

Der Senator für Umwelt,  
Bau und Verkehr



Freie  
Hansestadt  
Bremen

# **SUBV-Fachkonzept Klimawandel in Bremen – Folgen und Anpassung**

7. Dezember 2012



<b>1</b>	<b>EINFÜHRUNG</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>KURZFASSUNG</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>POTENTIELLE KLIMAÄNDERUNGEN IN DER NORDWESTREGION</b>	<b>13</b>
3.1	DAS HEUTIGE KLIMA IM LAND BREMEN	13
3.2	REGIONALE KLIMAPROJEKTIONEN	16
3.3	MÖGLICHE KLIMAÄNDERUNGEN IN DER METROPOLREGION BREMEN-OLDENBURG	19
3.4	MEERESSPIEGELANSTIEG	23
3.5	POTENTIELLE KLIMAFOLGEN FÜR STÄDTISCHE RÄUME	25
<b>4</b>	<b>ANALYSEN AUSGEWÄHLTER HANDLUNGSFELDER</b>	<b>27</b>
4.1	HANDLUNGSFELD KÜSTENSCHUTZ/HOCHWASSERSCHUTZ/WASSERWIRTSCHAFT	27
4.1.1	KÜSTEN- UND HOCHWASSERSCHUTZ IM LAND BREMEN	28
4.1.2	BETROFFENHEIT VON OBERFLÄCHENGEWÄSSERN / GEWÄSSERÖKOSYSTEMEN	31
4.1.3	BETROFFENHEIT DES WASSERHAUSHALTS	32
4.1.4	SIEDLUNGSENTWÄSSERUNG UND ABWASSERREINIGUNG	34
4.1.5	ASPEKTE DER SCHIFFFAHRT UND DES MEERESSCHUTZES	35
4.2	HANDLUNGSFELD BODENSCHUTZ UND LANDWIRTSCHAFT	37
4.2.1	BODEN ALS KOHLENSTOFFSPEICHER	37
4.2.2	POTENTIELLE KLIMAFOLGEN FÜR DIE BÖDEN DES LANDES BREMEN	39
4.2.3	POTENTIELLE ANPASSUNGSMABNAHMEN FÜR DEN BODENSCHUTZ	39
4.2.4	KLIMAFOLGEN FÜR DIE BREMER LANDWIRTSCHAFT	40
4.3	HANDLUNGSFELD BIODIVERSITÄT UND NATURSCHUTZ	41
4.4	HANDLUNGSFELD INFRASTRUKTUREN UND SICHERER BETRIEB VON INDUSTRIEANLAGEN	44
4.5	HANDLUNGSFELD STADTPLANUNG/STADTENTWICKLUNG	48
4.5.1	KONFLIKTE UND SYNERGIEN VON KLIMAAANPASSUNGSMABNAHMEN	52
4.5.2	KLIMAFOLGEN FÜR DIE STADTBÄUME UND ÖFFENTLICHEN GRÜNANLAGEN	54
4.6	HANDLUNGSFELD LANDSCHAFTSPLANUNG	57
4.7	INFORMATIONEN ZUM PROJEKT NORDWEST2050	60



# 1 Einführung

Die Folgen des Klimawandels können vielfältig sein und sind in ihrer Intensität noch nicht genau abschätzbar. Es besteht jedoch kaum Zweifel, dass das Ausmaß und die Ausprägung der Folgen der Klimaänderung regional sehr unterschiedlich sein werden. Mit Hilfe von Klimamodellen und Klimaprojektionen wird deshalb versucht, Aussagen darüber abzuleiten, wie sich das Klima in den nächsten 50-100 Jahren von der globalen bis zur regionalen Ebene ändern wird und welche Folgen dies für das Wettergeschehen und damit letztlich für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft haben kann.

Aufgrund der Ungewissheit über zukünftige Klimaentwicklungen und deren Folgen stehen auch die bremischen Fachverwaltungen vor der Herausforderung, sukzessive den Erkenntnisstand zu erweitern und diesen, soweit möglich, in Entscheidungs- und Planungsprozessen zu berücksichtigen bzw. in die jeweiligen Fachpolitiken einzubeziehen, um das Land Bremen möglichst robust gegenüber potentiellen Klimafolgen zu entwickeln. Das bedeutet z. B. auch, die Fähigkeit zu verbessern, mit Extremereignissen, wie Starkregen, umzugehen oder bei langfristigen Investitionen Klimaänderungen zu berücksichtigen.

Die Art der Betroffenheit und die Relevanz für einzelne Handlungsfelder sind unterschiedlich ausgeprägt. Auf Basis bestehender Erfahrungen und Erkenntnisse sowie aktuellen Ergebnissen projizierter Klimaänderungen für die Region beschreibt dieses Fachkonzept für das Land Bremen synoptisch zentrale Sachstände und Fragestellungen zum Klimawandel in verschiedenen Handlungsfeldern mit Fokus auf die folgenden Aspekte:

- Sachstand und Relevanz möglicher Klimaänderungen im jeweiligen Handlungsfeld,
- Anpassungserfordernisse, -optionen, -maßnahmen
- offene Fragestellungen, Forschungsbedarf.

Die Inhalte dieses Fachkonzepts stehen auch im Zusammenhang mit anderen, den Klimawandel betreffenden Aktivitäten des Bundes, der Länder und der Region. Zu nennen sind hier insbesondere die durch die Bundesregierung im Dezember 2008 verabschiedete *Deutsche Anpassungsstrategie*, der darauf aufbauende *Aktionsplan Klimaanpassung*, erste Strategie- und Positionspapiere aus Fachgremien des Bundes und der Länder, wie z. B. das Strategiepapier der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) „Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft - Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen“ sowie erste Ergebnisse des laufenden Forschungsvorhabens „nordwest2050 - Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten“. Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr unterstützt das Forschungsprojekt *nordwest2050* der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten e. V. und ist durch die Teilnahme in Arbeitskreisen in das Projekt eingebunden. Weiterführende Informationen zum Projekt sind in Kapitel 4.7 aufgeführt.

## Konkrete Anpassungsaktivitäten

In einzelnen Handlungsfeldern werden bereits konkrete Aktivitäten zur Anpassung an den Klimawandel verfolgt bzw. umgesetzt. Neben den Anpassungen im Bereich Küstenschutz

(z. B. Deicherhöhung) ist dies zum einen das vom Bundesministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit geförderte Projekt „KLAS – Klimaanpassungsstrategie extreme Regenerereignisse in der Stadtgemeinde Bremen“<sup>1</sup>. Hierbei werden Strategien und Maßnahmen im Sinne eines verbesserten Risikomanagements bei Starkregenerereignissen entwickelt.

Zum anderen ist dies die Integration von Klimawandelfolgen im Rahmen der Neuaufstellung des Landschaftsprogramms und des Flächennutzungsplanes. Zur Berücksichtigung potentieller Klimafolgen für das Stadtklima wird im Rahmen des Landschaftsprogramms – zunächst für das Stadtgebiet Bremen - ein Fachbeitrag auf Grundlage eines externen Gutachtens erarbeitet. Dieser dient auch als Fachbeitrag für den ebenfalls in Aufstellung befindlichen Flächennutzungsplan. Nähere Ausführungen zu KLAS und zum Fachbeitrag 'Stadtklima' finden sich im Fachkonzept in den Kapiteln „Siedlungsentwässerung und Abwasserreinigung“ und „Handlungsfeld Landschaftsplanung“.

In anderen Handlungsbereichen wurden z. T. bereits fachspezifische Grundlageninformationen zur Thematik erarbeitet. So wurde in 2010 im Bereich Naturschutz ein Gutachten „Auswirkungen des Klimawandels auf Arten und Biotope in der Stadtgemeinde Bremen“ erstellt (siehe Kapitel 4.3).

#### Verwaltungsvereinbarung mit dem Deutschen Wetterdienst

Im Dezember 2011 vereinbarte der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr für das Land Bremen eine Kooperation mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD). Die zwischen Bremen und dem Deutschen Wetterdienst abgeschlossene Verwaltungsvereinbarung dient der Vorbeugung und Vorsorge von Katastrophen. Besondere Themenfelder der Zusammenarbeit sind der Klimawandel und seine Folgen sowie die Anpassung an den Klimawandel.

Ein erstes gemeinsames Projekt wurde im Sommer 2012 als fachliche Vorarbeit zur Berücksichtigung von stadtklimatischen Folgen in Landschaftsprogramm und Flächennutzungsplan begonnen. In der Stadtgemeinde Bremen wurden Messfahrten durchgeführt und mobile Messstationen installiert, um ein Temperaturprofil im Stadtgebiet zu erstellen. Die Auswertung der Ist-Situation bildet die Grundlage für weitere Analysen zur Einschätzung der Entwicklung klimawandelbedingter raumbezogener Hitzesituationen in der Stadt. Die Messdaten liegen bereits in aufbereiteter Form vor, die Auswertungen werden voraussichtlich Anfang 2013 fertig gestellt sein und dienen auch als Basisinformation für den erwähnten Fachbeitrag 'Stadtklima'.

#### Regionalkonferenz Klimaanpassung Küstenregion

Gemeinsam mit den norddeutschen Küstenländern, dem Bund und weiteren Kooperationspartnern, wie den norddeutschen „KLIMZUG-Projekten“ wurde im November 2012 unter Federführung des Senators für Umwelt, Bau und Verkehr die 2. Regionalkonferenz Klimaanpassung Küstenregion in Bremerhaven ausgerichtet. Ziel der gemeinsamen Aktivität war

---

<sup>1</sup> KLAS – Klimaanpassungsstrategie extreme Regenerereignisse in der Stadtgemeinde Bremen, Laufzeit 2012 – 2014, gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)

u. a. regionalspezifische Fragestellung zur Anpassung an den Klimawandel zu diskutieren, Lösungsmöglichkeiten aufzuzeigen und Handlungskompetenzen in der Region aufzubauen.

### Situation in Bremerhaven

Zwischen SUBV und den zuständigen Stellen der Stadt Bremerhaven besteht im Themenfeld Anpassung an den Klimawandel ein enger Austausch. Grundsätzlich sind für Bremen und Bremerhaven vergleichbare meteorologische Auswirkungen hinsichtlich der Folgen des Klimawandels anzunehmen. Aufgrund spezifischer Unterschiede hinsichtlich der unterschiedlichen Größe der Stadtgebiete, ihrer Siedlungsstruktur, der topographischen Gegebenheiten sowie der Küstennähe sind voraussichtlich divergierende Anpassungsbetrachtungen anzustellen. Dies betrifft vornehmlich die Identifikation von Handlungsfeldern oder auch die unterschiedliche Ausgangssituation in Bezug auf städtische Hitzeinseln. Es wird angenommen, dass die Verletzbarkeit beider Städte nicht ganz deckungsgleich behandelt werden kann. Seitens des Umweltschutzamtes Bremerhaven ist daher die Beauftragung einer Vulnerabilitätsanalyse<sup>2</sup> für Bremerhaven beabsichtigt. Ein Mittelansatz dafür ist im Doppelhaushalt Bremerhavens 2012/2013 vorgesehen.

Innerhalb der Bremerhavener Stadtverwaltung ist die Sensitivität für die Folgen eines beschleunigten Klimawandels partiell bereits gegeben. Die Problematik anthropogener Klimaveränderungen wird weithin unter dem Aspekt des Klimaschutzes betrachtet, wobei der Anstieg des Meeresspiegels als unmittelbare Folge des Klimawandels für Bremerhaven einhellig erkannt ist. Einzelne Ressorts stellten bereits recht frühzeitig Überlegungen zu den möglichen Auswirkungen kommender Klimaveränderungen an. So beauftragte das Gartenbauamt bereits vor Jahren eine Untersuchung bezüglich der Trockenheit- und Hitzeanfälligkeit des Baumbestandes im Speckenbütteler Park. Auch auf Ebene des Baudezernates und der Umweltdezernates wird die Dringlichkeit von Anpassungsvorbereitungen erkannt.

Letztlich ermöglichte diese Einsicht, Bremerhaven als Pilotstadt für ein Klimaanpassungsprojekt zur Fortschreibung der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) zu positionieren. Projektgegenstand war die Durchführung einer Klimabörse, mit der Primärintention, eine Sensibilisierung von NGOs und Wirtschaft für Fragen der Klimaanpassung zu erreichen und kooperativen zwischen den Vertretern beider Seiten entstehen zu lassen. Dieses Ziel wurde erreicht. Über die Beständigkeit der hierbei entstandenen Kooperationen lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Aussage treffen.

### Anpassung an den Klimawandel als Querschnittsthema bei SUBV

Der Querschnittscharakter des Themenfeldes und die vielfältigen Anforderungen im Bereich Anpassung an die Folgen des Klimawandels setzen voraus, dass die Wissensbasis um zukünftige regionale Klimaentwicklungen und deren Folgen permanent erweitert wird. Die sich daraus ergebenden Herausforderungen sind einerseits als Querschnittsaufgabe und andererseits als fachspezifische Aufgabe wahrzunehmen. Lösungsstrategien für Anpassungsmaß-

---

<sup>2</sup> Die Vulnerabilität gibt an, inwieweit ein System für nachteilige Auswirkungen der Klimaänderungen anfällig ist bzw. nicht fähig ist, diese zu bewältigen.

nahmen können oft nur in enger Zusammenarbeit verschiedener Bereiche sinnvoll erarbeitet werden. Vor diesem Hintergrund fand am 14. Dezember 2012 eine Klausurtagung im Hause des Senators für Umwelt, Bau und Verkehr statt, bei dem der bereichsübergreifende Austausch zu dieser vergleichsweise neuen Herausforderung verankert wurde.

Das hier vorliegende Fachkonzept bildet die Grundlage für die weiteren Arbeitsschritte und Aktivitäten, um die Aufgabe "Anpassung an die Folgen des Klimawandels" systematisch und prozesshaft in die Fachpolitiken und in das Verwaltungshandeln der Ressorts Umwelt, Bau und Verkehr zu integrieren.



## 2 Kurzfassung

Die Klimaforschung wird weltweit mit erheblichem Aufwand vorangetrieben. Trotz großer Fortschritte in der Erweiterung der Wissensbasis sind viele Fragen (noch) nicht zu beantworten. Zukünftige Ereignisse sind jedoch per se ungewiss und Klimamodelle sind z. T. systemimmanent mit Unsicherheiten behaftet. Zudem gibt es zusätzlich in der Beschreibung des Klimasystems erhebliche Unsicherheiten, z. B. in Bezug auf die sogenannten Kipp-Punkte des Klimasystems, wie das Auftauen der Permafrostböden oder Abschmelzen der arktischen Eisschilde. Vor diesem Hintergrund basieren Entscheidungen zur vorbeugenden Anpassung an potenziell auftretende Folgen des Klimawandels immer auf wissensbezogenen Unsicherheiten, auch wenn zukünftig von einer deutlichen Erweiterung des Daten- und Kenntnisstandes ausgegangen werden kann.

In Klimafolgebetrachtungen ist die Unterscheidung zwischen langfristigen Änderungen von Mittelwerten und Extremwerten sinnvoll. Die sukzessive Erhöhung der mittleren Temperatur z. B. in den Sommermonaten könnte zukünftig neue Anforderungen, z. B. an die Stadtplanung, stellen, indem sich die bekannten Effekte von Wärmeinseln durch wärmere und trockenere Sommer verstärken. Diese Phänomene muss die Stadtplanung soweit möglich antizipieren. In Bezug auf Extremereignisse ist die Berücksichtigung des Schadens- und Gefährdungspotentials von besonderer Bedeutung. Dies gilt insbesondere für Bereiche wie den Küsten- und Hochwasserschutz. Für die Analyse von Klimafolgen ist hier u. a. entscheidend, welche Intensität und welche Häufigkeit der Extremereignisse als kritisch bezüglich des Schadens- oder Gefährdungspotenzials einzuschätzen sind.

### **Potentielle Klimaänderungen in der Nordwestregion**

Die im vorliegenden Fachkonzept dargestellten Ergebnisse der Klimaprojektionen geben erste Hinweise auf Art und Intensität einer möglichen Klimaänderung in der Metropolregion Bremen-Oldenburg. Bis Ende des Jahrhunderts zeigen die Projektionen übereinstimmend eine deutliche Zunahme des Niederschlags im Winter um bis zu 44 % und eine deutliche Abnahme im Sommer um bis zu 22 %. Für Mitte des 21. Jahrhunderts werden in Bezug auf Niederschlag und auch der Anzahl der Regentage uneinheitliche Trends projiziert. Bei der Temperatur zeigt sich hingegen bei allen Jahreszeiten durchgehend eine Zunahme im Laufe des nächsten Jahrhunderts um bis zu 3,1°C im Jahresmittel. Allerdings werden bis Mitte und Ende des 21. Jahrhunderts bei fast allen Parametern erhebliche Spannweiten der Werte projiziert.<sup>3</sup>

Insgesamt deuten die Ergebnisse also auf wärmere und trockenere Sommer sowie wärmere und feuchtere Winter hin. Größere Unsicherheiten bestehen bei zukünftigen Extremereignissen. Die Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Starkregenereignissen, Hitzeextremen und Stürmen ist möglich und plausibel. Im Sommerhalbjahr könnten Hitzebelastung, Trockenperioden und mögliche lokale Gewitterereignisse relevanter werden. Im Winterhalbjahr

---

<sup>3</sup> Im Rahmen dieses Berichts wurden die Projektionen der dynamischen Modelle CCLM und REMO auf Basis der Emissionsszenarien B1, B2, A1B und A2 in die Analysen einbezogen. Im Zuge der Weiterentwicklung erscheint es geboten, zukünftig die Ergebnisse aller verfügbaren Regionalmodelle zu berücksichtigen. Potenziell stehen derzeit Berechnungen aus fünf Regionalmodellen (CCLM, REMO, WettReg, STAR, RCAO) zur Verfügung.

scheinen eher die Zunahme der Niederschläge insgesamt, potentielle Starkregenereignisse sowie größere Sturmintensitäten an Relevanz zu gewinnen.

Zum Meeresspiegelanstieg liegen unterschiedliche Schätzungen vor: Während einzelne Forschungen einen Meeresspiegelanstieg um bis zu 14 Dezimeter bis zum Ende des Jahrhunderts für nachvollziehbar halten, hält der UN-Klimarat einen Anstieg um 2 bis 8 Dezimeter für plausibel. Auf Grundlage dieser Werte und unter Berücksichtigung eines veränderten Windklimas gehen aktuelle Forschungen davon aus, dass Sturmfluten an der Nordsee bis Ende des Jahrhunderts insgesamt 3 bis 11 Dezimeter höher auflaufen könnten. Zusätzlich sind weitere regionale und lokale Bedingungen zu berücksichtigen, die Einfluss auf Sturmflutwasserstände und Gezeitendynamik haben.

### **Ausgewählte Handlungsfelder**

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der im vorliegenden Fachkonzept analysierten Handlungsfelder zusammengefasst dargestellt.

#### **Küstenschutz**

Hochwasser- und Küstenschutz haben für Bremen von jeher eine existenzielle Bedeutung. 90 % der gesamten Landesfläche sind überflutungsgefährdet und müssen von Hochwasserschutzanlagen (Deiche, Sperwerke etc.) geschützt werden. 570.000 Einwohner/innen des Landes Bremen (ca. 85 % der Gesamtbevölkerung des Landes) sind auf einen funktionierenden Hochwasserschutz angewiesen. Die Küstenschutzplanungen berücksichtigen entsprechend dem Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen einen Meeresspiegelanstieg sowie weitere klimabedingte Folgen in den nächsten 100 Jahren von 50 cm. Zusätzlich werden alle Deichstrecken so erhöht, dass eine weitere Erhöhung um zusätzliche 75 cm jederzeit möglich ist. Bremen hat sich damit, auch im nationalen und internationalen Vergleich, für eine sehr vorausschauende und anpassungsfähige Berücksichtigung des Klimawandels im Hinblick auf den Küstenschutz entschlossen. Bis zum vorgesehenen Abschluss der Deichbaumaßnahmen in 2025 sind hierfür Investitionen von rd. 240 Mio. Euro erforderlich.

#### **Wasserwirtschaft**

Wasserwirtschaftliche Planungsgrundlagen unterliegen kontinuierlichen Anpassungen, die künftig insbesondere vor dem Hintergrund des Klimawandels regelmäßig überprüft werden müssen. Infolge des Klimawandels ist neben der möglichen Zunahme kleinräumig auftretender Starkniederschläge tendenziell mit niedrigeren mittleren Abflüssen im Sommer (Niedrigwassersituation) und höheren, länger andauernden Abflüssen im Winter (Hochwasserereignisse) zu rechnen. Abhängig von der möglichen Betroffenheit einzelner Handlungsbereiche sind notwendig werdende Anpassungsmaßnahmen unmittelbar zu treffen (siehe Küstenschutz) oder ggf. erst auf mittlere bzw. lange Sicht ins Auge zu fassen. Dies betrifft Gewässerökosysteme und Grundwasserhaushalt ebenso wie den Bereich der Siedlungswasserwirtschaft. Zu untersuchen sind zukünftig z. B. mögliche Folgen des Klimawandels auf den Grundwasserhaushalt und das in diesem Zusammenhang bestehende Schadenspotential für Bauwerke und Vegetation oder auch die Auswirkungen des Klimawandels auf die Gewässerqualität und die aquatische Biozönose. Ferner gilt es sukzessive zu prüfen, ob Überlas-

tungen der Kanalisation zu Gefährdungen von Gebäuden und z. B. der Verkehrsinfrastruktur führen könnten.

### **Bodenschutz**

Die Böden des Landes Bremen sind überwiegend typische Böden der Niederung mit hohem Wassergehalt, die in besonderem Maße die Fähigkeit zur langfristigen Bindung von CO<sub>2</sub> besitzen. Klimaänderungen sind auch für die Böden Bremens mit potentiellen Risiken verbunden. Dazu zählen das Risiko abnehmender Humusgehalte, oder die Veränderung des Bodenwasserhaushaltes. Der Schlüssel für den zukünftigen Erhalt der Bodenfunktionen bei einem veränderten Wettergeschehen ist dabei die angepasste Nutzung sowie die Umsetzung von Erhaltungsmaßnahmen. Hierzu zählen die Mehrung von Wald und Grünland, der Schutz von Böden vor Überbauung sowie der Erhalt von Mooren und grundwassernahen Böden etc.

### **Landwirtschaft**

Die Landwirtschaft hat Anteil an den Gesamtemissionen klimawirksamer Gase und ist gleichzeitig selbst stark vom Klimawandel betroffen. Der Bremer Grünlandgürtel gehört zu den landwirtschaftlichen Flächen mit einer großen biologischen Vielfalt. Dieses artenreiche Grünland mit seinen seltenen und gefährdeten Pflanzen- und Tierarten und seiner Kohlenstoffspeicherfunktion kann bei standortangepasster Nutzung den bevorstehenden Klimawandel am ehesten bestehen.

### **Biodiversität / Naturschutz**

Bereits jetzt sind auch klimabedingte Veränderungen in der Natur zu beobachten, z. B. Veränderungen der Vegetationszeiten, der Ankunfts- und Abflugzeiten von Zugvögeln, der Flugzeiten von Libellen oder der Ausbreitung wärmeliebender Arten. Das bestehende Netz von Schutzgebieten, v. a. im Bremer Feuchtgrünlandring, kann jedoch zusammen mit einem über das Landschaftsprogramm und den Flächennutzungsplan festzusetzenden Biotopverbund die notwendige Flexibilität der naturverträglich bewirtschafteten Lebensräume gewährleisten, um die Folgen des Klimawandels für die hiesige Natur abzufangen. Dafür ist es notwendig, die bestehenden Förderprogramme für Agrarumwelt- und Naturschutzmaßnahmen sowie das Monitoring fortzuführen, ggf. zu modifizieren, und finanziell abzusichern.

### **Infrastrukturen und Betrieb von Industrieanlagen**

Die Auslegung küstennaher und flussnaher Industrieanlagen gegen Extremwetterereignisse wie Starkregen, Stürme, Hoch- und Niedrigwasser oder Schneelasten muss künftig angepasst werden. Niedrigwasserstände erfordern bei Kraftwerken die zügige Anpassung der Kühlsysteme. Bedingt durch sprunghafte Klimaereignisse ist die verlässliche Versorgung mit Grundstoffen fraglich geworden. Andererseits bilden Überschwemmungen Risiken für die Lagerung von Abfällen, Materialvorräten und Gefahrstoffen. Geeignete Konzepte der Lagerung sind erforderlich, da andernfalls die Gefahr von Bodenkontaminationen besteht. Je nach Anlage sind Störfallkonzepte vorzusehen und die technischen und baulichen Vorkehrungen für den Dauerbetrieb den neuen Herausforderungen anzupassen. Das gilt auch für die Versorgungswege zu Wasser und zu Lande.

