Küstenschutz neben der Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit von Extremereignissen (Sturmfluten) und der Versagenswahrscheinlichkeiten des Küstenschutzsystems auch alle Schadenspotenziale im sturmflutgefährdeten Küstengebiet (Gefährdung von Personen, Sach- und Umweltgüter sowie der regionalen Wertschöpfung) zu betrachten sind. Im Hinblick auf den Klimawandel wird für eine zukunftsbezogene Risikoanalyse der Rückgriff auf Klimaszenarien erforderlich bleiben, in denen

Angaben zum Anstieg des Meeresspiegels und der Sturmflutwasserstände enthalten sind.

Für die Information über Überflutungsrisiken kann an die aktuellen Aktivitäten zur Umsetzung der EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie angeschlossen werden, die eine Bewertung und ein Management von Hochwasserrisiken auch im Küstengebiet erforderlich macht. Ein Instrument der Informationsvermittlung ist z. B. auch die von ‚nordwest2050‘ entwickelte internetgestützte Informationsplattform RISKa (Regionales Informationssystem Klimaanpassung; s. Website von ‚nordwest2050‘).

Verbesserung der Kommunikation zwischen Wissenschaft und administrativen Küstenschutz über Risiken und Alternativen (Handlungsempfehlung bis 2020)

Sowohl die Wissenschaft (wie z. B. die angewandte Klimafolgen- und Klimaanpassungsforschung) als auch der administrative Küstenschutz verfügen über jeweils spezifische Informationszugänge, die erhebliche Relevanz für die küstenschutzbezogene Risikobeurteilung haben. Häufig führt das dazu, dass sich die Problemsichten unterscheiden (s.a. Kapitel 5.1). Daher wird empfohlen, die Kommunikation zwischen Wissenschaft und administrativem Küstenschutz über Risiken und Alternativen im Küstenschutz zu verbessern und zu intensivieren.

Eine Intensivierung der Risikokommunikation durch das administrative System des Küstenschutzes wird aktuell im Rahmen der begonnenen Umsetzung der europäischen EG-Hochwassermanagementrichtlinie notwendig (vgl. Amtsblatt der Europäischen Union 2007). Bei der Umsetzung dieser Richtlinie ist eine Information der Bevölkerung über Hochwasserrisiken ihrer Wohngebiete erforderlich (vgl. Bundesgesetzblatt 2009). Auch für die nordwestdeutsche Küstenregion sind solche Gebiete auszuweisen, in denen ein Restrisiko für Überflutungen besteht. Diese Ausgangslage kann genutzt werden, um gemeinsam durch Wissenschaft und Administration Informationen über das klimawandelbedingt veränderte Risiko aufzubereiten. Für die Zusammenarbeit und den Austausch zwischen Wissenschaft und administrativen Küstenschutz sind geeignete Kommunikationsforen und -instrumente zu entwickeln und einzusetzen, wie z. B. das Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI).

Erhöhung der Akzeptanz für erforderliche Küstenschutzstrategien durch Kommunikation über Synergieeffekte (kontinuierlich)

Die Verbesserung des Wissens durch Kommunikation über die vorteilhaften Möglichkeiten und Gestaltungsformen des regionalen Küstenschutzes kann die Akzeptanz der Bevölkerung für zusätzlich notwendig werdende Anpassungsmaßnahmen erhöhen. Hier gilt es insbesondere einen hohen Konkretisierungsgrad zu vermitteln. Zu denken ist hier beispielsweise an die Vermittlung von erfolgreichen Konfliktlösungsstrategien anhand von Praxisbeispielen, wie z. B. die flächenoptimierte Gestaltung von Kleientnahmestellen unter Berücksichtigung touristischer und naturschutzfachlicher Belange.

Für die Küsten- und Flussniederung der Region erscheint die Bewältigung bzw. Reduzierung von Zielkonflikten und Flächennutzungskonkurrenzen sowie die Schaffung synergetisch wirkender Effekte insbesondere durch den Ansatz des Integrierten Küstenzonenmanagements (IKZM) erreichbar. Sowohl unter Klimawandelbedingungen als auch für die heutigen Konfliktkonstellationen können so innovative Konzepte der multifunktionalen Küstenschutz zonen partizipativ diskutiert und Möglichkeiten ihrer Umsetzung unterstützt werden. Die verschiedensten Interessen und Belange der Landnutzer im Küstenraum finden dabei eine integrierte Abwägung, die auch die klimawandelbedingten Chancen berücksichtigt und so die Akzeptanz erhöht.