## **Stadtplanung/Stadtentwicklung**

Klimaänderungen werden veränderte Raumnutzungsstrukturen und Raumnutzungsentscheidungen erfordern und neue Raumnutzungskonflikte nach sich ziehen. Aufgabe der räumlichen Planung ist es, mit vorhandenen und mit neuen formellen und informellen planerischen Instrumenten und Strategien, diesen Anforderungen zu begegnen. In zahlreichen Forschungsprojekten werden derzeit unterschiedlichste Ansätze diskutiert, um planerisch angemessen auf potentielle Folgen des Klimawandels (vorsorgend) zu reagieren. Die Ergebnisse und eventuelle erste Umsetzungsversuche werden für Bremen vor dem Hintergrund der Neuaufstellung des Landesraumordnungsplans und des Flächennutzungsplans von großem Interesse sein. Insbesondere die Erfahrungen und Erkenntnisse aus dem bereits abgeschlossenen teilregionalen Forschungsprojekt „Klimawandel Unterweser“, dem noch laufenden Forschungsprojekt *nordwest2050* der Metropolregion Bremen-Oldenburg und dem bis Ende 2014 laufenden bremischen Anpassungsprojekt *KLAS - Klimaanpassungsstrategie an vermehrte Starkregenereignisse* - werden für die zukünftigen Planungsprozesse eine hohe Bedeutung haben.

## **Grünanlagen**

Um die Stadt auch zukünftig lebenswert zu erhalten, sind ausreichende und gepflegte Grünanlagen in Zuordnung zu den Wohngebieten erforderlich. Dass der Klimawandel Veränderungen im öffentlichen Grün verursacht, ist schon heute erkennbar. Das Ausmaß ist jedoch noch nicht einschätzbar. Hitzestress, Trockenperioden und erhöhte Luftbewegungen bzw. Stürme belasten die Pflanzen zusätzlich zu den bestehenden, oft ungünstigen Standortbedingungen in der Stadt. Schadinsekten und Pilze finden bereits geschwächte Bäume vor. Die Pflege und Erhaltung der Parks und Stadtbäume wird zukünftig aufwändiger werden. Die Nutzerfrequenz, die Nutzungsdauer und das Nutzungsmuster der AnlagenbesucherInnen können sich aufgrund des Klimawandels ändern. Das Element „Wasser“ sollte in der Freiflächengestaltung an Bedeutung zunehmen. Dies können auch Systeme zur Rückhaltung von Regenwasser bei Starkregenereignissen sein. Bei der Neu- und Umplanung von Grünanlagen bzw. bei Neupflanzung von Straßenbäumen sind die neuen Anforderungen z. B. bei der Pflanzenauswahl zu berücksichtigen. Insbesondere die Wege zu Park- und Grünanlagen sollten mit schattenspendenden Bäumen bestanden sein. Aufgrund der begrenzten finanziellen Mittel und der langen Wachstumszeit von Bäumen müssen aber bereits jetzt die möglichen Auswirkungen in die Planungen berücksichtigt werden.

## **Landschaftsplanung**

Die Ziele und Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege werden im Land Bremen durch das Landschaftsprogramm überörtlich und örtlich konkretisiert. Bei dessen aktueller Neuaufstellung sind im Zusammenhang mit dem Klimawandel zahlreiche Querschnittsfragestellungen relevant. Hierzu zählen insbesondere der Umgang mit Moorböden, die Biotopvernetzung, die Ausweisung von weiteren Retentionsflächen neben den bestehenden Überschwemmungsgebieten und das Stadtklima. Ziel ist es, im Landschaftsprogramm gebündelt für alle Fachplanungen des vorsorgenden Natur- und Umweltschutzes die heute absehbaren raumbezogenen Anforderungen an die Bewältigung der Klimafolgen darzustellen und bei der Aufstellung von Zielen und Maßnahmenvorschlägen, auch im Kontext mit dem neuen Flächennutzungsplan und seinen Beplänen, zu berücksichtigen.

### 3 Potentielle Klimaänderungen in der Nordwestregion

#### 3.1 Das heutige Klima im Land Bremen

Das Klima bildet die langfristige Wetterstatistik ab, wobei mit „langfristig“ hier ein Zeitraum von typischerweise 30 Jahren gemeint ist. Klimawandel bedeutet also ein häufigeres oder selteneres Auftreten bestimmter Wetterzustände über einen längeren Zeitraum. Zur Beschreibung des aktuellen Klimas in der Bremer Region sind in Tabelle 1 die Wetterparameter für den Zeitraum 1971 bis 2000 dargestellt:<sup>4</sup>

Tabelle 1: Jahresmittelwerte ausgewählter Klimaparameter in der Nordwestregion der DWD-Stationen für die Referenzperiode 1971 bis 2000. (Quelle: verändert nach Schuchardt/Wittig, 2010)<sup>5</sup>

Parameter	Mittelwerte für die Metropolregion HB-OL* (1971-2000)	Bremen (1971-2000)	Bremerhaven (1971-2000)
<b>Jahresmitteltemperatur</b> (in 2m Höhe)	9,22°C	9,28°C	9,43°C
Frühling (MAM)	8,16°C	8,62°C	8,46°C
Sommer (JJA)	16,41°C	16,81°C	16,73°C
Herbst (SON)	9,83°C	9,44°C	10,04°C
Winter (DJF)	2,36°C	2,12°C	2,38°C
<b>Sommertage</b> (Tage mit Maximaltemperatur ≥ 25°C)	18,25 Tage	25,7 Tage	16,47 Tage
Tropische Nächte (Tage mit Minimaltemperatur ≥ 20°C)	0,31 Nächte	0,03 Nächte	0,53 Nächte
<b>Frosttage</b> (Tage mit Minimaltemperatur ≤ 0°C)	56,33 Tage	68,47 Tage	48,13 Tage
<b>Eistage</b> (Tage mit Maximaltemperatur ≤ 0°C)	13,41 Tage	14,17 Tage	13,7 Tage
<b>Gesamtniederschlag</b>	734 mm	672 mm	717 mm
Frühling (MAM)	146 mm	146 mm	145 mm
Sommer (JJA)	208 mm	200 mm	213 mm
Herbst (SON)	212 mm	173 mm	202 mm
Winter (DJF)	168 mm	152 mm	157 mm
<b>Regentage</b> (Tage mit mehr als 1 mm Niederschlag)	125,07 Tage	122,33 Tage	124,73 Tage
<b>Starkregentage</b> (Tage mit mind. 20 mm Niederschlag)	3,1 Tage	2,3 Tage	2,8 Tage
<b>Schneemenge</b>	11,71 mm	6,85 mm	8,52 mm
Schneebedeckung (Tage mit Schneedecke)	17 Tage	19,2 Tage	17,47 Tage
Schneetage (Tage mit Schneefall)	11,3 Tage	12,3 Tage	12,43 Tage
<b>Mittlere Windgeschwindigkeit</b> (in 10 m Höhe über Boden)	5,69 m/s	4,27 m/s	5,21 m/s
<b>Maximale Windgeschwindigkeit</b> (in 10 m Höhe über Boden)	18,3 m/s	15,5 m/s	18,9 m/s
<b>Sturmtage</b> (maximale Windgeschwindigkeit ≥ 17,2 m/s)	7,44 Tage	2,43 Tage	7,97 Tage
<b>Windstille Tage</b> (maximale Windgeschwindigkeit ≤ 3,3 m/s)	0,9 Tage	2,1 Tage	0,47 Tage
<b>Sonnenscheindauer</b>	1599 Stunden	1512 Stunden	1522 Stunden
<b>Bewölkungsgrad</b>	67,52 %	67,63%	68,25 %

\*: Mittelwerte für die Metropolregion Bremen-Oldenburg ergeben sich aus den Messwerten der DWD-Stationen Helgoland, Bremerhaven, Cuxhaven, Jever, Bremen, Worspede und Nienburg (soweit vorhanden).

<sup>4</sup> Die Darstellungen und Analysen des Kapitels 2 basieren zum großen Teil auf einer im Auftrag des Bremer Umweltressorts durch die Firma BioConsult erstellten Studie: Schuchardt/Wittig: „Klimaprojektionen für die Bremer Region“ (2010).

<sup>5</sup> Ebd.

Ein maritimes Klima ist für die Nordseeküstenregion mit den Inseln charakteristisch. Das heißt: Milde Winter mit mittleren Temperaturen von ca. 2°C und mäßig warme Sommer mit mittleren Temperaturen zwischen 16 und 17°C charakterisieren die Jahresamplitude der Temperaturen. Die beiden Parameter Sommer- und Frosttage weisen deutliche Unterschiede zwischen der küstennahen Station Bremerhaven und der weiter im Binnenland liegenden Station Bremen auf. In Bremerhaven gibt es deutlich weniger Frost- und Sommertage. Die mittleren jährlichen Gesamtniederschlagsmengen betragen an der Station Bremen 672 mm in Bremerhaven 717 mm, wobei die Niederschlagsmengen im Sommer und Herbst größer sind, als im Winter und Frühjahr.

In Bremen und Bremerhaven sind circa ein Drittel der Tage pro Jahr Regentage; pro Jahr gibt es 2-3 Starkregentage mit mehr als 20 mm Niederschlag. An ca. 12 Tagen im Jahr fällt Schnee; eine Schneedecke kann an ca. 17-19 Tagen pro Jahr beobachtet werden. Bezüglich der Windgeschwindigkeiten und der Windkenntage sind Unterschiede zwischen Küste und Binnenland zu beobachten, indem sowohl die mittleren als auch die maximalen Geschwindigkeiten Richtung Binnenland abnehmen. Gleiches gilt für Sturmtage, wo im Jahresmittel in Bremerhaven ca. 8 Tage und in Bremen ca. 2-3 Tage gemessen worden sind. Die mittlere Jahresstundenzahl der Sonnenscheindauer beträgt in beiden Städten über 1.500 Stunden und der Bewölkungsgrad beträgt ca. 68%.

### Hinweise auf beobachtete Klimaänderungen

Seit Anfang des 20. Jahrhunderts ist die globale Jahresmitteltemperatur um ca. 0,7°C gestiegen. Auch in Deutschland zeigen die Zeitreihen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in der Tendenz steigende Durchschnittstemperaturen über das letzte Jahrhundert. Im linearen Trend ist die Jahresdurchschnittstemperatur in Deutschland zwischen 1901 und 2006 um ca. 0,9°C gestiegen. In Bremen zeigt sich eine vergleichbare Temperaturentwicklung wie in Gesamtdeutschland.

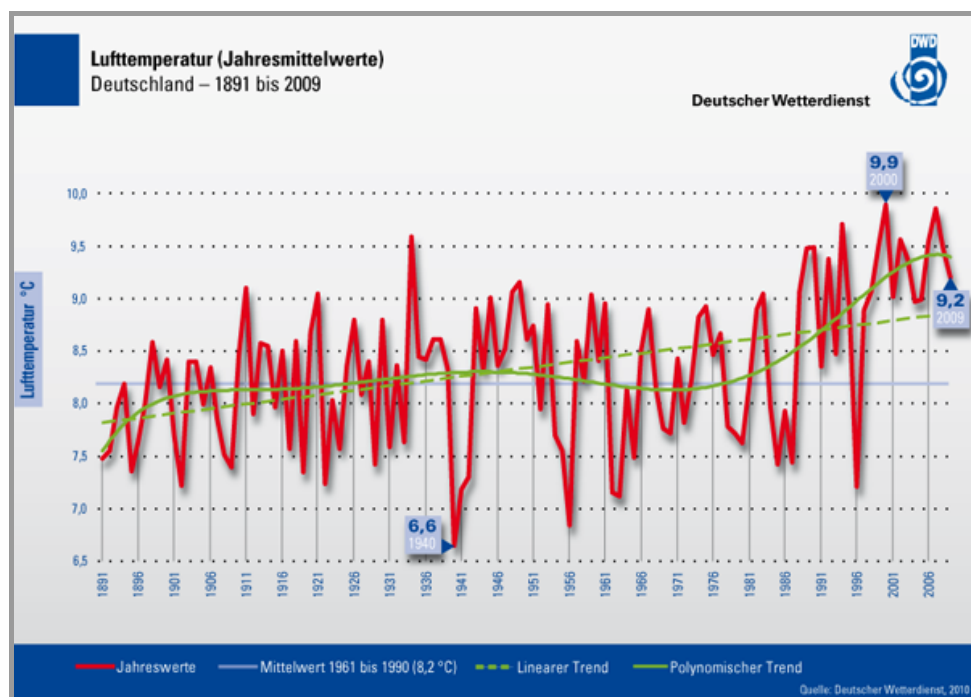


Abbildung 1: Messreihe des Deutschen Wetterdienstes der mittleren Jahrestemperaturen von 1891 bis 2009 für Deutschland (Quelle: [www.dwd.de](http://www.dwd.de))

„Temperaturmessungen zeigen, dass Norddeutschland sich mit 0,8 °C – verglichen mit anderen Regionen – durchschnittlich erwärmt hat. Dies gilt auch für Schleswig-Holstein. Dagegen haben sich Hamburg (+1,1 °C) und Niedersachsen (+1,0 °C) stärker erwärmt. Bremen (+0,7 °C) und Mecklenburg-Vorpommern (+0,4 °C) zeigen bislang eine etwas schwächere Erwärmung.“<sup>6</sup>

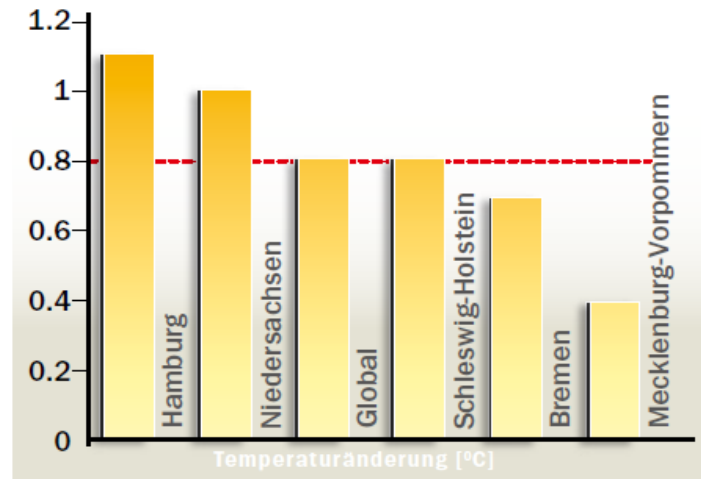


Abbildung 2: Änderungen der Temperatur in Norddeutschland. Der Abbildung liegen Temperaturmessungen aller verfügbaren Messstationen in norddeutschen Bundesländern zugrunde. (Quelle: Meinke et al., 2010)<sup>7</sup>

Auch beim Niederschlag sind in Deutschland Veränderungen zu beobachten. Gegenüber dem Beginn des 20. Jahrhunderts ist das Gebietsmittel der jährlichen Niederschlagsmenge in Deutschland angestiegen, wobei die beiden ersten Dekaden des 20. Jahrhunderts vergleichsweise trocken waren.<sup>8</sup> Allerdings gibt es zwischen den Regionen erhebliche Unterschiede der Veränderungen sowohl in räumlicher als auch jahreszeitlicher Ausprägung. „In ganz Deutschland hat der Niederschlag im letzten Jahrhundert um 8 % zugenommen. Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Hamburg und Bremen liegen mit 10-13 % dabei über dem bundesweiten Durchschnitt, in Mecklenburg-Vorpommern hat der Niederschlag mit etwa 1,5 % unterdurchschnittlich zugenommen. Vergleicht man die Jahreszeiten untereinander, wird deutlich, dass der Niederschlag insbesondere im Winter zunimmt, während im Sommer bisher keine wesentlichen Veränderungen messbar sind.“<sup>9</sup>

<sup>6</sup> Vgl.: 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. 2010: Kalte Zeiten - Warme Zeiten: Klimawandel(n) in Norddeutschland. Schriftenreihe des Landesmuseums Natur und Mensch, 76. 56-59.

<sup>7</sup> Ebd.

<sup>8</sup> Vgl. Bundesregierung: „Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ (2008)

<sup>9</sup> Vgl.: 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. 2010: Kalte Zeiten - Warme Zeiten: Klimawandel(n) in Norddeutschland. Schriftenreihe des Landesmuseums Natur und Mensch, 76. 56-59.

### 3.2 Regionale Klimaprojektionen

Die regional unterschiedlichen Ausprägungen des Klimawandels, erfordern regionalspezifische Klimamodelle, denn die globalen Klimamodelle<sup>10</sup> mit einer Auflösung von zurzeit 100 bis 200 Kilometern können die Kleinräumigkeit der Veränderung regionaler Klimamuster nicht darstellen. In den letzten Jahren ist daher die Entwicklung regionaler Klimamodelle und die Ableitung regionaler Klimaprojektionen<sup>11</sup> stark vorangetrieben worden. Mit einer horizontalen Auflösung von 10 bis 20 Kilometern sind jetzt detailliertere Aussagen über mögliche Klimaentwicklungen auf der regionalen Ebene möglich (Jacob et al. 2008<sup>12</sup>, Walkenhorst & Stock 2009<sup>13</sup>, Spekat et al. 2007<sup>14</sup>). Die Erstellung einer regionalen Klimaprojektion erfolgt üblicherweise in drei Schritten<sup>15</sup>:

1. Auswahl eines globalen Emissionsszenarios (SRES-Szenarios<sup>16</sup>) aus den vier Szenariofamilien A1, A2, B1, B2 in denen die mögliche Entwicklung der globalen Treibhausgasemissionen beschrieben ist.
2. Simulation der zugehörigen globalen, räumlich grob aufgelösten Klimaentwicklung unter Verwendung eines globalen Klimamodells.
3. Erhöhung der räumlichen Auflösung der modellierten globalen Klimaentwicklung anhand regionaler Klimamodelle auf derzeit bis zu ca. 10 km räumlicher Auflösung.

Bei der Erstellung regionaler Klimaprojektionen sind z. T. systemimmanente Unsicherheiten zu beachten:

---

<sup>10</sup> Ein globales Klimamodell (General Circulation Model: GCM) ist ein Computermodell, das eine dreidimensionale Repräsentation der Atmosphäre enthält und die in ihr ablaufenden physikalischen und chemischen Prozesse beschreibt.

<sup>11</sup> Klimaprojektionen beschreiben mögliche Klimaänderungen basierend auf Treibhausgasemissionsszenarien. „Um das Klima vorauszuberechnen, muss eine Annahme über deren zukünftige Änderungen getroffen werden, die maßgeblich durch die künftige Emission von Treibhausgasen durch den Menschen bestimmt werden. Hierfür werden mögliche Entwicklungslinien des Weltwirtschaftswachstums und der des Bevölkerungswachstums zu Hilfe genommen. Es werden verschiedene, gleich plausible Annahmen über deren zukünftige Entwicklung erstellt, auf deren Basis dann die Klimasimulationen durchgeführt werden. Die Klimaprojektionen [...] sind also bedingte Klimavorhersagen. Sie dienen nicht der Vorhersage des Klimas im Sinne einer Wettervorhersage, sondern der Abschätzung verschiedener möglicher Klimaentwicklungen, ein für die Klimafolgenforschung wichtiges Instrument.“ (Max Planck Institut für Meteorologie, <http://www.mpimet.mpg.de/>) Im Unterschied zu Wetterprognosen, die das Wetter unter der Annahme deterministischer meteorologischer Prozesse mittlerweile kurzfristig recht genau vorhersagen können, sind Aussagen zum Klimawandel deshalb keine Prognosen, sondern Projektionen verschiedener möglicher zukünftiger Veränderungen der Klimaparameter. Klimaprojektionen sind also als plausible klimatische Zukunftswelten zu verstehen, die auf der Basis von Emissionsszenarien mit Hilfe von Klimamodellen berechnet werden.

<sup>12</sup> Jacob, D.; Göttel, H.; Kotlarski, S.; Lorenz, P. & Sieck, K. (2008): Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland. Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. UBA, Reihe Climate Change 11/08. [<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3513.pdf>, 11.06.2010]

<sup>13</sup> Walkenhorst, O. & M. Stock (2009): Regionale Klimaszenarien für Deutschland - Eine Leseanleitung. Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL), Hannover, E-Paper Nr. 6, 24 S.

<sup>14</sup> Spekat, A., W. Enke & F. Kreienkamp (2007): Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2. Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes, FuE-Vorhaben, Förderkennzeichen 20441138, 149 S. [<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3133.pdf>, 07.06.2010]

<sup>15</sup> Für die aktuellen Klimaprojektionen steht das globale Atmosphären- und Landoberflächenmodell ECHAM5 des Max-Planck-Instituts für Meteorologie (MPI-M), welches mit dem Ozeanmodell MPI-OM gekoppelt wird, zur Verfügung. In Deutschland werden derzeit v. a. vier Regionalmodelle eingesetzt: die beiden dynamischen Modelle REMO (MPI-M) und CCLM (DWD u. a.) sowie die beiden statistischen Modelle STAR (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung ([www.pik-potsdam.de](http://www.pik-potsdam.de))) und WettReg (Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH ([www.cec-potsdam.de](http://www.cec-potsdam.de))). Im Norddeutschen Klimaatlas (<http://www.norddeutscher-klimaatlas.de/>, Helmholtz-Zentrum Geesthacht) sind außerdem die Ergebnisse des regionalen Klimamodells RCAO des schwedischen Wetterdienstes SMHI verfügbar.

<sup>16</sup> SRES = Special Report on Emissions Scenarios von Nakicenovic et al. 2000. (Anm.: Die SRES-Szenarien beinhalten keine zusätzlichen Klimaschutzanstrengungen oder -initiativen)



1. Unsicherheit über die Höhe der zukünftig zu erwartenden *Treibhausgasemissionen* bzw. Entwicklung der das Klima bestimmenden natürlichen und anthropogenen Größen wie z.B. die Art der Landnutzung.
2. Unsicherheit durch Ungenauigkeiten in den *globalen Klimamodellen*, deren Ergebnisse als Randbedingungen für regionale Klimamodelle dienen.
3. Unsicherheit durch Ungenauigkeiten in den regionalen Klimamodellen.
4. Unsicherheit aufgrund unterschiedlicher Startbedingungen für die Simulationsläufe der Regionalmodelle sowie begrenzte Anzahl von Modelljahren, aus denen das modellierte Klima geschätzt werden muss.
5. Unsicherheit durch die Verwendung der Ergebnisse der regionalen Klimaprojektionen in *Klimawirkungs- oder Klimafolgenmodellen*.

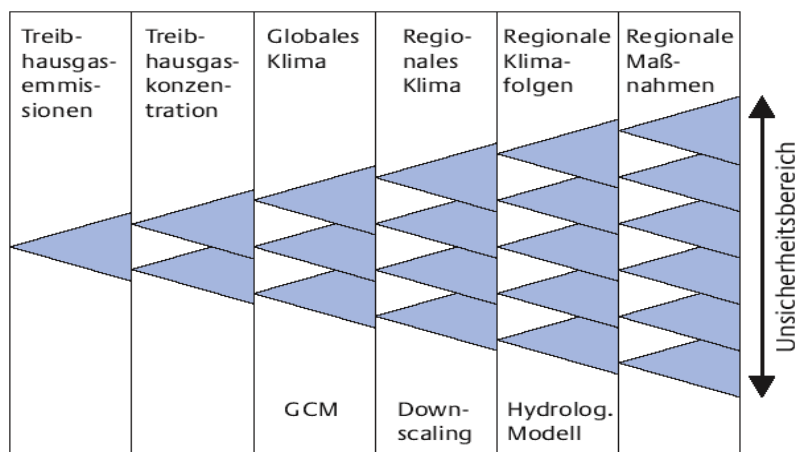


Abbildung 3: Vergrößerung der statistischen Unsicherheit bei der Übertragung globaler SRES-Szenarien in regionale Klimafolgen und -maßnahmen (BMVBS 2007).<sup>17</sup>

Die verschiedenen Unsicherheitsfaktoren sind bei der Abschätzung von Klimafolgen und Anpassungserfordernissen auf Basis regionaler Klimaprojektionen immer zu berücksichtigen. Es ist deshalb erforderlich, z. B. neben den mittleren Temperaturänderungen für ein ausgewähltes Emissionsszenario, zusätzlich immer auch die emissions- und modellbedingten Spannweiten der Änderungen mit zu betrachten. Derzeit ist es nicht möglich, Auswertungen für ein bestimmtes zukünftiges Jahr (betrachtet werden üblicherweise die Mittelwerte über 30 Jahre) vorzulegen oder Eintrittswahrscheinlichkeiten (z. B. von Starkregenereignissen) anzugeben.