Es wird daher empfohlen, den Diskurs mit den Adressaten (Bewohner und angesiedelte Unternehmen in küstenschutzrelevanter Lage) auf lokaler Ebene schrittweise zu erweitern. Dabei sind verschiedene Instrumente zur Information und Kommunikation über die künftigen Küstenschutzstrategien und deren Synergien zu nutzen (s.o.).

5.6 Zusammenfassender Überblick

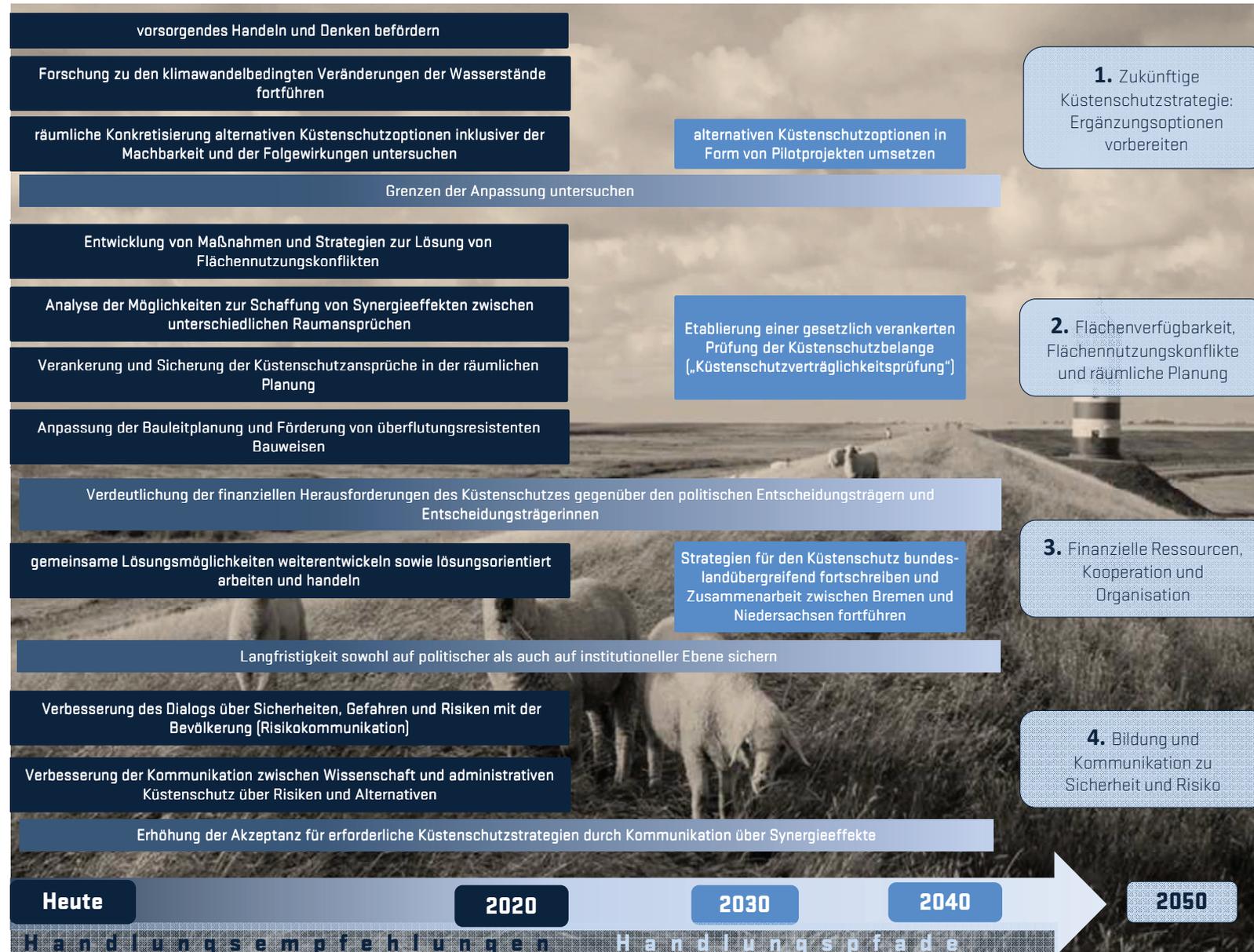


Abbildung 1: Überblick Handlungspfade und Handlungsempfehlungen (Quelle Hintergrundbild: greenpapillon /photocase.com)