### Mittelwerte und Extremwerte

Die Folgen des Klimawandels betreffen grundsätzlich zwei Arten von Ausprägungen: extreme Ereignisse, wie Starkregen oder Stürme und sich allmählich entwickelnde, dauerhafte klimatische Veränderungen wie der Meeresspiegel- oder der Temperaturanstieg.

<sup>17</sup> BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2007): Schifffahrt und Wasserstraßen in Deutschland – Zukunft gestalten im Zeichen des Klimawandels. Bestandsaufnahme, 58 S.

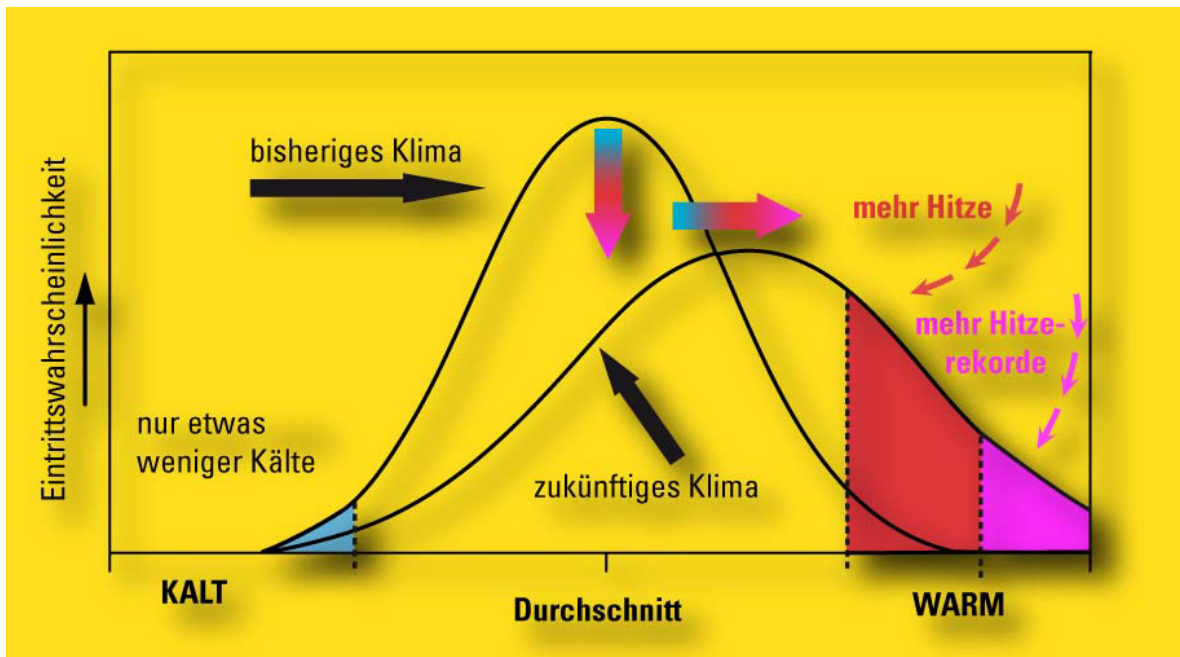


Abbildung 4: Schematische Darstellung der erwarteten Änderung der Temperaturverteilung (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

Wie die oben stehende Abbildung veranschaulicht, deuten die Klimaprojektionen darauf hin, dass sich die Temperatur-Verteilungskurve in Zukunft flacher und breiter darstellt. Dies entspricht einem steigenden Temperaturmittelwert, einem höheren Temperaturmaximum und z. B. auch einer größeren Anzahl heißer Tage. Entscheidend ist also zum einen inwieweit sich die mittlere Temperatur verändert, zum anderen inwieweit eine Klimaveränderung auch den Kurvenverlauf, d. h. die Streuung bzw. die Maximal- und Minimalwerte des Parameters, verändert. Denn bezüglich des Schadenspotenzials ist vor allem die Frage nach der zukünftig zu erwartenden Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen von Bedeutung. Die Frage von Extremwertänderungen wird derzeit bundesweit in verschiedenen Forschungsprojekten untersucht.

### 3.3 Mögliche Klimaänderungen in der Metropolregion Bremen-Oldenburg

Grundlage dieses Kapitels sind die im Rahmen der Studie „Klimaprojektionen für die Bremer Region“<sup>18</sup> ausgewerteten regionalen Projektionen. Diese beruhen auf Analysen im Rahmen des Forschungsprojektes *nordwest2050* und betreffen die Zeithorizonte Mitte (2036-2065) und Ende (2071-2100) des 21. Jahrhunderts. Bezugsraum ist die Metropolregion Bremen-Oldenburg. Die ausgewerteten Projektionen<sup>19</sup> für die Metropolregion zeigen dabei im Einzelnen große Spannweiten hinsichtlich der Intensität der Klimaänderung:

#### Temperatur

In den Modellrechnungen steigt die Temperatur in der Metropolregion Bremen-Oldenburg über alle Jahreszeiten an und die saisonal unterschiedlichen Erwärmungstrends setzen sich über die beiden analysierten Zeiträume fort. Die Frühjahrsmonate erwärmen sich demnach am geringsten. Die größte mittlere Temperaturerhöhung mit +1,1 bis +2,8°C für den Zeitraum 2036 – 2065 und +2,3 bis +3,6°C für den Zeitraum 2071-2100 wird für die Wintermonate projiziert.

In den Projektionen ergeben sich auch mehr Sommertage und tropische Nächte sowie weniger Frost- und Eistage. In der Metropolregion Bremen-Oldenburg würden sich rechnerisch zur Mitte des Jahrhunderts ca. 11 bis 33 Frosttage weniger und bis Ende des Jahrhunderts ca. 19 bis 40 weniger Frosttage pro Jahr ergeben. Diesem Trend entsprechend werden bis Mitte des Jahrhunderts ca. 2 bis 10 zusätzliche Sommertage und bis Ende des Jahrhunderts ca. 6 bis 19 zusätzliche Sommertage pro Jahr projiziert. Die Tendenz deutet insgesamt auch auf potenziell mehr bzw. längere Hitzeperioden hin. Im Vergleich zur Küstenregion könnte es im Binnenland zu einer stärkeren Temperaturzunahme im Winter bei schon heute niedrigeren winterlichen Temperaturmittelwerten kommen.<sup>20</sup>

---

<sup>18</sup> Schuchardt/Wittig: „Klimaprojektionen für die Bremer Region“ (2010).

<sup>19</sup> Im Rahmen der Studie wurden Ergebnisse aus den beiden dynamischen Regionalmodellen CCLM und REMO basierend auf ECHAM5 und den Emissionsszenarien B1, B2, A1B und A2 berücksichtigt.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Fachkonzepts waren lediglich die WettReg-Ergebnisse auf Grundlage des A1B-Szenarios verfügbar. Aus Gründen der Vergleichbarkeit werden die WettReg-Ergebnisse deshalb nicht in die Betrachtung einbezogen. Das statistische Regionalmodell WettReg projiziert im Bereich Niederschlag und Wind z. T. andere Klimasignale als die dynamischen Modelle CCLM und REMO. Zukünftig sollen deshalb auch Ergebnisse der statistischen Regionalmodelle wie WettReg und STAR in die Betrachtungen integriert werden. Im Norddeutschen Klimaatlas (<http://www.norddeutscher-klimaatlas.de/>) sind zusätzlich zu CCLM und REMO die Ergebnisse des regionalen Klimamodells RCAO des schwedischen Wetterdienstes SMHI verfügbar. Diese wurden nicht in der in Auftrag gegebenen Studie „Klimaprojektionen für die Bremer Region“ berücksichtigt.

In zukünftigen Analysen sollen auch Ergebnisse dieses Modells berücksichtigt werden. Das Regionalmodell RCAO liefert basierend auf dem Globalmodell ECHAM4 z. T. deutlich stärkere Klimasignale als CCLM und REMO. Für den Zeitraum 2071-2100 werden stärkere Temperatursignale über alle Projektionszeiträume ermittelt. Berücksichtigt man die Ergebnisse des Modells RCAO in die Betrachtung ergäbe sich bspw. eine Spannweite der Erhöhung der Jahresmitteltemperatur auf +1,9 bis +4,7°C (anstatt +1,9 bis +3,1°C). Auch für die Niederschlagsparameter ergeben sich gemäß dem Norddeutschen Klimaatlas in den Modellrechnungen größere Spannweiten. Während CCLM und REMO bezüglich des Herbstniederschlags eine Spannweite von +8 bis +17 % errechnen, ergibt sich unter Einbeziehung von RCAO eine Spannweite von -2% bis + 19%. Die Spannweite für den Sommerniederschlag belief sich demnach auf -46 % bis -9% (anstatt -22 % bis -9%).

<sup>20</sup> Im Gegensatz zu tendenziell wärmeren projizierten Wintern weisen aktuelle Forschungen auf die Möglichkeit hin, dass die Erderwärmung auch zu kälteren Wintern in (Nord-)Europa führen könnte: In der östlichen Arktis schrumpft das Eis auf dem Meer – hierdurch werden örtlich die unteren Luftschichten aufgeheizt, was zu einer starken Störung von Luftströmungen führen kann. Ergebnis ist eine mögliche Abkühlung der nördlichen Kontinente. (Petoukhov, V. und Semenov, V. A. (2010): *A link between reduced Barents-Kara sea ice and cold winter extremes over northern continents*, *J. Geophys. Res.*, 115, doi:10.1029/2009JD013568)

Tabelle 2: Projizierte Änderung temperaturabhängiger Klimaparameter gemäß den ECHAM5 basierten Regionalmodellen REMO und CCLM unter Berücksichtigung der Emissionsszenarien B1, B2, A1B und A2 in der Metropolregion Bremen-Oldenburg. (Quelle: verändert nach Schuchardt/Wittig, 2010)<sup>21</sup>

Parameter	Projizierte Änderungen für Mitte des 21. Jahrhunderts	Projizierte Änderungen für Ende des 21. Jahrhunderts
	Differenzen zwischen den Zeiträumen 1961-1990 und 2036-2065	Differenzen zwischen den Zeiträumen 1961-1990 und 2071-2100
Jahresmitteltemperatur (in 2m Höhe)	+1,0 bis +2,0°C	+1,9 bis +3,1°C
Frühling (MAM)	+0,3 bis +1,7°C	+1,3 bis +2,4°C
Sommer (JJA)	+1,1 bis +1,8°C	+1,8 bis +3,1°C
Herbst (SON)	+1,4 bis +2,2°C	+2,1 bis +3,2°C
Winter (DJF)	+1,1 bis +2,8°C	+2,3 bis +3,6°C
Sommertage (Tage mit Maximaltemperatur $\geq 25^{\circ}\text{C}$ )	+2 bis +9,6 Tage	+5,6 bis +18,8 Tage
Tropische Nächte (Tage mit Minimaltemperatur $\geq 20^{\circ}\text{C}$ )	+0,3 bis +1,7 Nächte	+1,3 bis +4,2 Nächte
Frosttage (Tage mit Minimaltemperatur $\leq 0^{\circ}\text{C}$ )	-33 bis -10,8 Tage	-39,5 bis -19,4 Tage
Eistage (Tage mit Maximaltemperatur $\leq 0^{\circ}\text{C}$ )	-16 bis -3,7 Tage	-17,6 bis -5,9 Tage

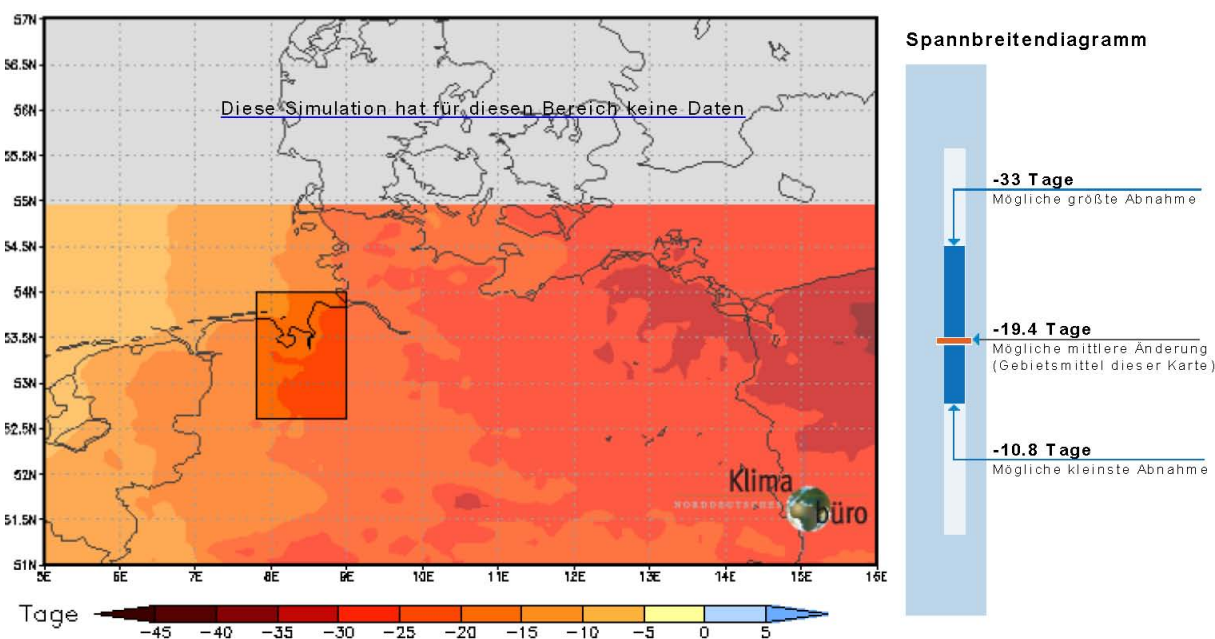


Abbildung 5: Metropolregion Bremen-Oldenburg: Mögliche mittlere Änderung der Anzahl der Frosttage im Jahr bis Mitte des 21. Jahrhunderts (2036-2065) im Vergleich zu heute (1961-1990), kartographische Darstellung basiert auf: A1B - ECHAM5 (Lauf 1) – REMO (Quelle: Norddeutscher Klimaatlas, Stand 10/2010)<sup>22</sup>

<sup>21</sup> Schuchardt/Wittig: „Klimaprojektionen für die Bremer Region“ (2010)

<sup>22</sup> Meinke, I., E. Gerstner, H. von Storch, A. Marx, H. Schipper, C. Kottmeier, R. Treffeisen und P. Lemke, 2010: Regionaler Klimaatlas Deutschland der Helmholtz-Gemeinschaft informiert im Internet über möglichen künftigen Klimawandel. Mitteilungen DMG 02/2010, 5-7.

## Niederschlag

Der Gesamtniederschlag über das Jahr scheint sich im Land Bremen bis zum Ende des Jahrhunderts eher moderat zu verändern. Allerdings deuten die regionalen Projektionen darauf hin, dass es deutliche Änderungen der Jahresverteilungen geben könnte: trockenere und wärmere Sommer, feuchtere und wärmere Winter.

Tabelle 3: Projizierte Änderungen niederschlagsabhängiger Klimaparameter gemäß den ECHAM5 basierten Regionalmodellen REMO und CCLM unter Berücksichtigung der Emissionsszenarien B1, B2, A1B und A2 in der Metropolregion Bremen-Oldenburg. (Quelle: verändert nach Schuchardt/Wittig, 2010)<sup>23</sup>

Parameter	Projizierte Änderungen für Mitte des 21. Jahrhunderts	Projizierte Änderungen für Ende des 21. Jahrhunderts
	Differenzen zwischen den Zeiträumen 1961-1990 und 2036-2065	Differenzen zwischen den Zeiträumen 1961-1990 und 2071-2100
Gesamtniederschlag	+3 bis +9%	+4 bis +10%
Frühling (MAM)	+2 bis +10%	+7 bis +16%
Sommer (JJA)	-13 bis +8%	-22 bis -9%
Herbst (SON)	+2 bis +19%	+8 bis +17%
Winter (DJF)	+9 bis +27%	+17 bis +44%
Regentage (Tage mit mehr als 1 mm Niederschlag)	-1,4 bis +2 Tage	-6,5 bis +3,2 Tage
Starkregentage (Tage mit mind. 20 mm Niederschlag)	0 bis +1*	+1 bis +2 Tage
Schneemenge	-92 bis -38%	-93 bis -77%
Schneebedeckung (Tage mit Schneedecke)	-10 bis 0 Tage*	-10 bis 0 Tage
Schneetage (Tage mit Schneefall)	-2,5 bis +0,1 Tage	-2,7 bis -0,2 Tage

\* Spannweiten beziehen sich auf die Zukunftsperiode 2041 bis 2070

Die Projektionen zeigen bis zur Mitte des Jahrhunderts eine Zunahme des Niederschlags in den Wintermonaten um 9 % bis 27 %, während die Schneemenge möglicherweise um 38 % bis 92 % abnimmt. Im Winter würde tendenziell also weniger Schnee aber sehr viel mehr Regen fallen.

Für Mitte des 21. Jahrhunderts sind die Projektionen bezüglich sommerlichen Niederschlags in der Tendenz uneinheitlich zwischen einer Abnahme des Niederschlags um -13% bis zu einer Zunahme um +8 %. Zum Ende des 21. Jahrhundert zeigen die Projektionen einheitliche Trends von abnehmendem Niederschlag im Sommer zwischen -9 % und -22 %. Die saisonalen Niederschlagsmengen könnten sich entsprechend den Projektionen im Laufe des Jahrhunderts sukzessive weiter vom Sommer in Richtung Winter verschieben.

<sup>23</sup> Schuchardt/Wittig: „Klimaprojektionen für die Bremer Region“ (2010)

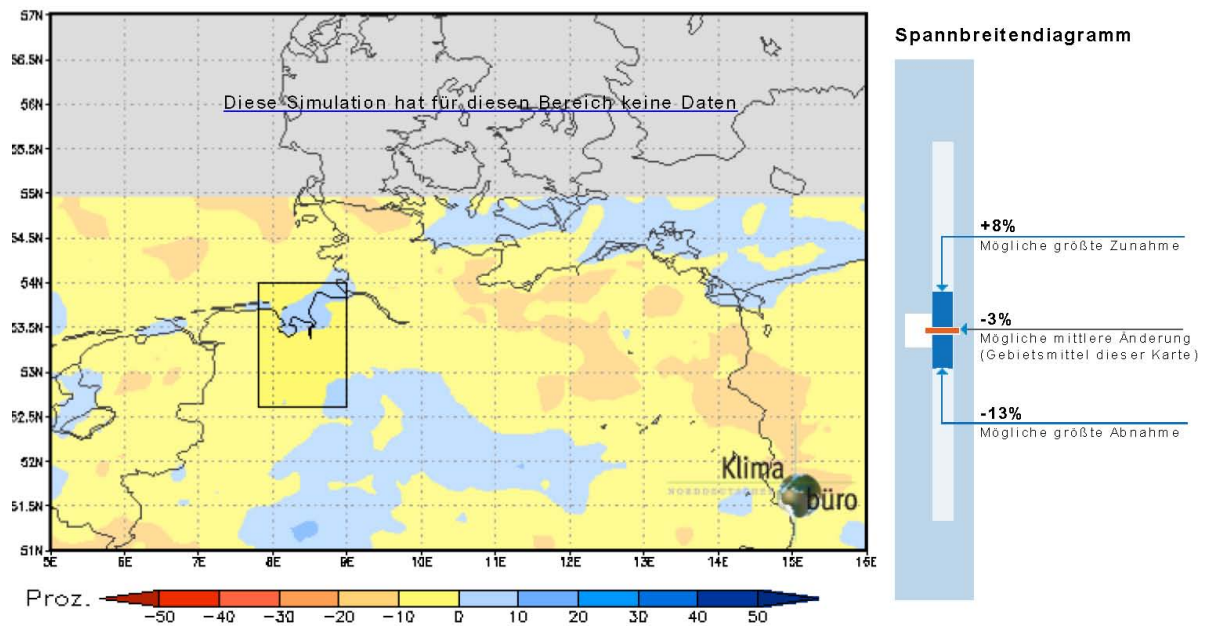


Abbildung 6: Metropolregion Bremen-Oldenburg: Mögliche mittlere Änderung des Regens im Sommer bis Mitte des 21. Jahrhunderts (2036-2065) im Vergleich zu heute (1961-1990), Darstellung basiert auf: A1B - ECHAM5 (Lauf 1) – REMO (Quelle: Norddeutscher Klimaatlas, Stand 10/2010)<sup>24</sup>

Die Anzahl der Regentage nimmt in den Projektionen im Winter zu - und im Sommer ab. Über das gesamte Jahr wird im Mittel eine eher moderate Änderung der Anzahl der Regentage projiziert. Allerdings ist es möglich, dass neben Hitzeextremen auch Starkregenereignisse zunehmen. Erste Abschätzungen deuten darauf hin, dass es küstennah im Vergleich zum Binnenland zu einer deutlicheren Zunahme des Jahres- und des Winterniederschlags bei schon heute höheren Niederschlagsmengen kommen könnte.

### Wind / Sonnenschein / Bewölkung

Die mittleren Windgeschwindigkeiten liegen in den Projektionen Mitte und Ende des Jahrhunderts bei zusätzlich 0 % bis 2 %. Insgesamt scheint bis Ende des 21. Jahrhunderts sowohl die mittlere Windgeschwindigkeit als auch die Sturmintensität im Winter eher zuzunehmen.<sup>25</sup>

Bezüglich Sonnenscheindauer und Bewölkungsgrad sind geringe Veränderungen bis zum Ende des Jahrhunderts projiziert: Die Veränderungen haben ähnlich geringe Größenordnungen, die Modelle unterscheiden sich z. T. in den Vorzeichen der berechneten Veränderungen und beide Parameter verändern sich in den Modellen nur geringfügig.

<sup>24</sup> Meinke, I., E. Gerstner, H. von Storch, A. Marx, H. Schipper, C. Kottmeier, R. Treffeisen und P. Lemke, 2010: Regionaler Klimaatlas Deutschland der Helmholtz-Gemeinschaft informiert im Internet über möglichen künftigen Klimawandel. Mitteilungen DMG 02/2010, 5-7.

<sup>25</sup> Der Norddeutsche Klimaatlas gibt bezüglich der Sturmintensitäten bis Ende des 21. Jahrhunderts eine mögliche Abnahme im Sommer von 0 % bis - 8 % und eine Zunahme im Winter von +1% bis +13%.



**Tabelle 4:** Projizierte Änderungen sonstiger Klimaparameter gemäß den ECHAM5 basierten Regionalmodellen REMO und CCLM unter Berücksichtigung der Emissionsszenarien B1, B2, A1B und A2 in der Metropolregion Bremen-Oldenburg (Quelle: verändert nach Schuchardt/Wittig, 2010)<sup>26</sup>

Parameter	Projizierte Änderungen für Mitte des 21. Jahrhunderts	Projizierte Änderungen für Ende des 21. Jahrhunderts
	Differenzen zwischen den Zeiträumen 1961-1990 und 2036-2065	Differenzen zwischen den Zeiträumen 1961-1990 und 2071-2100
Mittlere Windgeschwindigkeit (in 10 m Höhe über Boden)	0 bis +2%	0 bis +2%
Maximale Windgeschwindigkeit (in 10 m Höhe über Boden)	-	-
Sturmtage (maximale Windgeschwindigkeit $\geq$ 17,2 m/s)	-1,3 bis +3 Tage	+1,5 bis +3 Tage
Windstille Tage (maximale Windgeschwindigkeit $\leq$ 3,3 m/s)	-0,2 bis +0,8 Tage	-0,8 bis +0,7 Tage
Sonnenscheindauer	-5 bis -2%	-7 bis -3%
Bewölkungsgrad	-1 bis +1%	0 bis +2%

### 3.4 Meeresspiegelanstieg

Aussagen über den zukünftigen Meeresspiegel lassen sich nicht aus den genannten regionalen Klimamodellen ableiten. Hierzu sind weitere Modelle und Analysen notwendig. Gemäß den Angaben des IPCC könnte der mittlere Meeresspiegel im globalen Mittel für das niedrigere Emissionsszenario (B1) um 18 bis 38 Zentimeter und für das hohe Emissionsszenario (A1FI) 26 bis 59 Zentimeter betragen.