6. Literaturverzeichnis

- Amtsblatt der Europäischen Union (2007): Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (Abl. L 288/27). Brüssel.
- Berkenbrink, C.; Miani, M.; Ritzmann, A.; Wurpts, A.; Kaiser, R.; Niemeyer, H. D. (2013): Evaluierung alternativer Strategien für den Küstenschutz von Niederungsgebieten. In: Tagungsband zur Veranstaltung: „Einladung zum Dialog. Küstenforschung, Küstennutzung und Küstenschutz. Tagung 4. bis 6. März 2013. Handelskammer Hamburg: 54–55.
- Birkmann, J. & M. Fleischhauer (2009): Anpassungsstrategien der Raumentwicklung an den Klimawandel: „Climate Proofing“ – Konturen eines neuen Instruments. In: Raumforschung und Raumordnung, Heft 2/2009, 67. Jahrgang: 114–127.
- Bremisches Gesetzblatt (2013): Bremisches Wassergesetz (BremWG), Verkündungsstand: 31.07.2013. Bremen.
- Bundesgesetzblatt (2009): Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585).
- Die Niedersächsische Landesregierung (Hrsg.) (2008): Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen vom 8. Mai 2008. Hannover.
- Elsner, W.; C. Otte & I. Yu (2005): Klimawandel und regionale Wirtschaft. Vermögensschäden und Einkommensverluste durch extreme Klimaereignisse sowie Kosten-Nutzen-Analysen von Schutzmaßnahmen – Am Beispiel der nordwestdeutschen Küstenregion. Projektendbericht des Teilprojekts 5 im Verbundvorhaben „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste (KRIM)“. Bremen.
- Franck, E. (2010): Klimaanpassung in der räumlichen Planung in Niedersachsen. Das Forschungsprojekt KLIFF-IMPLAN. In: Matern, A., von Löwis, S., Bruns, A. (Hrsg.): Integration – Aktuelle Anforderungen und Strategien in der Stadt-, Raum- und Umweltplanung. Arbeitsmaterial der ARL Nr. 353, S. 101-109. Hannover.
- Grabemann, H.-J., I. Grabemann & A. Müller (2005): Die Auswirkungen eines Klimawandels auf Hydrografie und Gewässergüte der Unterweser. In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.) (2005): Klimawandel und Küste. Die Zukunft der Unterweserregion. Umweltnatur- & Umweltsozialwissenschaften, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag: 59–77.
- Kaiser, R.; Knaack, H.; Miani, M.; Niemeyer, H.D. (2011): Examination of Climate Change Adaption Strategies for Coastal Protection. In: J. McKee Smith (ed.): Proceedings. 32nd International Conference of Coastal Engineering. Shanghai, China. New Jersey, Singapore.
- Lange, H., A. Wiesner, M. Haarmann & E. Voosen (2007): „Handeln nur auf der Basis sicheren Wissens“. Die Konstruktion des Risikos aus Sturmfluten und Klimawandel im politisch-administrativen System. In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.) (2007): Land unter? Klimawandel, Küstenschutz und Risikomanagement in Nordwestdeutschland: die Perspektive 2050. München: oekom Verlag: 145–166.
- Mai, S., A. Elsner, V. Meyer & C. Zimmermann (2004): Klimaänderung und Küstenschutz. Endbericht des Teilprojekts 2 im KRIM Verbund „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste (KRIM)“, BMBF-Förderkennzeichen 01 LD 0014: 236.
- Mai, S.; A. Elsner; W. Elsner, D.; P. Eppel; H.-J. Grabemann; D. Kraft; V. Meyer; C. Otte; S. Wittig; I. Yu & C. Zimmermann (2007): Der beschleunigte Meeresspiegelanstieg und die Küstenschutzsysteme: Methoden der erweiterten Risikoanalyse. In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.) (2007): Land unter? Klimawandel, Küstenschutz und Risikomanagement in Nordwest-Deutschland: die Perspektive 2050. oekom Verlag, München: 75–92.
- Nds. ML – Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung (Hrsg.) (2008): Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen 2008.