**Tabelle 5:** Projizierte mittlere globale Erwärmung an der Erdoberfläche und mittlerer globaler Meeresspiegelanstieg am Ende des 21. Jahrhunderts (nach IPCC 2007)<sup>27</sup>.

SRES-Szenarien	Temperaturänderung (2090-2099 verglichen mit 1980-1999)		Meeresspiegelanstieg (2090-2099 verglichen mit 1980-1999)
	beste Schätzung	wahrscheinliche Bandbreite	modellbasierte Bandbreite ohne zukünftige rapide Änderungen des Eisflusses
A1B	2,8°C	1,7°C – 4,4°C	21 – 48 cm
A2	3,4°C	2,0°C – 5,4°C	23 – 51 cm
B1	1,8°C	1,1°C – 2,9°C	18 – 38 cm
B2	2,4°C	1,4°C – 3,8°C	20 – 43 cm
A1FI	4,0°C	2,4°C – 6,4°C	26 – 59 cm
A1T	2,4°C	1,4°C – 3,8°C	20 – 45 cm

Das bislang noch schwer abzuschätzende Verhalten der großen grönländischen und arktischen Eisschilde birgt allerdings Unsicherheiten hinsichtlich Geschwindigkeit und Höhe des Meeresspiegelanstiegs. Unter Berücksichtigung der Eisschilddynamik in Grönland und der Antarktis hält der Weltklimarat einen Meeresspiegelanstieg von ca. 2 bis 8 Dezimeter bis

<sup>26</sup> Schuchardt/Wittig: „Klimaprojektionen für die Bremer Region“ (2010)

<sup>27</sup> IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2007 - Auswirkungen, Anpassung, Verwundbarkeiten. Beitrag der Arbeitsgruppe II zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC): M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, C. E. Hanson and P. J. van der Linden (eds.): Cambridge University Press, Cambridge, UK, 22 S.

Ende des 21. Jahrhunderts für plausibel.<sup>28</sup> Andere Forschungsergebnisse schätzen den möglichen maximalen globalen Meeresspiegelanstieg bis Ende des Jahrhunderts z. T. auf bis zu 14 Dezimeter.<sup>29</sup> Neben dem globalen Meeresspiegelanstieg sind Effekte durch Windstau, Wellenauflauf sowie spezifische regionale bzw. lokale Gegebenheiten zu berücksichtigen, die zu erhöhten Sturmflutwasserständen führen können. Beispielsweise könnten mögliche Veränderungen in der Gezeitendynamik zusätzlich zu einem erhöhten mittleren Tidehochwasser (insbesondere in Buchten und Ästuaren) führen.



Abbildung 7: Schematische Darstellung der Faktoren, die Sturmflutwasserstände ändern können. Änderungen im globalen und regionalen Meeresspiegel beeinflussen sowohl die mittleren als auch die Sturmflutwasserstände. Änderungen im Windklima und Wellenauflauf sind nur für die Sturmflutwasserstände von Bedeutung. Zusätzlich zu den dargestellten Faktoren spielen gezeitenbedingte Änderungen eine Rolle. (Norddeutsches Klimabüro 2009)<sup>30</sup>

„Obwohl sich das Windklima über der Nordsee bisher nicht systematisch geändert hat, weisen Klimarechnungen für die Zukunft darauf hin, dass die Nordseestürme im Winter stärker werden können. Wintersturmgeschwindigkeiten können in Norddeutschland bis zum Ende des Jahrhunderts um bis zu 12 % zunehmen. Dies gilt vor allem für Stürme aus westlichen und nördlichen Richtungen. Hauptsächlich Stürme aus diesen Richtungen stauen auch die Wassermassen an der deutschen Nordseeküste auf. Sturmflutszenarien weisen darauf hin, dass Sturmflutwasserstände windbedingt bis zum Ende des Jahrhunderts ein bis drei Dezimeter höher auflaufen können.“

Geht man nun davon aus, dass der Meeresspiegelanstieg an der deutschen Nordseeküste auch künftig etwa dem durchschnittlichen globalen Meeresspiegelanstieg<sup>31</sup> entspricht, wird auch das Ausgangsniveau der Nordseesturmfluten in Zukunft weiter ansteigen. Zusammen mit einem veränderten Windklima können Nordseesturmfluten bis zum Ende des Jahrhunderts dann insgesamt etwa 3 bis 11 Dezimeter höher auflaufen als heute.<sup>32</sup> (Weitere Ausführungen siehe Kapitel 4.1)

<sup>28</sup> Norddeutsches Klimabüro/GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH (Hrsg.): „Nordseesturmfluten im Klimawandel“

<sup>29</sup> Schuchardt/Wittig: „Klimaprojektionen für die Bremer Region“ (2010)

<sup>30</sup> Norddeutsches Klimabüro/GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH (Hrsg.): „Nordseesturmfluten im Klimawandel“

<sup>31</sup> Nach IPCC möglicherweise 2-8 Dezimeter bis Ende des 21. Jahrhunderts

<sup>32</sup> 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. 2010: Kalte Zeiten - Warme Zeiten: Klimawandel(n) in Norddeutschland. Schriftenreihe des Landesmuseums Natur und Mensch, 76. 56-59.



### **3.5 Potentielle Klimafolgen für städtische Räume**

Die klimatischen Veränderungen, die sich auf den urbanen Raum auswirken, betreffen sowohl die durchschnittlichen Bedingungen (wie z. B. die Jahresmitteltemperatur) als auch die Anzahl und die Intensität von Extremereignissen. So können häufigere und heftigere Extremereignisse (wie z. B. Hochwasserereignisse, Hitzewellen und Starkregenereignisse) zu Schäden an der Bausubstanz und zur Gefährdung der Bewohner führen, während schleichende Veränderungen (z. B. von Niederschlagsverhältnissen) veränderte Ansprüche an Bausubstanz und Infrastruktureinrichtungen (z. B. Kanalisation und Verkehrswege) auslösen. Bei der Betrachtung der Folgen des Klimawandels im urbanen Raum müssen demnach sowohl die schleichenden klimatischen Veränderungen als auch Veränderungen der Extremereignisse betrachtet werden. Beide Arten von Veränderungen haben neben ihren direkten Auswirkungen auch indirekte Folgen wie z. B. steigender Energiebedarf zur Kühlung von Gebäuden und Prozessen. Grundsätzlich ergeben sich klimawandelbedingte Problemfelder durch veränderte Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse, durch besonderes viel oder besonders wenig Niederschlag und durch Hitzeperioden. Hierzu gehören insbesondere die Problematik der städtischen Wärmeinseleffekte sowie der Problembereich der Stadtentwässerung infolge von Extremniederschlägen und möglicher Trockenperioden.<sup>33</sup>

#### **Hitzebelastung/Städtische Wärmeinsel**

Städte sind im Jahresmittel um 1 bis 2 Grad wärmer als die sie umgebende Landschaft. Die Wärmeinsel ist ein typisches Merkmal des Stadtklimas - sie wird durch die Wechselwirkung unterschiedlicher Effekte hervorgerufen. Physikalisch betrachtet hat sie ihre Ursache überwiegend im veränderten Strahlungs- und Wärmehaushalt. Durch die starke Aufwärmung tagsüber und die eingeschränkte Abkühlung nachts werden die Städte im Vergleich zum Umland deutlich wärmer.

Durch die Geometrie der Bebauung vergrößert sich die Oberfläche, auf der die Sonnenstrahlung absorbiert wird. Dies führt besonders in austauscharmen, sommerlichen Schönwetterperioden zu einer Aufheizung der Baukörper. Im Gegensatz zu unbebauten Flächen wirken bebaute Flächen wie ein Wärmespeicher, außerdem fehlt meist die Vegetation, die Schatten spendet und mit Verdunstungsleistung die Luft abkühlen kann. Die Luftzirkulation und der Zustrom bzw. das Einsickern von kühlerer Luft aus dem Umland oder aus größeren Grünflächen ist durch die Bebauung oft eingeschränkt. Ein weiterer Faktor, der zur Erwärmung der Innenstädte führt, ist die großräumige Flächenversiegelung. Niederschlagswasser läuft schnell ab und steht nicht für die abkühlende Verdunstung zur Verfügung.

#### **Extremniederschläge/Trockenheit**

Je nach Topographie, Bebauung, Versiegelung und Entwässerungssystem ergeben sich für Städte spezifische Problematiken bezüglich der Siedlungsentwässerung. Die Zunahme von Starkniederschlägen kann beispielsweise zu erhöhtem Oberflächenabfluss aufgrund überlasteter Kanalisationsnetze und zu erhöhten Mischwasserentlastungen führen, in deren Folge es zu erheblichen Sachschäden kommen kann und die negativen Einflüsse auf Oberflächengewässer verstärkt würden. Potentiell niederschlagsreichere Wintermonate führen zu höheren Grundwasserständen, die je nach Situation Auswirkungen auf Bauobjekte haben können.

---

<sup>33</sup> Vgl. hierzu auch Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): „Handbuch Stadtklima“, 2010.

Mögliche Auswirkungen vermehrter Niederschläge betreffen städtische Infrastrukturen genauso wie private Grundstücke oder Anlagen.

Längere und häufigere Trockenperioden in den Sommermonaten können neben der Verstärkung der Wärmeinseleffekte verschiedene andere Auswirkungen im städtischen Raum nach sich ziehen. Die Funktionsfähigkeit von Kanalsystemen kann beeinträchtigt werden, möglicherweise verbunden mit Geruchsbelästigung. Die ökologische Situation von Fließgewässern kann genauso beeinträchtigt werden wie das städtische Grün und die städtischen Böden. Flussnahe Industrieanlagen können in ihrer Leistungsfähigkeit oder Belieferbarkeit bei Niedrigwasser möglicherweise eingeschränkt sein.

## **4 Analysen ausgewählter Handlungsfelder**

Der Klimawandel ist für die einzelnen Handlungsfelder unterschiedlich relevant. In den folgenden Kapiteln werden deshalb sektorspezifische Analysen angestellt. Diese dienen zunächst der Einordnung der Problematik in den einzelnen Handlungsfeldern. Es werden Zusammenhänge aufgezeigt, die Relevanz des Klimawandels für das jeweilige Handlungsfeld skizziert und soweit möglich bereits potentielle Anpassungserfordernisse und –optionen benannt.

### **4.1 Handlungsfeld Küstenschutz/Hochwasserschutz/Wasserwirtschaft**

Die Folgen des Klimawandels betrifft sowohl den Küsten- und Hochwasserschutz, als auch die Wasserwirtschaft in all ihren Bereichen. Folgen sind für die Siedlungsentwässerung und Abwasserreinigung genauso zu erwarten wie für die Beschaffenheit der Oberflächengewässer, deren ökologischen Funktionen und für das Grundwasser.

Die Anpassung an die natürliche Variabilität des Klimas war schon immer eine zentrale Aufgabe der Wasserwirtschaft. Infolge der geografischen Lage Bremens stand und steht der Küstenschutz bzw. allgemein der Schutz vor Hochwasser im Vordergrund. Mit der Umsetzung des Generalplanes Küstenschutz werden bereits umfassende Anpassungsmaßnahmen durchgeführt (siehe Kapitel 4.1.1).

Bei den meisten anderen genannten, möglicherweise vom Klimawandel betroffenen, Themenfeldern der Wasserwirtschaft befindet man sich noch am Beginn grundsätzlicher Überlegungen. Zwar werden die Auswirkungen der Klimaänderung für den Raum Bremen zunächst als moderat projiziert. Dennoch gilt es für den Bereich der Wasserwirtschaft bereits jetzt strategische Handlungsfelder zu entwickeln und dabei die Klimavariabilität und den Umgang mit verschiedenen Nutzungs- und Schutzansprüchen integriert zu berücksichtigen.

Das Strategiepapier „Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft“ der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA, 2010) bildet auch für das Land Bremen die Grundlage für die künftig notwendige Handlungsstrategie der Wasserwirtschaft. Diese umfasst im Wesentlichen folgende Eckpunkte:

- I Grundlagenermittlung
- II Modellierung und Auswirkungen
- III Abschätzung der Vulnerabilität
- IV Maßnahmen- und Managementkonzeption
- V Bewusstseinsbildung und Kommunikation
- VI Weiterentwicklung von Politik und Technik

Es wird deutlich, dass die gesamten wasserwirtschaftlichen Grundlagen stärker als in der Vergangenheit einer regelmäßigen Überprüfung bedürfen. Abhängig von der möglichen Betroffenheit einzelner Handlungsbereiche sind notwendig werdende Anpassungsmaßnahmen unmittelbar zu treffen (Beispiel Küstenschutz) oder ggf. erst auf mittlere bzw. lange Sicht ins Auge zu fassen.

#### **4.1.1 Küsten- und Hochwasserschutz im Land Bremen**

Etwa 360 km<sup>2</sup>, also 89 % der Landesfläche Bremens, unterliegen einer potentiellen Gefährdung durch Hochwasser. Innerhalb der gefährdeten Gebiete leben rd. 570.000 Menschen. Daher ist Schutz vor Hochwasser eine elementare Aufgabe Bremens. Dies wird insbesondere durch die geografische Lage deutlich. Zum einen können aufgrund von hohen Niederschlägen oder Schneeschmelzen im Binnenland Hochwässer aus der Ober- und Mittelweser entstehen, zum anderen können Sturmfluten von der Nordsee zu sehr hohen Wasserständen führen. Im ungünstigsten Fall treffen beide Ereignisse, also ein Binnenhochwasser und eine Sturmflut, zeitgleich aufeinander.

Da bis auf das hochgelegene Bremen-Nord weite Teile Bremens relativ flach liegen, müssen diese Bereiche mit Deichen und anderen Hochwasserschutzbauwerken geschützt werden. Die Gesamtlänge der bremischen Weserdeiche beträgt 80 km. Für die Unterhaltung sind das Land selbst und die Bremischen Deichverbände am rechten und am linken Weserufer zuständig.

#### **Berücksichtigung des Klimawandels beim Küstenschutz**

An den deutschen Küsten sind, wie oben beschrieben, durch den Klimawandel verursachte mögliche Veränderungen der hydrologischen Parameter (mittlerer) Meeresspiegel, Tidedynamik, Sturmfluten und Seegang von besonderer Bedeutung. Sie beeinflussen nicht nur den Küstenhochwasserschutz, sondern auch die Küstensicherung (Schutz vor Erosion der Küsten). Analog zum Anstieg des Meeresspiegels werden die Sturmflutwasserstände zunehmen. Sturmfluten entstehen während aufländiger Starkwindereignisse, die das Wasser vor der Küstenlinie aufstauen und dort zu einem sogenannten Windstau führen.

Um rechtzeitig Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor Hochwässern und Sturmfluten ergreifen zu können, stellte das Land Niedersachsen und Bremen 2007 gemeinsam den Generalplan Küstenschutz auf. Anhand dieses Planes wurden die vorhandenen Deiche und Hochwasserschutzbauwerke im Hinblick auf künftige Klimaszenarien überprüft sowie Maßnahmen zur langfristigen Gewährleistung des Hochwasserschutzes festgelegt.

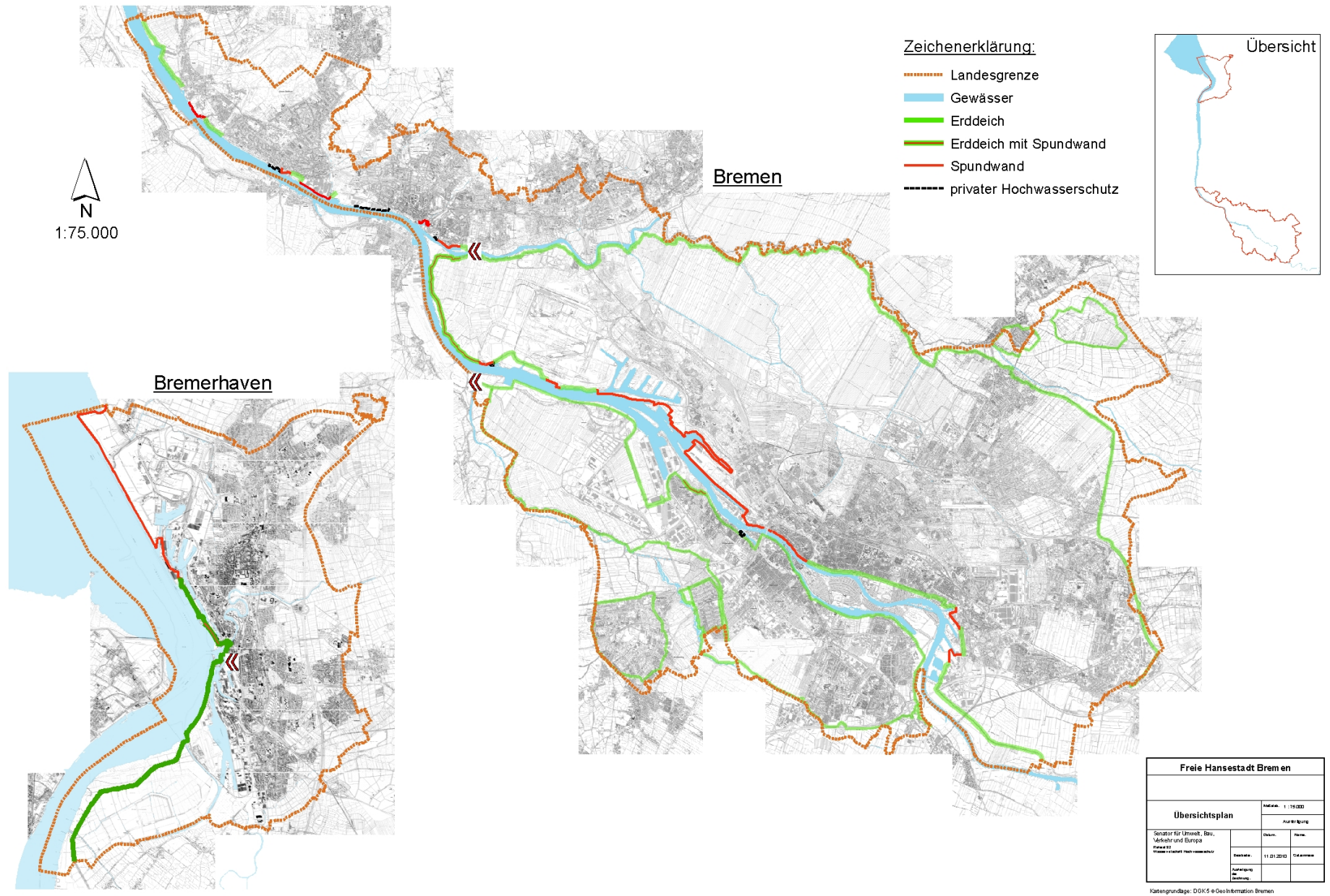
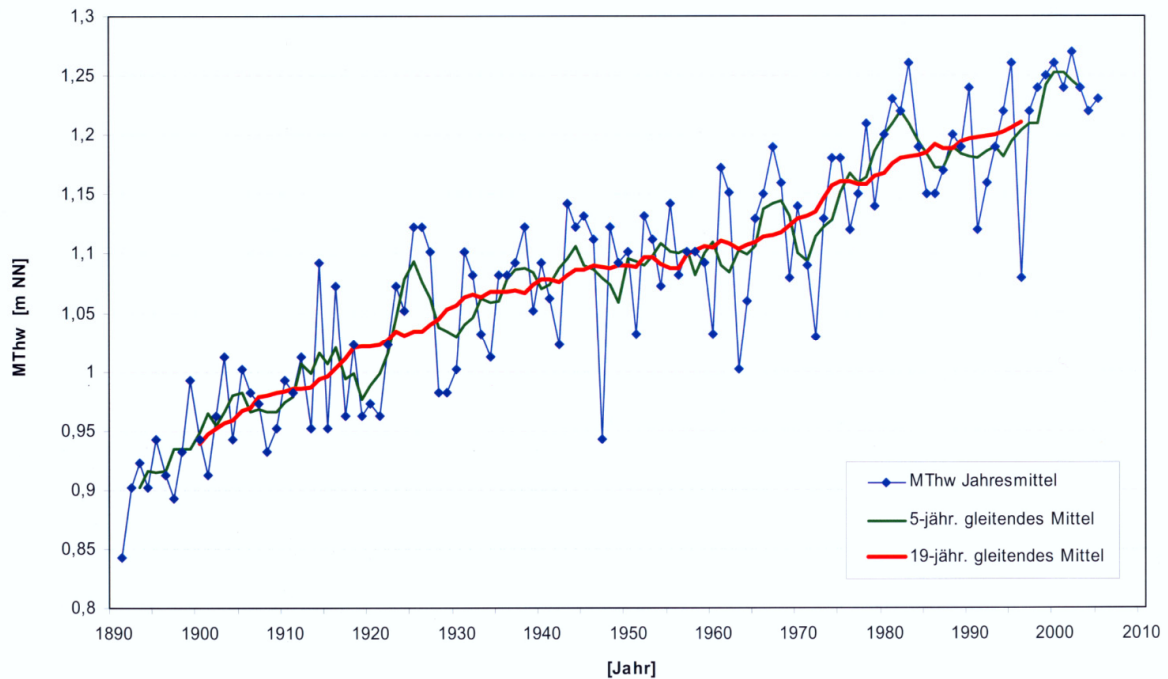


Abbildung 8: Übersichtsplan Hochwasserschutz im Land Bremen

Für die Ermittlung des zukünftigen Bemessungswasserstandes wurde zunächst der langjährige Beobachtungspegel auf Norderney (hundertjährige Messreihen) herangezogen. Der Pegel weist einen Anstieg des Meeresspiegels von 25 cm in den letzten 100 Jahren auf. Insofern wurde zunächst für den Generalplan Küstenschutz ein säkularer Meeresspiegelanstieg von 25 cm für die nächsten 100 Jahre auf die erforderlichen Deichhöhen addiert.

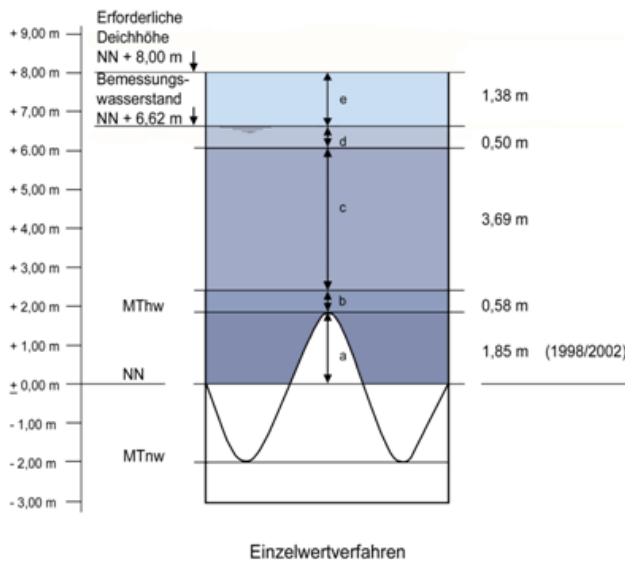


Datengrundlage WSV

Abbildung 9: Entwicklung des mittleren Tidehochwassers am Pegel Norderney

Da die Aussagen zum Anstieg des Meeresspiegels und andere für die Bemessung von Küstenschutzanlagen relevanter Größen infolge des Klimawandels mit großen Unsicherheiten behaftet sind, haben sich Niedersachsen und Bremen dazu entschieden, den Klimafolgenzuschlag mit weiteren 25 cm über den im Generalplan benannten Bemessungswasserstand hinaus zu berücksichtigen. Die Küstenschutzplanungen der beiden Länder berücksichtigen somit Klima bedingte Veränderungen in den nächsten 100 Jahren von 50 cm. Zusätzlich wurde das Konzept des *konstruktiven Klimavorsorgemaßes* entwickelt, wonach alle Deichstrecken so erhöht werden, dass eine weitere Erhöhung um zusätzliche 75 cm jederzeit möglich ist. Bremen hat sich damit, auch im nationalen und internationalen Vergleich, für eine sehr vorausschauende Berücksichtigung des Klimawandels im Hinblick auf den Küstenschutz entschlossen.





Die Deichhöhe ergibt sich aus der Addition von:

- a: Höhe des mittleren Tidehochwassers (MThw) über NN
- b: Höhenunterschied zwischen dem höchsten Springtidehochwasser (HSpThw) und dem MThw
- c: Höhenunterschied zwischen dem höchsten eingetretenen Tidehochwasser (HHThw) und dem MThw
- d: zukünftiger säkularer Anstieg für 100 Jahre („Klimafolgenzuschlag“)
- e: Wellenaufbauhöhe (für eine Böschungseigung außen von 1 : 6)

Abbildung 10: Bestimmung/Überprüfung der Solldeichhöhen (Beispiel: Lohmandeich in Bremerhaven) bei der Umsetzung des Generalplanes Küstenschutz

Grundlage für die bis 2025 laufenden Baumaßnahmen mit einem Investitionsvolumen von rd. 240 Mio. Euro ist die Bestimmung von Bemessungswasserständen, anhand derer die neuen Solldeichhöhen festgelegt wurden. Diese wurden mittels des sogenannten Einzelwertverfahrens für die gesamten relevanten Gewässerstrecken ermittelt. Der Bemessungswasserstand und daraus folgend die Solldeichhöhe ergibt sich für jeden Deichabschnitt aus der Addition der in Abbildung 10 dargestellten Größen. Für den stadtbremischen Bereich wurden zusätzlich numerische Modellberechnungen zur Neufestlegung des Bemessungswasserstandes durchgeführt.

#### 4.1.2 Betroffenheit von Oberflächengewässern / Gewässerökosystemen

Gewässerökosysteme unterliegen in vielfältiger Weise Veränderungen aufgrund des zu erwartenden Klimawandels. Die Gewässerbeschaffenheit und die Gewässerstruktur können betroffen sein. Veränderter Schneerückhalt, z. B. infolge wärmerer Winter, kann zu einer Änderung des Abflussregimes führen, Niedrigwasser verursacht das Trockenfallen von Uferabschnitten oder des gesamten Fließgewässers, Hochwasserereignisse verändern die Strukturen durch Sedimenttransport und Uferabbrüche. All das führt zu Veränderungen der Lebensräume, die in Verbindung mit steigenden Wassertemperaturen die einheimischen Gewässerbiozöten beeinträchtigen können. Die Herausforderung wird sein, die durch den Klimawandel betroffenen Gewässernutzungen so anzupassen, dass die Gewässerökosysteme nachhaltig geschützt und als Lebensräume erhalten und entwickelt werden können.

Infolge des Klimawandels ist tendenziell mit niedrigeren mittleren Abflüssen im Sommer (Niedrigwassersituation) und höheren, länger andauernden Abflüssen im Winter (Hochwasserereignisse) zu rechnen. Beide Ereignisse können strukturelle Veränderungen der Gewäs-

ser hervorrufen und Auswirkungen auf die Gewässerqualität und die aquatische Biozönose haben. Die Zunahme lokaler Starkniederschlagsereignisse kann zu einem steigenden Eintrag von Nähr- und Schadstoffen, aber auch Krankheitserregern in Oberflächengewässer führen. Gleiches kann auch über den Pfad der Stadtentwässerung erfolgen indem bei extremen Hochwasserereignissen die Gefahr einer Verunreinigung von Oberflächengewässern infolge der Überflutung von Industriestandorten, Abwasserreinigungsanlagen oder auch privater Heizöltanks etc. besteht.

Klimabedingte Einflüsse auf die Beschaffenheit des Bodens können ebenfalls Auswirkungen auf die Gewässerqualität haben. Insbesondere Starkregenfälle, die hauptsächlich oberflächlich abfließen, können zu einem erhöhten Bodenabtrag (Erosion) und in dessen Folge zur Eutrophierung von Gewässern führen. Aufgrund der fehlenden Verdünnung erhöhen geringe Abflüsse die Konzentration von Nähr- und Schadstoffen und damit die Belastung des aquatischen Ökosystems. Steigende Wassertemperaturen, z. B. in Verbindung mit einer sommerlichen Trockenperiode, führen zu verringerten Konzentrationen an gelöstem Sauerstoff im Gewässer. Dies ist bei aufgestauten Fließgewässern besonders relevant, denn bei geringen Fließgeschwindigkeiten erhöht sich die Verweilzeit biologisch abbaubarer Stoffe im Gewässerabschnitt und es kommt zu einer zusätzlichen Sauerstoffzehrung.

Steigende Luft-, Wasser- und Bodentemperaturen erhöhen zudem die mikrobiologische Aktivität und damit die Gefahr entsprechender mikrobiologischer Belastungen in Oberflächengewässern. Durch die höheren Temperaturen ist außerdem die Ausbreitung wasserbürtiger Krankheitserreger begünstigt.

#### **4.1.3 Betroffenheit des Wasserhaushalts**

Für die Entwicklung der langjährigen mittleren Grundwasserneubildung sind Niederschlagshöhe, jahreszeitliche Verteilung und Intensität sowie die temperaturabhängige Evapotranspiration (Wasserverdunstung und Transpiration von Pflanzen) entscheidend. Durch eine klimawandelbedingte längere Vegetationsperiode und die Zunahme der Evapotranspiration könnte sich die Dauer der Grundwasserzehrung im Sommer verlängern, d. h. zu tendenziell niedrigeren Grundwasserständen im Sommer führen.

Eine mögliche Zunahme der Winterniederschläge (insbesondere durch Regen) und vermehrt großräumige und lang anhaltende Niederschläge im Winter könnten zu einer Erhöhung der Grundwasserstände im Winter führen. Gebietsweise könnten die ohnehin schon problematischen Vernässungen (z. B. in den Stadtteilen Schwachhausen, Horn-Lehe, Borgfeld, Findorff) oberflächennaher Bodenschichten zunehmen und dadurch vermehrt zu „nassen Kellern“ bzw. Bauwerksschäden führen.

Denkbar ist aber auch, dass die **Grundwasserneubildung** im Winter langfristig sogar eher abnimmt: Da der Anteil am Niederschlag, der zur Grundwasserneubildung zur Verfügung steht, durch den Grad der Flächenversiegelung und die nutzbare Feldkapazität des Bodens bestimmt wird, führen Starkregenereignisse bei versiegelten Flächen zu einem erhöhten oberirdischen Abfluss und nicht zwangsläufig zu einer erhöhten Grundwasserneubildung.



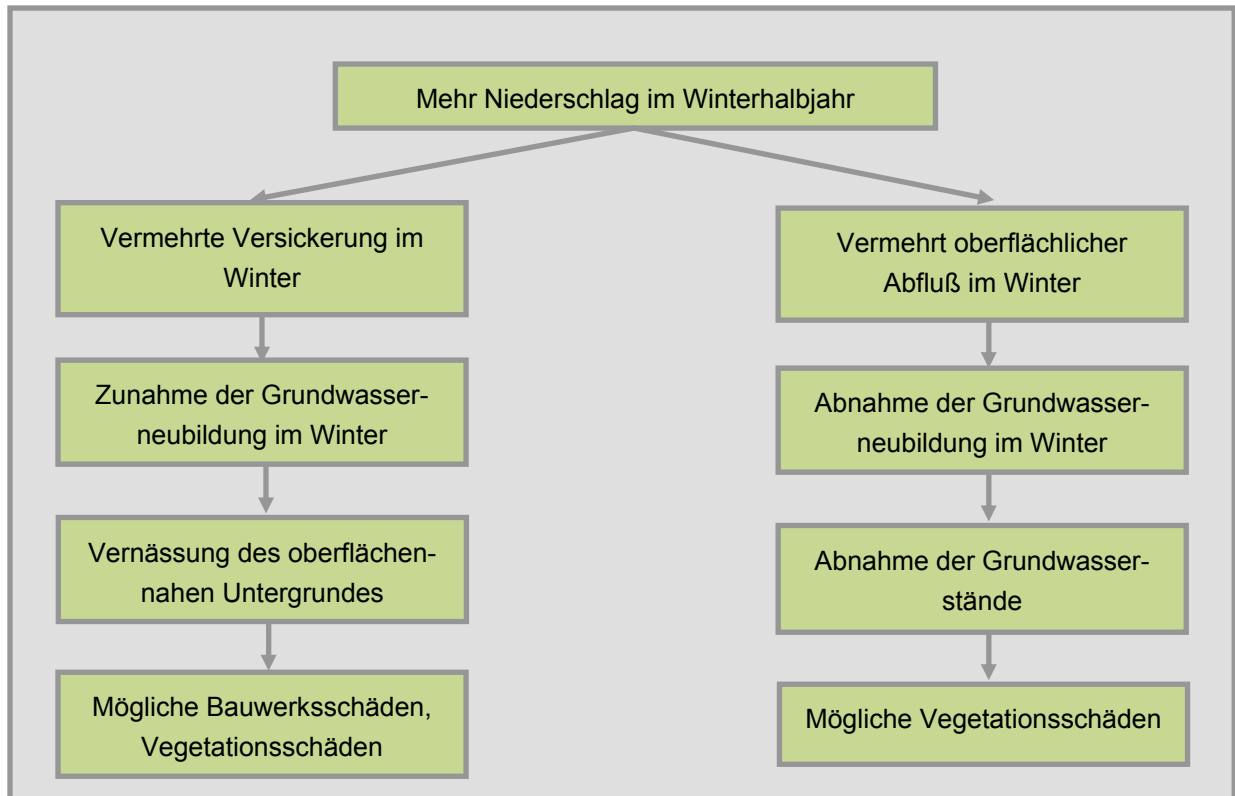


Abbildung 11: Zu untersuchende mögliche Folgen des Klimawandels auf die Grundwasserneubildung

Da sich das Grundwasser insbesondere im hydrologischen Winterhalbjahr regeneriert, könnte aus diesem Grund trotz steigender Niederschlagsmenge sogar eine geringere Grundwasserneubildungsrate resultieren. Es gilt deshalb zu untersuchen, ob die angenommenen Folgen des Klimawandels eine Zunahme der Grundwasserneubildung und damit eine Vernässung des oberflächennahen Untergrundes verursachen oder ob die Grundwasserstände eher fallen.

Bremen unterhält zum Teil seit den 1950er Jahren ein relativ großes Netz von Grundwassermessstellen. Zurzeit werden die Daten zunächst stadtteilbezogen hinsichtlich möglicher Veränderungen des Grundwasserniveaus ausgewertet. Ziel ist dabei u. a. Hinweise auf den evtl. Einfluss des Klimawandels auf die Grundwasserstände in Bremen zu erhalten.

Im Hinblick auf Landwirtschaft und Trinkwassergewinnung sind außerdem mögliche Auswirkungen auf das **Grundwasserdargebot** zu analysieren. Die Wechselwirkung zwischen feuchteren und wärmeren Wintern mit möglicherweise hoher Grundwasserneubildung und trockenen heißen Sommern ohne Grundwasserneubildung, der Verlängerung der Vegetationsperioden verbunden mit höherer Verdunstung, der Kopplung zwischen Grund- und Oberflächenwasser mit erhöhter Speisung der Oberflächengewässer aus dem Grundwasser in Trockenzeiten, kann zu einer Veränderung des Grundwasserdargebots führen.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die **Grundwasserqualität** lassen sich derzeit nur vage abschätzen. Mit der Temperaturerhöhung gehen Veränderung der chemischen, physi-

kalischen und biologischen Prozesse wie Stofftransport und –umsatz einher. Es ist zu erwarten, dass mehr Humus abgebaut, Stickstoff mineralisiert und Nitrat in das Grundwasser ausgewaschen wird. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass es im Fall einer dauerhaften Absenkung des Grundwasserspiegels zu einer Konzentrierung von geogenen und anthropogenen Stoffen und damit zur Verschlechterung der Grundwasserqualität kommen kann. Und schließlich führen höhere Meereswasserstände zu einem erhöhten Austausch zwischen Süß- und Salzwasser in der Vermischungszone zwischen landbütig zufließendem Grundwasser und fluss-/küstenbütigem Uferfiltrat. In den betroffenen Bereichen könnte es dann zu einer hydrochemischen Veränderung (Versalzung) des Grundwassers mit weitreichenderen Folgen z. B. für die Trinkwassergewinnung kommen.

#### **4.1.4 Siedlungsentwässerung und Abwasserreinigung**

Potentielle Anpassungserfordernisse in Bezug auf die Siedlungsentwässerung ergeben sich aus der Möglichkeit der Zunahme lokal auftretender konvektiver Ereignisse (Gewitter). Die Zunahme kleinräumig auftretender Starkniederschläge, kann zu erhöhtem Oberflächenwasserabfluss mit Auswirkungen auf die städtische Infrastruktur und zu Mischwasserentlastungen führen, in deren Folge die negativen Einflüsse auf Oberflächengewässer (siehe Kapitel 4.1.2) verstärkt würden. Da ein Kanalsystem nur auf eine begrenzte Überstausicherheit ausgelegt werden kann, die Regenmengen bei Starkregenereignisse über diese Bemessungsansätze jedoch deutlich hinausgehen, sind Strategien erforderlich, die verstärkt den Oberflächenabfluss betreffen und alle relevanten kommunalen Infrastruktur- und Planungsträger in eine gemeinsame Anpassungs- und Risikostrategie einbinden.

Die Deutsche Vereinigung für Wasser- und Abfallwirtschaft (DWA) kommt in einem Fachbeitrag zur Überflutungssicherheit von Entwässerungssystemen vor dem Hintergrund des Klimawandels<sup>34</sup> zu dem Schluss, dass sich, aufgrund des stark lokalen und kleinräumigen Charakters von Starkregenereignissen und der noch fehlenden statistischen Signifikanz eines vermehrten Auftretens, keine allgemein gültige, quantifizierbare Grundlage zur Einführung eines pauschalen Zuschlages im Rahmen der Bemessung von Entwässerungsanlagen ableiten lässt. Vielmehr empfiehlt die DWA zur Sicherstellung eines Risikomanagements die stärkere Einbeziehung der baulichen Gegebenheiten an der Oberfläche und des Objektschutzes als kommunale Gemeinschaftsaufgabe.

In diesem Sinne und vor dem Hintergrund der Starkregenereignisse im Sommer 2011 wurde nach einer halbjährigen Vorbereitungszeit im Juli 2012 das Projekt– KLimaAnpassungsStrategie Extreme Regenereignisse (KLAS) als ressort- und organisationsübergreifendes Gemeinschaftsprojekt für die Stadtgemeinde Bremen gegründet. Ziel ist es, Strategien und Maßnahmen im Sinne eines verbesserten Risikomanagements bei Starkregenereignissen zu entwickeln. Das Projekt wird bis Ende 2014 als kommunales Leuchtturmprojekt zur Klimaanpassung im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) und des „Aktionsplans Anpassung“ der DAS gefördert.

Aufgrund der topografischen Ausprägung lassen sich im Stadtgebiet im Starkregenfall potentiell überschwemmungsgefährdete Bereiche identifizieren und kartografisch darstellen. Die

---

<sup>34</sup> Arbeitsbericht der DWA Arbeitsgruppe ES-2.45 „Anforderungen und Grundsätze der Entwässerungssicherheit“, KA Nr.9, 2008

Karten dienen zum einen dazu, den örtlichen Planungsträgern eine Entscheidungshilfe in Planungsprozessen zu geben. Zum anderen können anhand der Karte die Bereiche ermittelt werden, in denen sensible Nutzungen, wie beispielsweise wichtige Infrastruktureinrichtungen, Hauptverkehrsadern oder bedeutende soziale Infrastrukturen, aufgrund ihrer Lage von oberflächlichen Überschwemmungen betroffen sein könnten. Da im Starkregenfall mehr Niederschlagswasser vorhanden ist, als die Kanalisation aufnehmen kann, muss in diesen Lagen geprüft werden, ob und wie das Risiko, welches von den Ereignissen ausgeht, gemindert oder besser gemanagt werden kann.

Grundsätzlich kann kein vollumfänglicher Schutz vor Überschwemmungen und damit einhergehenden Sach- und Personenschäden gewährleistet werden. Daher ist die Sensibilisierung der Bevölkerung für die Risiken im Starkregenfall und für eine Eigenvorsorge im Sinne eines Objektschutzes auf privaten Grundstücken von besonderer Bedeutung.

Daneben verfolgt das Projekt die langfristige Umsetzung von Strategien und Maßnahmen für eine wassersensible Stadtentwicklung. Die Belange der Wasserwirtschaft müssen bei städtischen Planungen integriert berücksichtigt werden, um damit im Hinblick auf Starkregenereignisse eine klimaangepasste Planung zu vollziehen. Es wird gemeinsam mit allen relevanten Planungsträgern (Stadtentwicklung, Stadtplanung, Verkehrsplanung, Landschafts- und Freiraumplanung, Bauleitplanung) auszuarbeiten sein, wie Planungsinstrumente und Verfahren an die Folgen des Klimawandels angepasst werden können und wie klimaangepasste Maßnahmen umzusetzen sind. Die Projektergebnisse zur Modifizierung der bestehenden Instrumente und Erfahrungen in Bezug auf mehr Wassersensibilität in der Planung können in Bezug auf die Anpassung weiterer stadtrelevanter Klimawirkfolgen, wie z.B. städtische Hitzebelastungen, übertragen oder ausgeweitet werden.

#### **4.1.5 Aspekte der Schifffahrt und des Meeresschutzes**

Für die Schifffahrt sind insbesondere die Veränderungen der Dauer und Häufigkeit von Unter- oder Überschreitungen kritischen Wasserstände und die Hochwasserhäufigkeit (niedrigster und höchster schiffbarer Wasserstand) von Bedeutung. Die Auswirkungen eines veränderten Abflussregimes wären vielschichtig und betreffen vor allem die Binnenschifffahrt und die angeschlossenen Industrien. Die Veränderung morphologischer Verhältnisse könnte zusätzlichen Aufwand (Unterhaltung, Investitionen in die Infrastruktur) für den Betreiber der Bundeswasserstraßen nach sich ziehen.

Ein erhöhter CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft führt auch zu einem höheren CO<sub>2</sub>-Gehalt in den Meeren und damit zu niedrigeren pH-Werten, in deren Folge die Kalkbildung in den Meeren abnimmt. Dies hat Auswirkungen auf den Karbonathaushalt und somit auf diejenigen Organismen, die für ihre Schalen oder Skelettstrukturen Kalk bilden. Dies hat wiederum unmittelbare Konsequenzen für marine Ökosysteme. Die zu erwartenden und regional bereits beobachtete Erwärmung der Meere führt darüber hinaus zu einer Veränderung der Zusammensetzung derzeitiger Lebensgemeinschaften.

Ein Temperaturanstieg in Nord- und Ostsee begünstigt außerdem die Ausbreitung durch Ballastwasser oder andere menschliche Aktivitäten eingeschleppter fremder Organismen, die ihrerseits die Meeres- und Küstenökosysteme verändern können. Ferner können die zu-

nehmenden Energieeinträge aus Seegang und Sturmfluten sowie die verlängerte Überflutungsdauer der Vorländer eine Veränderung des Artenspektrums in den Sedimenten nach sich ziehen. Wattflächen und Salzwiesen könnten bei einem stark beschleunigten Meeresspiegelanstieg voraussichtlich nicht schnell genug nachwachsen.

## **4.2 Handlungsfeld Bodenschutz und Landwirtschaft**

Böden spielen eine zentrale Rolle im Klimageschehen. Einerseits sind sie unmittelbar von Klimaänderungen betroffen, andererseits haben Eingriffe und Veränderungen der Bodeneigenschaften Auswirkungen auf das Klima. Die Wechselwirkungen zwischen Boden und Klima sind komplex und zeigen teilweise sich verstärkende Rückkopplungseffekte. Zwischen Böden und Atmosphäre findet der Austausch klimarelevanter Gase (Kohlendioxid, Methan und Stickoxide) statt.

### **4.2.1 Boden als Kohlenstoffspeicher**

Eine Schlüsselfunktion kommt dem Boden bei der Speicherung von Kohlenstoff zu (Senkenfunktion). Er ist der größte und gleichzeitig langfristigste terrestrische Speicher für organischen Kohlenstoff im Stoffkreislauf. Böden sind in der Lage, durch Pflanzenwachstum aus der Atmosphäre aufgenommenes Kohlendioxid nach Absterben der Pflanze zunächst als Humus im Boden festzulegen und erst mit fortschreitender Zersetzung und Mineralisierung der organischen Substanz nach und nach wieder freizusetzen.

Die Speicherdauer wird dabei wesentlich durch die Ablaufgeschwindigkeit der Zersetzungs- und Mineralisierungsprozesse bestimmt. Diese wiederum ist in hohem Maße abhängig von der jeweiligen Nutzungsart und den standorttypischen Gegebenheiten, wie z.B. Wasserhaushalt und Temperaturverhältnisse. Zurzeit ist die weltweit in Böden gebundene Kohlenstoffmenge (ohne fossile Energieträger) mehr als doppelt so groß als die insgesamt in der Erdatmosphäre vorhandene.

Das Kohlenspeichervermögen natürlicher Bodentypen ist unterschiedlich und kann näherungsweise wie folgt gegliedert werden: Moore speichern mehr Kohlenstoff als grundwasser-nahe Böden (z. B. Gley, Marsch, Auenboden). Letztere können mehr Kohlenstoff speichern als grundwasserferne Böden bei denen der Grundwasserspiegel i. d. R. mehrere Meter unterhalb der Geländeoberfläche liegt (z. B. Braunerde, Podsol). (s. a. Abbildung 12: Bodentypen in Bremen)

Großen Einfluss auf die Kohlenstoff-Vorräte der Böden hat allerdings auch die Landnutzung. Böden unter Wald und Grünland weisen mehr Kohlenstoff-Vorräte auf als Böden unter Ackernutzung. Darüber hinaus kann auch die Art der Bodenbewirtschaftung einen deutlichen Einfluss auf die Kohlenstoff-Gehalte und -Vorräte im Boden haben.

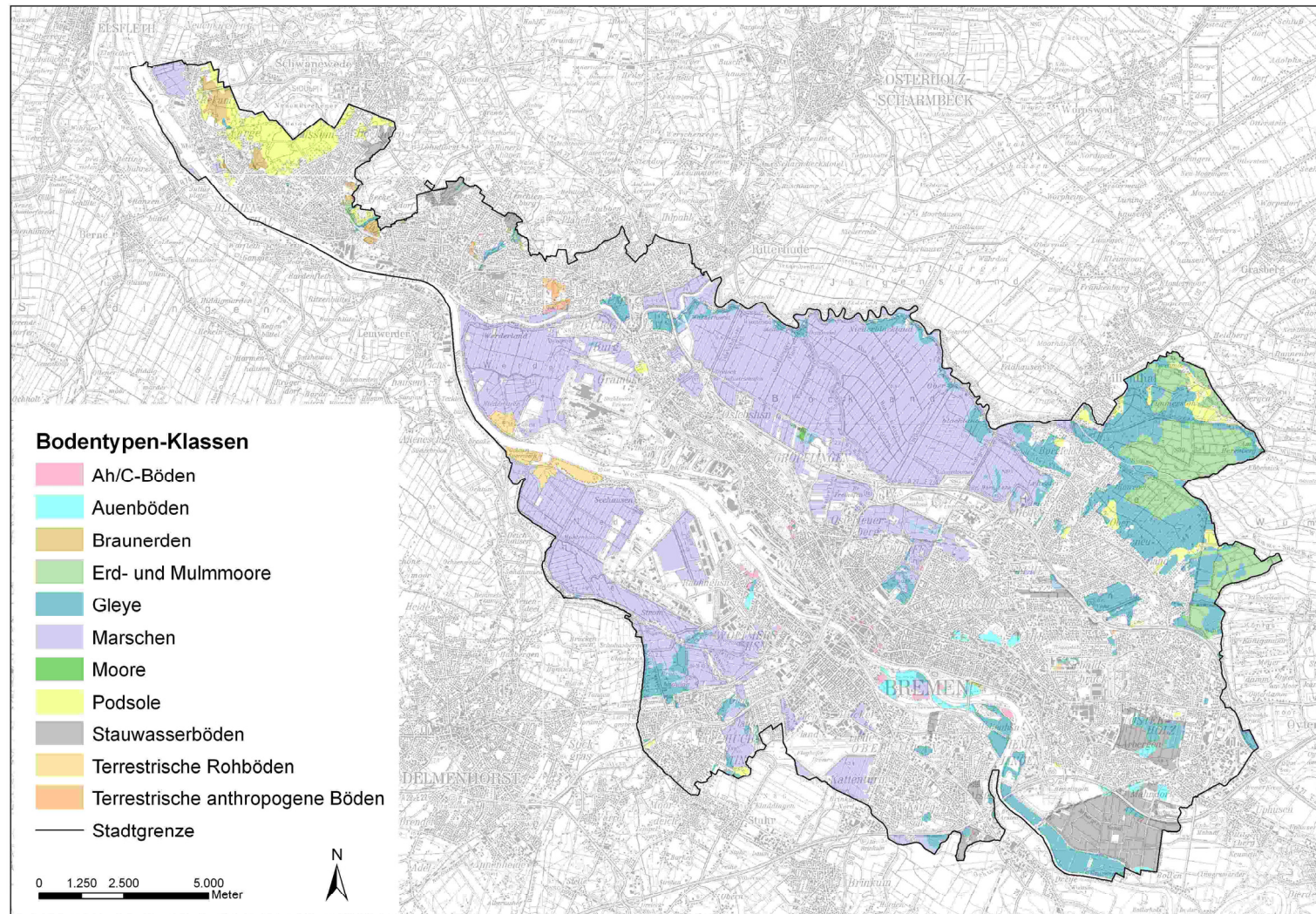


Abbildung 12: Bodentypen in Bremen



#### **4.2.2 Potentielle Klimafolgen für die Böden des Landes Bremen**

Auswirkungen des Klimawandels auf die natürlichen Bodenfunktionen sowie auf die Funktion der Böden als Standort der Land- und Forstwirtschaft sind zu erwarten. Nach gegenwärtiger Kenntnis muss dabei insbesondere mit

- dem Risiko von abnehmenden Humusgehalten und -vorräten,
- einer zunehmenden potenziellen Wasser- und Winderosionsgefährdung,
- eines zunehmenden Risikos von Bodenschadverdichtungen sowie
- Veränderungen des Bodenwasserhaushaltes gerechnet werden.