- Hannover.
- Nds. ML Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung (2010): Entwurf einer Verordnung zur Änderung der Verordnung über das Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen (LROP) [http://www.entera-online3.de/060_lrop2010/php/frames/index.php, 29.09.2010]
- NOAA – National Oceanic & Atmospheric Administration (2013): CO₂ at NOAA's Mauna Loa Observatory reaches new milestone: Tops 400 ppm. Internet-Press-Release. May 10th 2013.
- NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.) (2007): Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen – Festland. Norden.
- Niedersächsisches Gesetz- und Verordnungsblatt (2013): Niedersächsisches Deichgesetz vom 23. Februar 2004 zuletzt geändert am 13. Oktober 2011. Hannover.
- Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz; Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr der Hansestadt Bremen (2012): Die Umsetzung der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie in Niedersachsen und Bremen. Hannover, Bremen.
- Niemeyer, H. D.; Kaiser, R.; Berkenbrink, C. (2011): Increased Overtopping Security of Dykes: a Potential for Compensating Future Impacts of Climate Change. In: J. McKee Smith (ed): Proceedings. 32nd International Conference of Coastal Engineering. Shanghai, China. New Jersey, Singapore.
- Niemeyer, H. D.; Kaiser, R.; Berkenbrink, C.; Knaack, H.; Wurpts, A. (2012): Evaluation alternativer Küstenschutzstrategien in Niedersachsen. In: Wasser und Abfall Ausgabe 7/2012, Wiesbaden: 21–26.
- Peters, H. P. & H. Heinrichs (2007): Das öffentliche Konstrukt der Risiken durch Sturmfluten und Klimawandel. In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.) (2007): Land unter? Klimawandel, Küstenschutz und Risikomanagement in Nordwestdeutschland: die Perspektive 2050. München: oekom Verlag: 115–144.
- Projektkonsortium ‚nordwest2050‘ (2012): kurz + bündig Nr. 1. Regionale Klimaszenarien. Aktualisierte Fassung November 2012. Bremen.
- Projektkonsortium ‚nordwest2050‘ (2013): VISION 2050 für einen klimaangepassten und resilienten Raum der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten. Bremen, Delmenhorst, Oldenburg.
- Richwien, W.; Pohl, C.; Vavriana, V.; Niemeyer, H.-D.; Berkenbrink, C., Kaiser, R. und Witting, M. (2008): Integrierte Bemessung von See- und Ästuardeichen. Statusbericht 9/2008. Essen, Norderney.
- Schuchardt, B. & M. Schirmer (Hrsg.) (2005): Klimawandel und Küste. Die Zukunft der Unterweserregion. Umweltnatur- & Umweltsozialwissenschaften, Springer, Berlin, Heidelberg, New York: 341.
- Schuchardt, B. & M. Schirmer (Hrsg.) (2007): Land unter? Klimawandel, Küstenschutz und Risikomanagement in Nordwestdeutschland: die Perspektive 2050. oekom Verlag, München: 237.
- Schuchardt, B.; M. Schirmer; H. Lange; S. Wittig; M. Ronthaler & J. Sprado (2008): Integration und Informationsplattform. Endbericht des Teilprojekts 5 des Verbundprojekts Integriertes Hochwasserrisikomanagement in einer individualisierten Gesellschaft (INNIG). BMBF-Förderprogramm Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse (RIMAX): 119.
- Schuchardt, B.; Wittig, S.; Spiekermann, J. (2011): Klimawandel in der Metropolregion Bremen-Oldenburg – Regionale Analyse der Vulnerabilität ausgewählter Sektoren und Handlungsbereiche. 11. Werkstattbericht im Rahmen des Forschungsverbundes ‚nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten‘. BioConsult, Bremen: 502.
- Schuchardt, B. & Wittig, S. (Hrsg.) (2012): Vulnerabilität der Metropolregion Bremen-Oldenburg gegenüber dem Klimawandel (Synthesebericht). ‚nordwest2050‘-Berichte Heft 2. Bremen /

- Oldenburg: Projektkonsortium ‚nordwest2050‘ c/o Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten e.V.: 269.
- Website der Regierungsvertretung Oldenburg – Raumordnungskonzept für das niedersächsische Küstenmeer (ROKK)
[http://www.mi.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=15146&article_id=63047&psmand=33, 02.10.2013].
- Wittig, S., A. Elsner, W. Elsner, D.P. Eppel, I. Grabemann, H.-J. Grabemann, D. Kraft, S. Mai, V. Meyer, C. Otte, M. Schirmer, B. Schuchardt, I. Yu & C. Zimmermann (2007): Der beschleunigte Meeresspiegelanstieg und die Küstenschutzsysteme: Ergebnisse der erweiterten Risikoanalyse. In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.): Land unter? Klimawandel, Küstenschutz und Risikomanagement in Nordwestdeutschland: die Perspektive 2050. München: oekom Verlag: 93–113.
- Wittig, S.; Spiekermann, J.; Bachmann, F. (2012): Küstenschutz. In: Schuchardt, B.; Wittig, S.: Vulnerabilität der Metropolregion Bremen-Oldenburg gegenüber dem Klimawandel (Synthesebericht) 11. ‚nordwest2050‘ Berichte 2: 57–67.