Die Böden des Landes Bremen sind zum Großteil typische Böden der Niederung mit hohem Wassergehalten, die die Fähigkeit zur langfristigen Bindung von CO<sub>2</sub> in besonderem Maße besitzen. Erhöhte Durchschnittstemperaturen, längere Trockenperioden und Starkniederschlagsereignisse können unsere Böden in Funktion und Existenz mittelfristig massiv beeinträchtigen. Starkregenereignisse steigern die Bodenerosion, erhöhen den Oberflächenabfluss und senken die Grundwasserneubildungsrate. Geringere Bodenwassergehalte würden eine gesteigerte Mineralisierungsrate (Zersetzung) der organischen Substanz und damit eine verstärkte Freisetzung von Kohlendioxid in die Atmosphäre zur Folge haben.

#### **4.2.3 Potentielle Anpassungsmaßnahmen für den Bodenschutz**

Umweltfreundliche Bodennutzungs- und Bewirtschaftungsmaßnahmen und -systeme können helfen, die genannten negativen Entwicklungen positiv zu beeinflussen und ein Stück weit zu kompensieren.

Unter regionalen Klimaschutz Gesichtspunkten stellt sich Grünlandnutzung gegenüber der Ackernutzung generell wesentlich günstiger dar. Im Land Bremen werden die humusreichen Niederungsböden nahezu vollständig als Grünland genutzt und tragen damit zu einer verringerten CO<sub>2</sub>-Emission bei. In Zukunft ist darauf hinzuwirken, dass die Grundwassernähe (hohe Grundwasserstände) für humusreiche Niederungsböden erhalten bleibt und diese Böden möglichst nicht intensiver landwirtschaftlich genutzt werden.

Ein entscheidender Beitrag sowohl zum Klimaschutz als auch zum Bodenschutz besteht also darin, die Kohlenstoffsenken-Funktion der Böden so weit wie möglich zu erhalten, wieder herzustellen oder nachhaltig zu verbessern. Erforderliche Maßnahmen hierfür sind:

- Schutz von Böden, insbesondere solchen mit sehr hohem Kohlenstoff-Speichervermögen, bzw. hohem Kohlenstoff-Vorrat vor Überbauung im Rahmen von Planungs- und Genehmigungsverfahren;
- Reduzierung des Flächenverbrauchs bisher unversiegelter Böden durch verstärkte Innenentwicklung und Brachflächenrecycling; Rekultivierung und Renaturierung devastierter Flächen ;
- Erhalt, ggf. Mehrung von Wald und Grünland, insbesondere Vermeidung von Grünlandumbruch;
- Schutz hydromorpher Böden, insbesondere Erhalt und Regeneration von Mooren;

- nachhaltige Nutzung von Ackerflächen, insbesondere durch: Sicherstellung einer ausgeglichenen Humusbilanz; Vermeidung des Verlustes organischer Substanz infolge von Wasser- und Winderosion; Vermeidung von Bodenschadverdichtungen.

#### **4.2.4 Klimafolgen für die Bremer Landwirtschaft**

Die Landwirtschaft leistet ihren Beitrag zum Klimaschutz, hat ihren Anteil an den Gesamtemissionen klimawirksamer Gase und ist gleichzeitig selbst stark vom Klimawandel betroffen. Sie muss ihre Treibhausgasemissionen reduzieren. Hierzu wurden in Bremen z. B. im Rahmen des Programms zur Entwicklung des ländlichen Raums (PROFIL) und im Zusammenhang mit dem EU-Schutzgebietsnetz Natura 2000 bereits zahlreiche Maßnahmen entwickelt und umgesetzt. Dazu zählen spezifische Bewirtschaftungsvorschriften, die Förderung des ökologischen Anbaus, die Extensivierung der Bewirtschaftung in den Schutzgebieten, etc.

Gleichzeitig müssen zusätzlich Anpassungsstrategien erarbeitet werden, um die möglichen Folgen des Klimawandels wie Wassermangel, Ausbreitung von Krankheiten und Abnahme der Bodenqualität erfolgreich zu bewältigen. Als spürbare Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft Bremens sind häufigere extreme Wetterlagen wie Hitzeperioden, Stürme oder nach wie vor mögliche Früh- und Spätfröste zu erwarten. Während die Sommer künftig heißer und trockener werden könnten, muss im Winterhalbjahr mit mehr Niederschlag gerechnet werden. Diese Entwicklung könnte ohne geeignete Anpassung auch in Bremen zu Problemen führen. Eine Anpassung an die regionale Klimaänderung erfolgt bereits im bre-misch/niedersächsischen Agrarumweltprogramm (NAU/BAU). Dort wird der Mahdtermin seit 2008 dem jährlich schwankenden Witterungsverlauf angepasst und phänologisch abgeleitet. Er orientiert sich am tatsächlichen Entwicklungsstand der Pflanzen.

Herausragende Bedeutung für die Grünlandregion Bremens haben vor allem die Tierhaltung und –veredelung. Die Rinderhaltung versetzt die Bremer Landwirte in die Lage das Grünland sinnvoll zu nutzen - allerdings ist die Produktion von Fleisch besonders energieintensiv und klimabelastend. Die prognostizierten steigenden Temperaturen könnten sich auf die Stallhaltung auswirken. Die Rinder können nur schlecht überschüssige Körperwärme abgeben. Die dadurch erhöhte körperliche Belastung kann den Ertrag verringern und ihre Gesundheit gefährden.

Die Wiesen und Weiden des Bremer Grünlandgürtels gehören zu den landwirtschaftlichen Flächen mit einer großen biologischen Vielfalt. Sie werden durch die Art der landwirtschaftlichen Nutzung geprägt. Je nachdem, ob es beweidet oder durch regelmäßigen Schnitt als Viehfutter genutzt wird und je nach Art und Intensität der Nutzung, ergibt sich jeweils ein unterschiedliches Artenspektrum. Das artenreiche Grünland Bremens mit seinen seltenen und gefährdeten Pflanzen- und Tierarten und seiner Kohlenstoffspeicherfunktion kann am ehesten bei angepasster Nutzung den bevorstehenden Klimawandel bestehen. Die Bremer Landwirte tragen durch die Erzeugung ihrer regional-typischen Qualitätsprodukte Fleisch, Milch und Käse dazu bei, dass diese reiche Kulturlandschaft mit ihren sensiblen Böden und seltenen Tier- und Pflanzenarten erhalten wird.



### 4.3 Handlungsfeld Biodiversität und Naturschutz

Der Klimawandel hat spürbare Auswirkungen auf die freilebende Tier- und Pflanzenwelt. Es wird Gewinner geben, die vom Klimawandel profitieren, indem sich ihre Lebensbedingungen verbessern und sie ihr Verbreitungsgebiet ausdehnen und ihre Populationen vergrößern können. Es wird allerdings auch Verlierer geben, die in unserer Gegend mit dem veränderten Klima nicht mehr auskommen und mittelfristig verschwinden könnten. Das wird sicherlich auch Arten betreffen, die bisher im Fokus der Naturschutzarbeit in Bremen standen. Allerdings ist in der Wissenschaft noch umstritten, wie schnell und wie stark einzelne Arten betroffen sein werden.

Als Beispiel für die Veränderung in den letzten Jahrzehnten sind in der folgenden Abbildung die Vegetationszeiten in einer phänologischen Uhr dargestellt. Die dargestellten Veränderungen sind nicht zwingend die Folge des Klimawandels, zeigen jedoch sehr anschaulich die Auswirkungen von klimatischen Bedingungen auf die phänologischen Jahreszeiten.

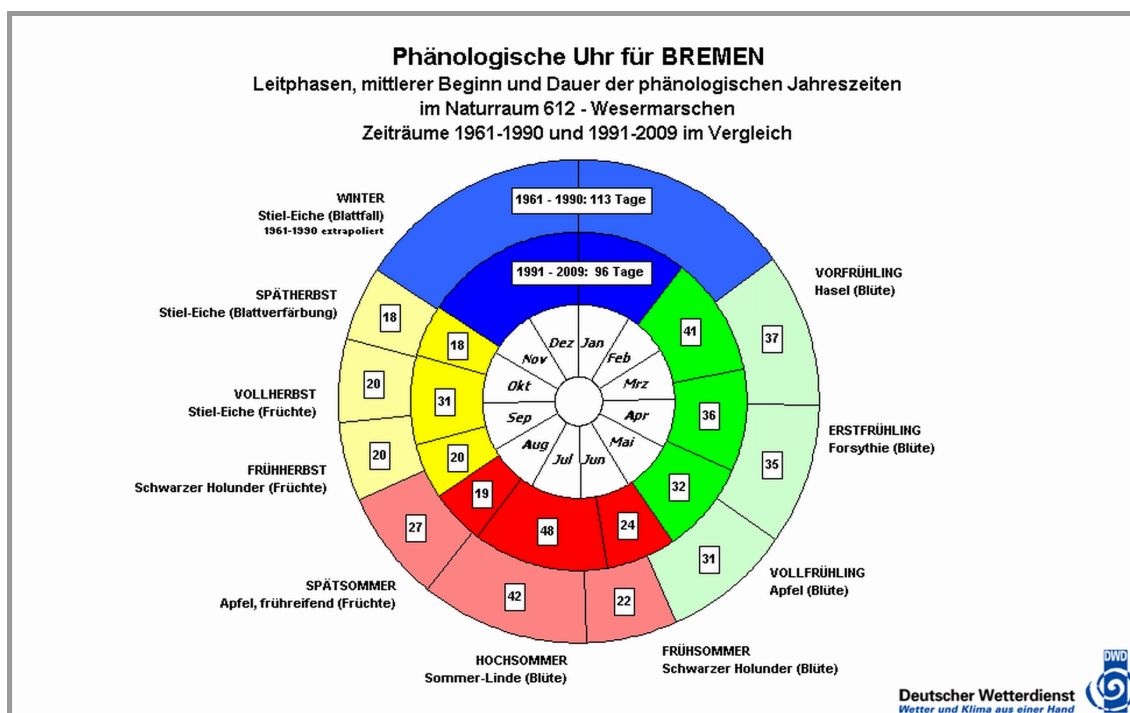


Abbildung 13: Phänologische Uhr für Bremen / Naturraum Wesermarsch<sup>35</sup>

Der mittlere Beginn und die Dauer der zehn phänologischen Jahreszeiten werden für den Zeitraum 1990-2009 im Vergleich zu den Jahren 1961-1990 dargestellt. Deutlich wird dabei die Verlängerung der Vegetationszeit, der fast durchgängig frühere Eintritt der phänologi-

<sup>35</sup> Grundlage der Phänologischen Uhr bilden die Daten der verfügbaren Stationen des Naturraums Wesermarschen. Die Leitphase für den Winterbeginn, Stiel-Eiche-Blattfall, ist vor 1991 nicht Bestandteil des DWD-Beobachtungsprogramms gewesen, deshalb wird der Mittelwert 1961-1990 für diese Phase extrapoliert mit Hilfe der mittleren Differenz zwischen Stiel-Eiche-Blattverfärbung und -Blattfall des Zeitraums 1991 bis 2009.

schen Jahreszeiten und die Verlängerung des phänologischen Herbstes und Verkürzung des Winters.

Stark negativ betroffen sein werden Arten, die es eher kühl mögen, also ein mehr nordisches Verbreitungsgebiet haben. Diese Arten werden durch eine fortschreitende Erwärmung wahrscheinlich verdrängt werden, wobei unklar ist, inwieweit sich einzelne dieser Arten auch selber an den Klimawandel anpassen können. Demgegenüber ist bereits seit einigen Jahren die Einwanderung südlicher, wärmeliebender Arten zu beobachten. Beispiele dafür sind südliche Libellenarten wie Frühe und Sumpfheidlibelle (*Sympetrum fonscolombei* und *S. depressiusculum*) sowie die Feuerlibelle (*Crocothemis erythraea*), Feldwespen (*Polistes gallicus*), Sumpfschrecke (*Stethophyma grossum*) und die Wespenspinne (*Argiope bruennichi*). Bei Zugvögeln lässt sich seit Jahren ein früherer Ankunftszeitpunkt feststellen, auch der Brutbeginn einiger Vogelarten sowie die Flugzeit vieler Libellenarten haben sich um bis zu drei Wochen vorverlegt.

Tabelle 6: Klimawandelbedingte Betroffenheit in Bremer Lebensräumen in den nächsten 10 (bis 2020) und 40 (bis 2050) Jahren aufgrund von Veränderungen bei Zielarten und weiteren naturschutzrelevanten Arten (Quelle: Handke 2010)<sup>36</sup>

Lebensraum	Veränderungen bis 2020	Veränderungen bis 2050
Heiden und Sandrasen	+/- bis +	+/- bis ++
Moore /Feuchtheiden, Heideweiher	- bis +/-	-- bis (-)
Röhrichte / ruderalisierte Feuchtbrachen	- bis +/-	-- bis +/-
Wälder (feucht)	- bis +/-	-
Sonstige Wälder	+/-	+/-
Grünland (überschwemmt und überstaut)	+/-	(-) bis +/-
Grünland (mesophil und feucht), Salzrasen	- bis +/- (+)	-- bis +/-
Gräben	+/-	(-) bis +/-
Kleingewässer	- bis +/-	-- bis -
Fließgewässer	+/-	(-) bis +/-
Große Stillgewässer	+/-	+/-
Intensivgrünland und Ackerflächen	+/-	+/-
--	Starke negative Veränderungen (abiotischer Bedingungen): Rückgang vieler Arten	+ Positive Veränderungen (abiotischer Bedingungen): Zunahme einiger Arten
-	Negative Veränderungen (abiotischer Bedingungen): Rückgang einiger Arten	++ Starke positive Veränderungen (abiotischer Bedingungen): Zunahme vieler Arten
+/-	Keine Veränderung zu erwarten	( ) in Klammern gesetzte Angaben und „von-bis“ Angaben stehen für Bewertungsspannen

<sup>36</sup> Quelle: Handke, K. 2010: Auswirkungen des Klimawandels auf Arten und Biotope in der Stadtgemeinde Bremen. Unveröff. Gutachten i. A. des Senators für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa

Die trockenen Frühjahre der letzten Jahre haben zu großen Brutverlusten der Wiesenvögel geführt, da die ausgetrockneten Böden keine Möglichkeiten zur Nahrungssuche für Alt- und Jungvögel bieten.

Auch auf Ebene der Lebensräume kann es Veränderungen geben, indem z. B., Kleingewässer frühzeitig austrocknen und damit Amphibien keine Vermehrungsmöglichkeiten haben und feuchtigkeitsliebende Pflanzenarten verschwinden. Feuchtgrünland könnte trockener werden und damit intensiver nutzbar sein, Röhrichte könnten durch Austrocknung geschädigt werden und verschwinden. Demgegenüber könnten Trockenlebensräume wie Sandrasen und – heiden bessere Lebensbedingungen bekommen, sofern sie erhalten bleiben und nicht bebaut werden.

### **Konsequenzen und Handlungsrahmen für den Naturschutz in Bremen**

Die wichtigsten und naturkundlich wertvollsten Gebiete sind bereits unter Schutz gestellt und werden überwiegend so bewirtschaftet, dass sie mittelfristig auch weiterhin ihre hohe naturschutzfachliche Bedeutung behalten werden – selbst wenn sich das Arteninventar ändert. Um Tier- und Pflanzenarten die Möglichkeit zu geben, sich an veränderte Klimabedingungen anzupassen und neue Lebensräume aufzusuchen, ist ein funktionierender Biotopverbund notwendig. Dazu wurde bereits ein Biotopverbundkonzept für Bremen erstellt und soll über die Neuaufstellung des Landschaftsprogramms und des Flächennutzungsplanes (behörden-)verbindlich gemacht werden.

Gerade dem Schutz der für das Land Bremen so wichtigen Feuchtgrünländer muss durch die Fortentwicklung der bestehenden Be- und Entwässerung und angepasster landwirtschaftlicher Nutzung Rechnung getragen werden. Dazu sind die bestehenden Förderprogramme fortzuschreiben und für die künftigen Jahre finanziell abzusichern. Zur Erfassung und Bewertung möglicher Folgen des Klimawandels auf die freilebende Tier- und Pflanzenwelt und ihrer Lebensräume ist ein entsprechendes Monitoring durchzuführen. Dazu sollte das bestehende Integrierte Erfassungsprogramm (IEP) fortgesetzt und fortgeschrieben werden.

#### **4.4 Handlungsfeld Infrastrukturen und sicherer Betrieb von Industrieanlagen**

Für den sicheren Betrieb von Industrieanlagen sind vor allem Extremereignisse als besonders relevante Klimafolgen zu analysieren. Hierzu gehören zum Beispiel extreme Niedrigwasserstände und Gewitter im Sommer einerseits und andererseits in den übrigen Jahreszeiten überraschende und hohe Fluten durch Regenfälle, Schneeschmelze und überregionale Extremwetterereignisse.

##### **Vulnerabilität von Industrieanlagen**

Hinweise auf die Vulnerabilität von Industrieanlagen resultieren in einem Küstengebiet wie dem Land Bremen aus der Klimaanfälligkeit verschiedener Sektoren. Ein funktionierender Hochwasser- oder Küstenschutz ist für alle Industrieanlagen bedeutsam. Dies muss vorsorglich auch für den Rand hochwassergefährdeter Gebiete gelten. Durch die Wirkung extremer Wetterverhältnisse können die Überprüfung und gegebenenfalls die Anpassung der Alarm- und Gefahrenabwehrplanung künftig erforderlich werden. Die Betreiber von Anlagen, die der Störfallverordnung (12. BImSchV) unterliegen, haben dies in den Sicherheitsberichten zu bedenken. Die nationale Kommission für Anlagensicherheit KAS bildete im Hinblick darauf kürzlich den Arbeitskreis „Umgebungsbedingte Gefahrenquellen“. Er hat den Projektauftrag, „Vorkehrungen und Maßnahmen wegen der Gefahrenquellen Niederschläge und Hochwasser“ in Form von Anpassungskonzepten zu erarbeiten. Ende 2011 wurde die entsprechende neue Technische Regel für Anlagensicherheit (TRAS 310) „Vorkehrungen und Maßnahmen wegen der Gefahrenquellen Niederschläge und Hochwasser“ durch die KAS verabschiedet und Anfang 2012 im Bundesanzeiger veröffentlicht.

Die Auslegungen der „Bemessungshochwasser“ und die Berechnung der Windlasten für gefährdete Industrieanlagen enthalten hohe Sicherheitszuschläge. Ob jedoch alle in Betracht kommenden Gebiete erfasst und die Zuschläge hinreichend sind, bedarf der wiederkehrenden Überprüfung. Durch den Klimawandel können Beeinträchtigungen von Versorgung, Verkehr und Infrastruktur entstehen. Ereignisse wie Stürme, Starkregen, Sturmfluten und Gewitter könnten in besonders hohem Maße die Gütertransporte durch Bahn und Schiffe beeinträchtigen. Bahndämme könnten blockiert oder unterspült und der Schiffsverkehr auf Wasserstraßen zeitlich und örtlich eingeschränkt werden.

##### **Versorgungssicherheit**

Die Hauptrisiken für die chemische Industrie liegen in der Gefährdung der Versorgungssicherheit mit Rohstoffen und Wasser. Erhöhte Temperaturen können Auswirkungen auf die Lagerung flüchtiger Chemikalien, Behälterdrücke oder Prozessabläufe entfalten. Erhöhte Wasserstände auf Betriebsarealen können zum Aufschwemmen von Behältern und in Folge dessen dem Abriss von Rohrleitungsverbindungen führen. Vorratslager und Abfallagerstätten können durch Überflutung aufgeschwemmt und verteilt werden, wodurch der Schadstoffeintrag auf landwirtschaftliche Nutzflächen oder andere nicht dafür geeignete Flächen ansteige.

Die Lagerungssicherheitsstandards könnten gefährdet sein. In der Konsequenz könnte es ohne Anpassung zur Beeinträchtigung der Produktion, bis hin zur Abschaltung oder Verlagerung ganzer Anlagen kommen.

Um die Anfälligkeit kritischer Infrastrukturen gegenüber Wetterextremen zu verringern, muss an ungünstige Nachbarschaften, zusätzliche Hitzewarnsysteme und an die Überprüfung von Baunormen gedacht werden (Beispiele: Auslegung von Stromleitung, Rohrleitungssystemen oder Dächern in Bezug auf Dehnung oder in Bezug auf Eis- und Windlasten; Anordnung und Höhe der Eindämmung von Regenrückhaltebecken oder Kläranlagen). In jedem Fall werden die Entwicklung der Gebäudedämmung und Kühltechnik in Zukunft an Bedeutung gewinnen.

### **Kühlwasserentnahme aus dem Fluss**

Die wirtschaftlichen Konsequenzen hoher Wassertemperaturen und Niedrigwasser verdeutlichte der Sommer 2003. In Deutschland war eine Reihe von thermischen Kraftwerken zu Leistungsreduktionen gezwungen, da nur unzureichende Kühlwassermengen aus den Flüssen zur Verfügung standen. Steigen die Wassertemperaturen, sinkt der Wirkungsgrad der Kühlwassernutzung und die Kraftwerke benötigen entsprechend mehr Wasser aus den Niedrigwasser führenden Flüssen, das wiederum wärmer in das Gewässer zurückgeleitet wird.

So könnte es zukünftig generell zu Problemen bei der Kühlwasserentnahme und Leistungseinschränkungen für Kohle- und Kernkraftwerke kommen. Eine Drosselung der Kapazitätsauslastung, im Extremfall der Notkühlbetrieb bei Ausfall der Stromerzeugung, könnte erforderlich werden. Häufiger Lastwechsel erhöht die Beanspruchung der Anlagen. Ein schneller Verschleiß könnte an Anlagenteilen einsetzen. Wärmelastpläne der Gewässer müssten überarbeitet werden, Kühlwasserreservoirs oder Ausgleichsseen gegebenenfalls angelegt und Regenwasser sollte effektiver genutzt werden.

### **Wasserkraftnutzung**

Durch die Veränderung des Abflussregimes und bei Zunahme der Extreme (Hoch-/Niedrigwasser) ist mit Beeinträchtigungen der Wasserkraftnutzung zu rechnen. Bei der Erschließung von erneuerbaren Energien, zu denen auch die Gewinnung der oberflächennahen Erdwärme (oberflächennahe Geothermie) gehört, sind wasserwirtschaftliche Anforderungen zu berücksichtigen. Nur so können mögliche negative Einflüsse auf Quantität und Qualität des Wasserhaushaltes nachhaltig vermieden werden.

### **Folgen langwieriger Sommerdürre**

Länger währende Trockenperioden erhöhen die Brandgefahr bei Haufwerken, Halden, Dämmen und Materiallagern. Die Belästigung durch diffuse Staubquellen (Baustellen, Schüttgutlager, Umladevorgänge) kann zunehmen und die Luftqualität beeinträchtigen. Bei der Wassernutzung können Nutzungskonflikte entstehen: die Nutzung als Trinkwasser muss in der Rangfolge im Falle der Verknappung vor der Nutzung als Kühlwasser oder der Verwendung zur Bewässerung stehen.

### **Anstieg von Wassertemperatur und Salzgehalt**

Die gestiegene Ausgangstemperatur und der angestiegene Salzgehalt von Kühl- und Brauchwasser können den zuverlässigen und rentablen Betrieb von Kraftwerken und Industrieanlagen empfindlich beeinträchtigen und die Anlagensicherheit gefährden. Die Standzeiten großindustrieller Anlagen können sich durch Korrosion verringern, weil hoher Salzgehalt bei gleichzeitig höherer Wassertemperatur die Korrosion begünstigt. Rohrleitungen können durch vermehrtes Algenwachstum verstopfen. Dem muss rechtzeitig z. B. durch erhöhten

Einsatz von Bioziden, Härtestabilisatoren oder Korrosionsschutzmitteln entgegengewirkt werden.

### **Winterfröste**

Trotz projizierter wärmerer Winter können nach wie vor lang anhaltende sehr niedrige Wintertemperaturen auftreten, die es erforderlich machen, Rohrleitungssysteme zu überwachen und Frostschutz vorzunehmen.<sup>37</sup> Aber auch feste Materialien oder Rohstoffe verändern ihre Eigenschaften. Etwa verändern feuchte Schüttgüter ihre Rieselfähigkeit, denn sie frieren aneinander. Ungleichmäßiges Schütten, z. B. von Koks in Verbrennungs- oder Glühprozessen, bewirkt ungleichmäßige oder unvollständige Verbrennung mit der Folge erhöhter Schadstofffreisetzungen im Prozess.

### **Nutzbarkeit der Verkehrsinfrastruktur**

Die durch Klimawandel bedingte veränderte Nutzbarkeit der Verkehrsinfrastruktur hätte für die Versorgung des Ballungsraums Bremen-Oldenburg sehr nachteilige Folgen. Straßen, Bahnstrecken, Kanäle und Tunnel, die periodisch überflutet, unterspült, schlammgefüllt oder schneebedeckt wären, könnten nicht immer oder nicht zuverlässig genutzt werden. Davon abhängige Produktionsstätten würden unzuverlässig arbeiten, ihre Arbeitsplätze wären in letzter Konsequenz gefährdet.

Die Zulieferung von Ausgangsstoffen der Schwerindustrie (wie Mineralöl, Kohle, Erze) aber auch der Landwirtschaft ist auf permanente just-in-time Lieferung eingestellt. Um die Versorgungssicherheit zu erhöhen, könnte bei manchen Materialien wieder auf Lagerhaltung umgestellt werden. Neue Lagerhallen oder Silos würden erforderlich. Die Grenzen der Vorratshaltung bestehen allerdings je nach Material in Brandgefährdung (z.B. bei Kohlelagern) oder in Verderbnisanfälligkeit durch Restfeuchte (z.B. bei Getreidelagern).

Wasserstandsbedingte Transportengpässe hätten gravierende Folgen. Das gilt sowohl für die Weseranlieger im Binnenland als auch für an und im Meer gelegene Infrastrukturen. So wären Windparks bei Stürmen schwieriger anlaufbar.

### **Rohstofflieferungen für die Schwerindustrie**

Kohlen und Eisenerz für Kraftwerke und das Integrierte Hüttenwerk in Bremen-Mittelsbüren müssen laufend nachgeliefert werden, um Großfeuerungen und Hochöfen am Laufen zu halten. Über geeignete Vorratslager und eigene Versorgungseinrichtungen muss rechtzeitig nachgedacht werden, um nachteilige Folgen des Ausbleibens von Rohstofflieferungen zu vermeiden.

### **Rohstofflieferungen für die landwirtschaftliche Massenproduktion**

Geriete die Futtermittelversorgung der nordwestdeutschen Rinderhaltungsbetriebe über den Hauptumschlagshafen in Brake über kurze Zeit ins Stocken, wäre eine Versorgung des Viehbestands in der Metropolregion Bremen-Oldenburg nicht gewährleistet und die Milchproduktion im derzeit üblichen Maße könnte nicht sichergestellt werden. Als Konsequenz müsste Milchvieh in großem Maßstab geschlachtet werden. Auch Mastbetriebe (Schweine, Hähnchen, Puten) werden mit importiertem konfektioniertem Futter versorgt. Hier käme es zu analogen Folgen.

---

<sup>37</sup> Vgl. hierzu auch die Hinweise auf die Möglichkeit zukünftig klimawandelbedingt kälterer Winter in Fußnote 20 auf Seite 19.

## **Containerkaje**

Das Land Bremen hat auf der östlichen Uferseite der Wesermündung am nördlichen Stadtrand Bremerhavens mit enormem Investitionsaufwand eine Containerumschlagsanlage für große Seeschiffe geschaffen. Durch ihre Länge von 1,6 km stellt sie die längste Stromkaje der Welt dar. Zur Weiterverteilung in das Hinterland und auf andere Schiffe werden große Waren- und Rohstoffmengen in Containern auf den großflächigen Terminals platziert. Zu den sehr vielfältigen Inhalten der Container zählen auch Gefahrstoffe. Ein Verlust aufgestocker Container durch Flutwellen würde neben großen wirtschaftlichen Verlusten auch die Gefahr der Landkontamination durch austretende Gefahrstoffe bergen. Die Statik der Umschlagsanlagen mit den Containerbrücken muss starken Stürmen gewachsen sein, damit Schiffsbe- und -entladung zuverlässig funktionieren.

## 4.5 Handlungsfeld Stadtplanung/Stadtentwicklung

Die Auswirkungen des Klimawandels in der Stadt Bremen hängen von der Anfälligkeit der jeweiligen Raumnutzung und -struktur gegenüber den zu erwartenden Klimaänderungen ab. Die Bebauung, ein hoher Versiegelungsgrad sowie die Emission von Luftschadstoffen und Abwärme führen dazu, dass die für die Region ermittelten klimatischen Veränderungen in der Stadt Bremen eine andere Betroffenheit hervorrufen werden als in ländlich geprägten Räumen. Durch die besonderen Charakteristika des urbanen Raumes werden die meisten klimatischen Veränderungen in ihrer Wirkung verstärkt<sup>38</sup>:

Tabelle 7: Veränderungen des Stadtklimas im Vergleich zum nicht bebautem Umland (verändert nach BioConsult 2011)<sup>39</sup>

<b>Einflussgröße</b>	<b>Veränderungen gegenüber dem Umland (unbebaut)</b>
Lufttemperatur Jahresmittel	ca. + 2°C
UV-Strahlung im Sommer	bis – 5%
UV-Strahlung im Sommer	bis – 5%
Wärmespeicherung im Untergrund und in Bauwerken	bis + 40%
Regen	mehr
Starkregenereignisse	mehr
Hagel	mehr
Schnee	weniger
Dauer der Frostperiode	bis – 30%
Hitzetage	häufiger
Tropische Nächte (> 20°C)	häufiger
Schwületage	häufiger

<sup>38</sup> In Kapitel Stadtplanung/Stadtentwicklung verwendete Quellen:

BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2010): Klimawandel als Handlungsfeld der Raumordnung: Ergebnisse der Vorstudie zu den Modellvorhaben „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“. Schriftenreihe Forschungen, heft 44. Berlin

BMVBS & BBSR – Bundesministerium für Verkehr, bau und Stadtentwicklung & Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (2009): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung – Wirkfolgen des Klimawandels. BBSR-Online-Publikation, Nr. 23/2009

Franck, E. & O. Peithmann (2010): Regionalplanung und Klimaanpassung in Niedersachsen. E-Paper der ARL, Nr. 9, Hannover

SCB – Sustainability Center Bremen (Hrsg.) (2009): Klimaanpassung in Planungsverfahren – Leitfaden für die Stadt- und Regionalplanung. Bremen

BioConsult (Hrsg) (2011): Klimawandel in der Metropolregion Bremen-Oldenburg. Regionale Analyse der Vulnerabilität ausgewählter Sektoren und Handlungsbereiche. 11. Werkstattbericht im Rahmen des Forschungsverbundes „nordwest 2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten“.

<sup>39</sup> BioConsult (Hrsg) (2011): Klimawandel in der Metropolregion Bremen-Oldenburg. Regionale Analyse der Vulnerabilität ausgewählter Sektoren und Handlungsbereiche. 11. Werkstattbericht im Rahmen des Forschungsverbundes „nordwest 2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten“



### **Potentielle Klimafolgen**

Die klimatischen Veränderungen in Bremen werden zu einer höheren Durchschnittstemperatur, höheren Schadstoffkonzentrationen, niedrigeren Luftfeuchtigkeiten und veränderten Windböigigkeiten führen. Darüber hinaus wird mit vermehrten Starkregenereignissen zu rechnen sein.

Der Klimawandel hat sowohl direkte als auch indirekte Folgen für die Stadt. Neben den direkten Folgen durch häufigere und heftigere Extremereignisse wie z.B. Hochwasser, Hitzewellen und Starkregen, die zu Schäden an der Bausubstanz, negativen Auswirkungen auf wirtschaftliches Handeln und zur Gefährdung der Bewohner führen können, werden auch die daraus resultierenden indirekten Folgen wie z. B. der steigende Energiebedarf zur Kühlung von Gebäuden und Prozessen zunehmend neue Anforderungen und Herausforderungen an die Bausubstanz, Infrastruktur und die Bewohnerinnen der Stadt stellen.

### **Temperaturerhöhungen / Hitzeperioden**

Der bedeutendste Effekt des Klimawandels für den städtischen Raum betrifft den Wärmehaushalt. Während in freier Landschaft durch die hohe Verdunstungsleistung der Vegetation die Luft abkühlen kann, führt in der Stadt die Bebauungsstruktur, die Flächenversiegelung und der geringere Vegetationsbestand besonders in austauscharmen, sommerlichen Schönwetterperioden zu einer Aufheizung. Dabei wirken die bebauten Flächen wie ein Wärmespeicher. Durch die Bebauung werden die Luftzirkulation und der Zustrom bzw. das Einsickern von kühlerer Luft aus dem Umland oder aus größeren Grünflächen eingeschränkt.

Innerhalb der Stadtstruktur können dabei in Sommernächten stellenweise sogenannte Wärmeinseln entstehen, Bereiche in denen aufgrund sehr ungünstiger baustruktureller Rahmenbedingungen extreme klimatische Bedingungen mit hoher Temperatur und Luftfeuchtigkeit entstehen. Neben den positiven Effekten (Stichwort „Biergartenwetter“) wird die Anzahl der Nächte in denen die Temperatur nicht unter 20°C absinkt (Stichwort „tropische Nächte“) durch die Speicherung der Wärme in der Bebauung, verbunden mit einer geringeren Luftzirkulation in der Stadt, zunehmen. Durch den Wärmeinseleffekt entstehen darüber hinaus vermehrt konvektive Wetterlagen mit der Gefahr häufigerer Starkregenereignisse. Hier bestehen Synergien zwischen den Handlungsfeldern Stadtentwicklung und Siedlungsentwässerung im Hinblick auf relevante Anpassungsprozesse.

Die Veränderung des Stadtklimas wird eine hohe Relevanz für das menschliche Wohlbefinden haben. Häufigere und länger anhaltende Hitzeperioden und tropische Nächte werden sich mittelbar und unmittelbar auf die Gesundheit auswirken. Besonders ältere und kranke Menschen und Säuglinge und Kleinkinder werden zunehmend bioklimatisch belastet sein.

### **Verändertes Niederschlagsverhalten / Starkregenereignisse**

Zunehmender Niederschlag und vermehrte Starkregenereignisse werden aufgrund des zunehmend hohen Anteils der versiegelten Flächen im städtischen Bereich zu Problemen führen. Die Kanalisation kann die Wassermengen nicht aufnehmen. Es kommt zu einem Rückstau innerhalb des Kanalnetzes und einem verstärkten oberflächlichen Abfluss des Regenwassers. In diesem Fall kann es zu überlaufenden Straßeneinläufen, Überschwemmungen von Straßen und anderen Verkehrsflächen und tiefliegenden baulichen Anlagen kommen.

Adaptierend kann hier eine Stadtplanung/Stadtentwicklung wirken, die „wassersensibel“ im Sinne einer frühzeitigen Einbindung entwässerungstechnischer Fragestellungen agiert.

Zusammengefasst werden Klimaänderungen veränderte Raumnutzungsstrukturen, neue Raumnutzungskonflikte und Raumnutzungsentscheidungen nach sich ziehen. Aufgabe der räumlichen Planung wird es sein, mit Hilfe der ihr zur Verfügung stehenden planerischen Instrumente und Strategien sowie in Abstimmung mit den sektoralen Fachplanungen integrative und nachhaltige räumliche Entwicklungsstrategien zu gestalten.

### **Raumplanerisches Instrumentarium**

Folgen des Klimawandels orientieren sich nicht an administrativen Grenzen, sondern wirken regional und lokal. Entsprechend ist die Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen notwendig. Während in Bremen mit den Instrumenten der Bauleitplanung siedlungsrelevante Anpassungserfordernisse umgesetzt werden können, stellt sich auf der Ebene einer großflächigeren Betrachtung die Situation komplexer dar. Aufgrund der spezifischen räumlichen Situation des Landes Bremen erfordern regionale Festlegungen wie z. B. regionale Grünzüge mit Freiraumfunktionen, immer eine kooperative länderübergreifende Abstimmung von Bremen und Niedersachsen.

Zur besseren Abstimmung der grenzüberschreitenden Raumordnung und Landesentwicklung im Verflechtungsbereich der Oberzentren Bremen und Bremerhaven unterzeichneten die Länder Niedersachsen und Bremen 2009 einen Staatsvertrag. Gemeinsam erarbeitete Zielsetzungen sollen als Grundsätze und Ziele in die Landesraumordnungsplanung aufgenommen werden. Im Rahmen der Aufstellung eines eigenständigen Landesraumordnungsplans für das Land Bremen werden dabei auch landesplanerische grenzübergreifende abgestimmte Aussagen zu Raumnutzungen und –funktionen vor dem Hintergrund des Klimawandels Inhalt zukünftiger landesplanerischer Aussagen sein.

Ergänzend zu dem planungsrechtlichen Instrumentarium stellen die beiden regionalen Zusammenschlüsse „Kommunalverbund“ und „Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten“ zwei weitere regionale kooperative Plattformen zur Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsstrategien und –maßnahmen dar.

Unter dem Aspekt des Klimawandels hat sich die Metropolregion erfolgreich am KLIMZUG - Wettbewerb des Bundesministeriums für Bildung und Forschung beteiligt. Unter dem Titel „nordwest2050 - Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg“ erarbeiten die Universitäten Bremen und Oldenburg, die Hochschule Bremen, BioConsult Bremen und das Sustainability Center Bremen gemeinsam mit der Metropolregion eine gesamtregionale Klimaanpassungsstrategie ([www.nordwest2050.de](http://www.nordwest2050.de)).

Ebenfalls auf regionaler Ebene wurde im Rahmen des vom BMBF unterstützten Forschungsvorhabens „Klimawandel Unterweser“ ein Leitfaden für die Stadt- und Regionalplanung erarbeitet. Unter Federführung des Sustainability Center Bremen wurden darin die vorhandenen Planungsinstrumente der Stadt- und Raumplanung und ihre Eignung im Umgang

mit den regionalen Klimafolgen und zur Steuerung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel dargestellt.<sup>40</sup>

### **Bauleitplanung**

Die raumwirksamen Fachplanungen in der Stadt stellen vor dem Hintergrund des Klimawandels verschiedene räumliche Nutzungsansprüche. Deshalb erfordern der Klimawandel bzw. die Klimaanpassung grundsätzlich eine sektorübergreifende und übergeordnete Raumentwicklungsstrategie. Im Land Bremen übernehmen diese Funktion derzeit die Flächennutzungspläne der Stadtkommunen Bremen und Bremerhaven. Auf der Ebene der Bauleitplanung finden viele dieser planerischen Festlegungen eine flächenscharfe Konkretisierung.

### **Flächennutzungsplan**

Mit dem Beschluss zur Neuaufstellung des Flächennutzungsplans in Bremen wird auch den planungsrechtlichen Anpassungserfordernissen an den Klimawandel Rechnung getragen. Dazu wurde im Vorfeld als konzeptioneller Rahmen in einem ressortübergreifenden Prozess das gesamtstädtische integrierte Leitbild der Stadtentwicklung „Bremen! Lebenswert – urban – vernetzt“ erarbeitet. Als gemeinsamer Orientierungsrahmen für die Stadtentwicklung setzt das Leitbild den Maßstab und definiert Handlungsfelder und konkret messbare Ziele, die u.a. auch die zukünftigen räumlichen Anforderungen an die Stadt vor dem Hintergrund des Klimawandels widerspiegeln. Im Handlungsfeld der räumlichen Qualitäten formuliert das Leitbild dazu den eindeutigen Vorrang der Innenentwicklung vor der Stadterweiterung. Damit verbunden ist neben einer grundsätzlichen Reduzierung des Flächenverbrauchs im Sinne einer nachhaltigen Stadtökonomie die Schaffung klimaeffizienterer und klimaangepasster Siedlungsstrukturen.

Im Rahmen der derzeitigen Diskussion zur Neuaufstellung des Flächennutzungsplans werden dazu verschiedene Strategien betrachtet, wie z. B:

- Flächenausweisungen für regenerative Energien (Windkraftnutzung, Fotovoltaik, Kraft-Wärme-Koppelung)
- Durch den Klimawandel begründete Flächendarstellungen (Überschwemmungsflächen, Frischluftschneisen, zusätzliche Regenrückhaltebecken, Erhaltung von Grünstrukturen)
- Nutzungszuordnungen (integrierte Standorte) im Sinne einer „Stadt der kurzen Wege“

---

<sup>40</sup> Der Leitfaden „Klimaanpassung in Planungsverfahren“ kann unter dem Link <http://www.klimawandel-unterweser.ecolo-bremen.de> heruntergeladen werden.

## **Bebauungspläne**

Mit der verbindlichen Bauleitplanung findet eine Umsetzung der Anpassung an den Klimawandel vor Ort statt. Von zentraler Relevanz sind dabei die Gestaltung der Siedlungs- und Bebauungsstruktur im Hinblick auf die häufiger zu erwartenden Hitzeperioden und Starkregenereignisse. Dabei ist eine frühzeitige Einbindung und Abstimmung mit den Fachabteilungen im Sinne klimaangepasster Prozesse und Maßnahmen generell unabdingbar, z.B. führt die frühzeitige Einbindung der Siedlungsentwässerung zu einer „wassersensibleren“ Planung. Mit Blick auf den planerischen Handlungsbedarf können folgende Ziele einer klimaangepassten Planung verfolgt werden:

- Festlegung von Bebauungsgrenzen zur Regelung der Bebauungsdichte und Freiflächenentwicklung
- Erhaltung und Schaffung von Freiflächen unterschiedlicher Nutzung, wie z.B. Grünflächen und Parkanlagen als Frischluftflächen und Luftleitbahnen
- Festlegung von Flächen für den Hochwasserschutz und zum Schutz vor Überflutungen durch Starkregenereignisse
- Entsiegelung von Flächen
- Begrünung von Straßenzügen, Dächern und Fassaden
- Ausweisung multifunktionaler Flächen zur oberflächigen Zwischenspeicherung von Niederschlagswasser
- Farbgestaltung der Fassaden
- Zusätzliche Verschattungen
- Optimierung der Gebäudeausrichtung
- Optimierung der Gebäude auf überschwemmungsgefährdeten Flächen
- Umsetzung einer dezentralen Regenwasserbewirtschaftung durch gezielte Rückhaltung und Versickerung

## **Informelle Instrumente**

Die oben aufgeführten Maßnahmen stoßen bei Planungen im Bestand an Grenzen, denn Maßnahmen in bestehenden Siedlungsräumen können in der Regel nur eingeschränkt umgesetzt werden. Um trotzdem ein möglichst hohes Umsetzungspotential klimatisch wirksamer Maßnahmen zu erreichen, liegt ein besonderes Augenmerk auf der Mitwirkungsbereitschaft der Hauseigentümerinnen und –eigentümer und der –bewohnerinnen und -bewohner. Intensivere Kommunikations- und Partizipationsprozesse, verbunden mit entsprechenden Anreizsystemen, werden im Kontext der Klimaanpassung von zunehmender Bedeutung sein.

### **4.5.1 Konflikte und Synergien von Klimaanpassungsmaßnahmen**

Das Gebot einer klimaangepassten Stadtentwicklung mit mehr Grünzonen und Frischluftschneisen steht dem räumlichen Leitbild einer flächensparenden, möglichst dichten und damit emissionsmindernden Siedlungsentwicklung scheinbar entgegen. Im Sinne einer integrativen Strategie muss die zukünftige Stadtentwicklung deshalb Aspekte des Klimaschutzes und der Klimaanpassung gemeinsam berücksichtigen. Eine kompakte flächensparende Siedlungsentwicklung wird mit einer angemessenen klimagerechten Entwicklungsstrategie verbunden werden müssen. Mögliche Zielkonflikte sind möglichst frühzeitig durch integrierte Planungsansätze zu identifizieren und unterschiedliche Belange gegeneinander abzuwägen.

## Konflikte

- Bezogen auf den Klimaschutz besteht ein Zielkonflikt vor allem in den Zielen einer möglichst flächensparenden Siedlungsentwicklung im Sinne einer Stadt der kurzen Wege zur Vermeidung von unnötigem Verkehrsaufkommen und zur Ermöglichung einer möglichst wenig defizitären Erschließung mit ÖPNV gegenüber der positiven kleinklimatischen Wirkung von lockerer Bebauung und Freiflächen zur Verhinderung von Hitzeinseln.
- Auch bei der technischen Verringerung von Hitzestress durch Klimaanlage besteht ein grundsätzlicher Konflikt zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung, der beispielsweise durch eine Passivkühlung der Gebäude und die verstärkte Nutzung regenerativer Energie teilweise aufgelöst werden kann.
- Zielkonflikte bestehen auch bei Begrünungsmaßnahmen. Baumvegetation im Straßenraum kann bei Kronenschluss eine Durchlüftung beeinträchtigen und durch Schatten weitere Nutzungskonflikte erzeugen. In Frischluftbahnen kann eine Baumvegetation ebenfalls die Durchlüftungsfunktion beeinträchtigen, zudem besteht ein Zielkonflikt mit der Wasserversorgung. Grünflächen benötigen eine ausreichende Bodenfeuchtigkeit und müssen in langen Trockenperioden ggf. teilweise künstlich bewässert werden.

## Synergien

Zugleich gibt es aber auch Synergieeffekte, die bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Klimaanpassung einen sichtbaren Zusatznutzen erzeugen:

- Begrünungsmaßnahmen können sowohl zu Kühlungseffekten in den Quartieren als auch zum Regenrückhalt und zur Verringerung der Windböigkeit beitragen. Im Winter sorgen Begrünungsmaßnahmen für eine zusätzliche Dämmung und tragen somit zu einer Energieeinsparung im Gebäude bei. Zudem steigert eine insgesamt höhere Vegetation die Aufenthalts- und Lebensqualität in einer Stadt.
- Auch Flächenentsiegelungen können Synergien aufweisen. Neben einer besseren Versickerung des Niederschlags und damit der Verhinderung oder Abmilderung von Überschwemmungen, trägt eine großflächige Verdunstung auch zu einer Verbesserung des Stadtklimas bei. Offene Wasserflächen haben zudem einen hohen Freizeitwert. In diesem Sinne können auch multifunktionale Flächenausweisungen wirken, die Niederschlagswasser bei extremen Regenereignissen zwischenspeichern und verzögert an das Kanalnetz abgeben. In der überwiegenden Zeit des Jahres stehen diese Flächen für andere Nutzungen zur Verfügung und können städtebaulich gestaltet werden.
- Auch Chancen ergeben sich durch die Ergreifung von Maßnahmen zur Klimaanpassung im Hinblick auf Hitzeeffekte und Starkregenereignisse für die Qualität von Stadtquartieren - Begrünte Dächer, multifunktionale Quartiersplätze und offene Wasserflächen erhöhen die Aufenthaltsqualität und verbessern das Stadtbild.

## **Neue Instrumentarien und Strategien in der räumlichen Planung**

Die hohen Unsicherheiten bezüglich Art und Intensität der zukünftigen Klimaentwicklung und die in der Planungspraxis unterschiedlichen und zum Teil sehr langen Zeithorizonte erfordern in Zukunft ein flexibles und trotzdem rechtlich wirksames Instrumentarium, um eine dynamische Raumentwicklung mit reversiblen Raumfunktionen zu ermöglichen. Dabei gilt es u.a. folgende Aspekte zu berücksichtigen:

### Die Bandbreite möglicher Entwicklungen

Auf Grund der prognostizierten großen Bandbreiten möglicher Veränderungen und Auswirkungen des Klimawandels ist es wenig sinnvoll, sich auf einzelne Kennwerte wie z.B. Wasserstandshöhen zu fokussieren. Stattdessen sollten die langfristigen Veränderungsprozesse bereits in heutigen Planungsprozessen berücksichtigt werden.

### Die Reduzierung einer Verwundbarkeit von Raumnutzungen- und -strukturen

Die potentielle Verwundbarkeit von Raumnutzungen- und -strukturen sollten zum Ausgangspunkt von Anpassungsmaßnahmen in der Planung gemacht werden, um unabhängig vom räumlichen und zeitlichen Auftreten der Klimaänderungen möglichst frühzeitig Anpassungsbedarfe zu identifizieren. Ziel sollte es sein, Raumnutzungen- und -strukturen so robust zu gestalten, dass sie im Falle des Auftretens von Klimawandelfolgen weiterhin ihre möglichst gleichwertige Funktion behalten.

Ein Konzept das diese Aspekte berücksichtigt und derzeit aktuell diskutiert wird, ist die Einbindung von „Climate Proofing“ in das Verfahren der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und der Strategischen Umweltprüfung (SUP). Hierbei werden nicht die Wirkungen des Projekts auf die Umwelt, sondern die möglichen, durch den Klimawandel veränderten, Umweltbedingungen auf das Projekt betrachtet. Damit werden Projekte priorisiert, die möglichst belastbar bzw. widerstandsfähig sind.

## **4.5.2 Klimafolgen für die Stadtbäume und öffentlichen Grünanlagen**

Auch an Bäumen in der Stadt könnten Klimaänderungen und deren Folgen verstärkt zu beobachten sein. Wenn Sommer künftig heißer und trockener werden, müssen vor allem die Jungbäume im Sommerhalbjahr stärker gewässert werden als früher. Bereits heute ist dies nur mit Hilfe der Feuerwehr und freiwilliger Helfer leistbar. Zukünftig würde evtl. ein gesichertes Anwachsen der Bäume nur mit deutlich höherem Pflegeaufwand möglich sein.

Der zu erwartende höhere Niederschlag im Winterhalbjahr wird dagegen kaum Entlastung bringen. Von der Vegetation wird er aufgrund der winterlichen Wachstumspause nur gering aufgenommen. Durch die fehlenden Blätter kann der Abfluss nicht gebremst werden, so dass es zu Erosionen an Hangbereichen und Überschwemmungen kommen kann. Das überschüssige Wasser versickert im Boden, ohne von den Pflanzen genutzt zu werden. Umso wichtiger wird hier zukünftig die Bodenschutzfunktion einer ganzjährig geschlossenen Vegetationsdecke, d.h. Erhalt und Aufbau einer Krautschicht unter Bäumen. Diese Schicht schützt den Boden im Sommer vor Austrocknung.

Niederschläge im Sommer werden von den Pflanzen dringend benötigt und mit Ausnahme der Regenmengen bei extremen Niederschlagsereignissen zum größten Teil aufgenommen. Aber insbesondere nach zu erwartenden längeren Trockenperioden kann der Boden plötzlich fallenden Regen nicht aufnehmen. Er fließt oberirdisch ab. Es ist deshalb auf möglichst lockere Oberbodenschichten zu achten. Diese bilden sich unter der Krautschicht, Staudenflächen, aber auch dort, wo das Laub nach dem herbstlichen Fall als Kompost verbleibt.

Um die Wasseraufnahme der Böden zu verbessern, sollten versiegelte Flächen auf das notwendige Mindestmaß verringert werden. Wo es möglich ist, sollten Flächen entsiegelt werden. Wasserdurchlässige Beläge sind im Einbau preiswert, jedoch in der laufenden Unterhaltung teurer als andere (z. B. Asphalt). Zur Steigerung der Akzeptanz wasserdurchlässiger Beläge erscheint schon heute eine entsprechende Aufklärung und Information der Bürgerinnen und Bürger sinnvoll und notwendig.

Auch extreme Wetterlagen wie Hitzeperioden oder Stürme würden der Pflanzenwelt und verstärkt den Bäumen zu schaffen machen. Absterbende Äste, sogenanntes Totholz in den Baumkronen, führen zu Gefährdungen von Personen und Sachen. Die nicht nur bei Sturm herausbrechenden Äste können tödlich sein. Um hier rechtzeitig einzugreifen, zeichnet sich eine intensivere und häufigere Beobachtung der Bäume ab. Der Unterhaltungsaufwand durch das Herausschneiden toter Äste bzw. ganzer Bäume könnte sich ggf. erhöhen. Dieser Baumschnitt ist nur mit Hubsteigern oder Baumkletterern zu leisten, so dass für alle Baumbesitzer (öffentlich und privat) höhere Kosten entstehen könnten.

Insbesondere bei Baumarten mit hohem Wasserbedarf, wie z. B. Pappeln und Baumweiden ist bei Hitzeperioden ein plötzlicher Astbruch zu befürchten. Das Phänomen, dass komplett belaubte Starkäste unvermittelt auch bei nahezu Windstille abbrechen, ist in Bremen selten, aber in letzten Jahren vermehrt zu beobachten.

Sinnvoll erscheint in diesem Zusammenhang sukzessive eine Anpassung der Baumpflanzungen anzustreben, d. h. zielgerichtet Baumarten zu verwenden, die besser an die veränderten Klimabedingungen angepasst sind. Bundesweit werden dazu Versuche vorgenommen. Bis aber belastbare Ergebnisse vorliegen, wird noch einige Zeit vergehen. Der Arbeitskreis Stadtbäume der Gartenamtsleiterkonferenz gibt hierzu entsprechende Hinweise und Empfehlungen.

Durch die veränderten Klimabedingungen wird es langfristig zu anderen Pflanzenarten kommen, die besonders die Hitzeperioden im Sommer ertragen können. So wird vermehrt auf Trockenheit tolerierende Baumarten im Stadtgebiet zurückgegriffen werden müssen. Bestimmte Baumarten können auch langfristig aus der Stadt verschwinden, wenn die Standortbedingungen durch das veränderte Klima sich negativ auswirken. Bevor jedoch die veränderten Standortbedingungen ein Wachstum heimischer Gehölze in der Stadt unmöglich machen, werden Gehölze trockenstressbedingt vermehrt von Schädlingen befallen werden. Die Bäume werden im Wachstum kümmern, kleinere Blätter ausbilden, diese früher abwerfen und weniger Widerstand gegenüber Pilzbefall und Schadinsekten leisten. Dieses ist aber nur ein langsam schleichender Prozess.

Für die Pflanzung größerer Bäume ist die ausreichende Bemessung von Grundstücken Voraussetzung. Um dies zu gewährleisten, sollten in Neubaugebieten die Grundstücke so bemessen sein, dass auch zukünftig größere Bäume gepflanzt werden können. Durch kleine Grundstücke wird das Pflanzen von großkronigen Bäumen z. T. unmöglich. Bei kleinen Grundstücken und Verdichtungsbereichen ohne ausreichend Raum für Bäume könnten Dach- und Fassadenbegrünungen eine Alternative sein, denn diese tragen zusätzlich zu einem angenehmeren Klima im Sommerhalbjahr in der Stadt bei.

Insbesondere in Stadtteilen mit geringem öffentlichen Grün und nur kleinen Privatgärten sollte verstärkt die Pflanzung von Straßenbäumen erwogen werden. Welche positive Wirkung Alleen und Baumreihen hervorrufen, ist in bestehenden baumbestandenen Straßen zu erfahren. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass Pflanzungen im Straßenraum vergleichsweise teuer sind, da neben einem notwendigen Bodenaustausch oft zunächst Pflanzinseln baulich geschaffen werden müssen. Hierfür und für die nachfolgende Baumpflege könnten zunehmend höhere Kosten entstehen.

Die Beschattung von Straßen, Wegen und Plätzen sowie die Begrünung von öffentlichen und privaten Grundstücken durch Anpflanzungen von Bäumen und Sträuchern führt besonders innerhalb dicht bebauter Gebiete zu einer Reduzierung der Aufheizung und dient damit der Steigerung der Aufenthaltsqualität in der Stadt. Deshalb sollte auch bei einer zukünftig angestrebten baulichen Nachverdichtung besiedelter Bereiche auf eine ausreichende Durchgrünung geachtet werden.

Die Nutzerfrequenz, die Nutzungsdauer und das Nutzungsmuster der AnlagenbesucherInnen können sich aufgrund des Klimawandels ändern. Werden Anlagen das ganze Jahr über und dazu noch sehr intensiv genutzt und kommen Badende dazu, kann die Aufenthaltsqualität beeinträchtigt werden. Der Druck auf nicht zum Baden freigegebene Wasserflächen kann sich deutlich erhöhen. Es sollten daher zusätzliche Wasserzugänge z. B. an der Weser geschaffen werden.

Die Gestaltung von Park und Grünflächen soll die klimatischen Veränderungen künftig verstärkt berücksichtigen. Dichte und große Altbaumbestände wirken bei ausreichender Wasserversorgung während des Tages kleinklimatisch durch Beschattung und Verdunstung abkühlender als große offene Rasenflächen. Nachts hingegen ist die kühlende Wirkung von großen Rasenflächen deutlich wirksamer. Die Abkühlungseffekte erhöhen sich insbesondere in der Kombination mit offenen Wasserflächen.

Gerade vor dem Hintergrund wärmerer Sommer müssen Parkanlagen und Grünflächen in der Stadt erhalten und weiter entwickelt werden, Hauptverkehrsstraßen als Alleen geplant und in den Wohngebieten die richtige Mischung von Rasenflächen und Baumpflanzungen gefunden werden.



## **4.6 Handlungsfeld Landschaftsplanung**

Mit der querschnittsorientierten Landschaftsplanung lassen sich Anpassungsstrategien verschiedener Umweltfachplanungen an den Klimawandel koordinieren. Von hoher Bedeutung sind hier insbesondere der Erhalt der Biodiversität (siehe Kapitel 4.3) und der Bodenfunktionen (siehe Kapitel 3.2), die Anpassung an sich ändernde Verhältnisse des Wasserhaushalts (siehe Kap. 4.1.3) sowie die Sicherung und Verbesserung klimatischer Funktionen von Freiräumen zur Verminderung von Wärmebelastungen (siehe Kapitel 4.5).

Die Ziele und Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege werden im Rahmen der Landschaftsplanung überörtlich und örtlich konkretisiert (§ 8 BNatSchG). Diese Rolle übernimmt im Land Bremen das Landschaftsprogramm (§ 4 BremNatG), das derzeit für die Stadtgemeinde Bremen und anschließend auch für das Gebiet der Stadt Bremerhaven aufgestellt wird. Den Beschluss über das Landschaftsprogramm fasst die Bürgerschaft des Landes Bremen.

Das Landschaftsprogramm ermittelt die Freiraumfunktionen und Ökosystemleistungen im Planungsraum und stellt die Erfordernisse zu ihrem Erhalt und ihrer Verbesserung im Sinne eines langfristig vorsorgenden Handelns dar. Dies beinhaltet ein eigenes Handlungsprogramm der Naturschutzbehörde sowie die Benennung von Beiträgen anderer Planungen und Nutzungen zur Verwirklichung dieser Ziele. Bei der Aufstellung des Landschaftsprogramms sind im Zusammenhang mit dem Klimawandel zahlreiche Querschnittsfragestellungen relevant:

### **Moorböden**

Zum Inhalt des Programms gehören Themen, die sowohl für Klimaschutzbemühungen als auch für eine Anpassungsstrategie an den Klimawandel relevant sind. So haben z. B. die im Feuchtgrünlandring um Bremen weit verbreiteten Moorböden eine Bedeutung für die Rückhaltung bzw. Wiedereinlagerung von Treibhausgasen (siehe Kapitel 4.2). Die vorherrschende Grünlandnutzung trägt bereits zum Erhalt dieser Funktion bei, jedoch können zunehmende Entwässerung, Bodenbearbeitung und Düngung auch zu vermehrter Kohlenstofffreisetzung führen. Das Landschaftsprogramm wird Bereiche und Maßnahmen zum Schutz der Moorböden, z. B. durch angepasste Bewirtschaftung und Verminderung der Entwässerung benennen sowie Bereiche zur Vermehrung von Waldflächen.

### **Biotopvernetzung**

Als wichtige Voraussetzung für die Anpassung der Arten und Lebensgemeinschaften an die sich durch den Klimawandel schnell ändernden Umweltbedingungen gilt die Biotopvernetzung auf lokaler, nationaler und europäischer Ebene. Die konzeptionellen Grundlagen sind im Land Bremen mit dem europäischen Schutzgebietsnetz Natura 2000, bestehend aus Vogelschutz- und Fauna-Flora-Habitat-Gebieten, sowie mit dem nach bundesweit einheitlichen Kriterien aufgestellten Konzept für Biotopverbundflächen (ARGE Handke & Tesch 2009) gegeben. Die für den länderübergreifenden Biotopverbund erforderlichen Flächen werden im Landschaftsprogramm verbindlich festgelegt und sind planungsrechtlich oder durch andere geeignete Instrumente dauerhaft zu sichern.

Abgeleitet aus dem in Kap. 4.3 beschriebenen Gutachten „Auswirkungen des Klimawandels auf Arten und Biotope in der Stadtgemeinde Bremen“<sup>41</sup> zu den Auswirkungen des Klimawandels formuliert das Programm Schlussfolgerungen hinsichtlich der Zielarten und Managementstrategien des Naturschutzes in Bremen. Diese können von Detailanpassungen des Wassermanagements und der Bewirtschaftungstermine in den Grünland-Graben-Arealen bis zur Änderung von Entwicklungszielen des Naturschutzes reichen. Auch für die Umweltbeobachtung wird ein Konzept vorgelegt werden, um zukünftige Änderungen durch den Klimawandel genauer zu erfassen und Anpassungsbedarfe der Ziele und Maßnahmen rechtzeitig zu erkennen.

### **Überschwemmungsgebiete / Wasserrückhaltung**

Neben den bereits wasserrechtlich festgelegten aktuellen Überschwemmungsgebieten wird das Landschaftsprogramm Flächen kennzeichnen, die auf lange Sicht für Rückdeichungen oder als Polderflächen erforderlich werden könnten und die vorsorglich ebenfalls von Bebauung freigehalten werden sollen. Deicherhöhungen werden bei längerfristig weiter ansteigendem Meeresspiegel entweder aus technischen oder städtebaulich-gestalterischen Gründen immer schwerer umsetzbar sein. Die Reaktivierung von Überflutungsflächen ist daher eine Option, die zukünftig auch für Bremen Bedeutung bekommen könnte. Nur zusätzliche Überflutungsflächen können die Hochwasserscheitel absenken.

Angesichts der zukünftig häufiger zu erwartenden Starkregenereignisse, die mit verstärktem Oberflächenabfluss, Überläufen der Mischwasserkanalisation und Gewässerbelastungen verbunden sein können, bietet sich das Landschaftsprogramm zur Darstellung von potenziellen Flächen für die Wasserrückhaltung oder die Kapazitätserweiterung offener Graben- und Fleetsysteme an. Hier ergeben sich häufig Synergien zu anderen Zielen des Naturschutzes wie der Biotopvernetzung und der Verbesserung der Aufenthaltsqualität für die Erholung.

### **Stadtklima**

Im Rahmen der Aufstellung des Landschaftsprogramms wird auch die bioklimatische Situation im Stadtgebiet untersucht. Durch den Klimawandel bedingte verlängerte Hitzeperioden können die Aufenthaltsqualität in der „Wärmeinsel“ der Innenstadt spürbar verschlechtern und für empfindliche Bevölkerungsgruppen sogar gesundheitsschädlich werden. Landschaftspflegerische Maßnahmen wie die Anreicherung mit vielfältigen Grünstrukturen, die Anlage von Wasserflächen und weitere Gestaltungsgrundsätze für Dächer, Plätze und Grünanlagen, die kleinklimatische Effekte berücksichtigen und kühle Oasen schaffen, sind unverzichtbarer Teil einer Anpassung der Stadtstrukturen an den Klimawandel.

Zur Berücksichtigung potentieller Klimafolgen für das Stadtklima wird im Rahmen des Landschaftsprogramms – zunächst für das Stadtgebiet Bremen - ein Fachbeitrag 'Stadtklima' auf Grundlage eines externen Gutachtens erarbeitet. Dieser dient auch als Fachbeitrag für den ebenfalls in Aufstellung befindlichen Flächennutzungsplan. Da die bisher vorliegenden Abschätzungen zu möglichen Klimaänderungen aufgrund fehlender räumlicher Auflösung als Planungsgrundlage für den städtischen Raum unzureichend sind, wird dieser Fachbeitrag:

---

<sup>41</sup> Handke, K. 2010: Auswirkungen des Klimawandels auf Arten und Biotope in der Stadtgemeinde Bremen. Unveröff. Gutachten i. A. des Senators für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa

- auf der Basis historischer Daten und der aktuellen Wetterdaten in einer Klimaanalysekarte spezielle klima- und immissionsökologische Funktionen in der Stadt darstellen,
- unter Beachtung der unterschiedlichen Szenarien zum regionalen Klimawandel die Veränderung des Bremer Stadtklimas abschätzen,
- Planungs- und Handlungsempfehlungen, insbesondere mit Hinweisen zur Erhaltung oder Verbesserung der Durchlüftung (nachts) bzw. Verminderung der Überwärmung (tags) entwickeln,
- für drei Lupenräume nach parzellengenauer Auswertung von Luftbildinformationen und anderen vorliegenden Daten zu Baustrukturen und Versiegelungsgrad konkrete Planungshinweise geben hinsichtlich der Fragestellungen Nachverdichtung von Wohnquartieren, Ausweisung von Neubau- und Gewerbegebieten, Erhaltung oder Schaffung von Grün- und Freiflächen.

Ein wesentlicher Bestandteil des Fachbeitrags 'Klima' wird die **Klimafunktionskarte** sein, die die lokalklimatischen Gegebenheiten in Bremen als flächenhafte Übersicht darstellt. Als Einzelaspekte der Klimaanalyse werden Flurwinde (ein in Städten ohne signifikante Reliefunterschiede ausgeprägtes Lokalwindssystem), die Kaltluftentstehung über Wiesen, Feldern, Brach- und Gartenflächen mit niedriger Vegetation und in Waldgebieten sowie die im Stadtgebiet vorhandenen Grün- und Freiflächen besondere Beachtung erfahren.

Darüber hinaus wird eine **Planungshinweiskarte** erstellt, in der eine integrierende Bewertung der in der Klimafunktionskarte dargestellten Sachverhalte im Hinblick auf planungsrelevante Belange enthalten ist. Die Flächenkennzeichnungen geben Hinweise zur Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen, aus denen sich klimatisch begründete Anforderungen und Maßnahmen im Rahmen der Stadtentwicklung und Bauleitplanung ableiten lassen. Die Hinweise für die Planung beziehen sich vornehmlich auf bauliche Nutzungsänderungen sowie die Erhaltung bzw. Schaffung von Grün- und Freiflächen im Siedlungszusammenhang. Eine Änderung der Vegetationszusammensetzung vorhandener Grünflächen hat dagegen i. d. R. geringere klimatische Auswirkungen als großflächige Versiegelungsmaßnahmen und die Errichtung von Bauwerken.

## 4.7 Informationen zum Projekt nordwest2050

### Politischer Hintergrund und Ziel

Die Bundesregierung hat 2008 die „Deutsche Anpassungsstrategie“ beschlossen und im Sommer 2011 den dafür verbindlichen Aktionsplan verabschiedet. Parallel hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Hightech-Strategie das Förderprogramm „Klimazug – Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“ ausgeschrieben. Sieben Verbundprojekte untersuchen seit 2008/2009, wie unter den Bedingungen des Klimawandels die regionale Wettbewerbsfähigkeit erhalten und weiter entwickelt werden kann. Ziel ist es, die zu erwartenden Klimaänderungen adäquat in regionale Planungs- und Entwicklungsprozesse einzubinden – nordwest2050 gehört dazu.

„nordwest2050“ leistet seinen Beitrag, indem gemeinsam mit regionalen Akteuren eine ‚Roadmap of Change‘ für die Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten entwickelt wird. Schon früh im Projekt wurde klar, dass eine allein auf Klimawandel fokussierte Anpassungsstrategie zu kurz greift, insbesondere da der Klimawandel nur eine Facette einer zunehmenden von Dynamik und Turbulenz gekennzeichneten globalen Entwicklung darstellt. Daraus erklärt sich der Doppelanspruch des Projekts, solche Innovationen und Strategien zu identifizieren, die neben der Klimaanpassung auch die allgemeine Widerstandskraft, Anpassungsfähigkeit und Innovationsfähigkeit der Region stärken, also ihre Resilienz. Dabei steht der Austausch mit der Wirtschaft, der Politik, der Verwaltung und der Wissenschaft im Vordergrund, um Strategien zu entwickeln, die von möglichst vielen mitgetragen werden.

Darüber hinaus ist ‚nordwest2050‘ eingebunden in die „Anpassungsgruppe Nord“, die Fragestellungen der Klimaanpassung in den fünf norddeutschen Küstenländern gemeinsam mit den Schwesterprojekten Radost und Klimazug Nord diskutiert und im Rahmen der Regional Konferenzen Küstenregion des Bundes und der norddeutschen Küstenländer praktische Lösungsansätze präsentiert. Mit dem Projekt „Klimafolgenforschung in Niedersachsen“, der Klimastadt Bremerhaven, den kommunalen Klimaanpassungsprozessen in der Stadt Syke sowie weiteren Projekten in der Region besteht ein intensiver Erfahrungsaustausch, um möglichst vielfältige Synergien zu erzielen.

### Rahmen von ‚nordwest2050‘

Inhaltlich beschäftigt sich ‚nordwest2050‘ schwerpunktmäßig mit der Anpassung an dynamische und turbulente Umgebungen, insbesondere mit der Anpassung an die Folgen des Klimawandels, in drei wichtigen regionalen Wirtschaftszweigen: Energie, Hafen/Logistik, Ernährung/ Landwirtschaft. Innovative Projekte werden in diesen Bereichen gefördert, um die Risiken des Klimawandels zu reduzieren, sich auf Störereignisse und unsichere Zukünfte vorzubereiten und dabei gleichzeitig neue wirtschaftliche Potenziale zu erschließen. An der Entwicklung und Umsetzung von Pilotprojekten sind 20 Unternehmen aus der Region direkt beteiligt. Aus den Erfahrungen der Pilotprojekte werden übertragbare Empfehlungen für die Wirtschaftscluster erarbeitet, die dann in jeweils sektorale Roadmaps als Bestandteile der ‚Roadmap of Change‘ einfließen.

Um der Vielfalt der Handlungsfelder in der Metropole Nordwest über die drei Wirtschaftscluster hinaus gerecht zu werden, erarbeitet ‚nordwest2050‘ zusätzlich mit regionalen Akteu-

ren konkrete Handlungsempfehlungen in weiteren Bereichen: menschliche Gesundheit, Bauwesen, Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz, Küstenschutz, Bodenschutz, Biodiversität und Naturschutz, Tourismuswirtschaft, Raumplanung, Bevölkerungs- und Katastrophenschutz.

Dieser beteiligungsorientierte Prozess wird hauptsächlich in den Jahren 2012 und 2013 stattfinden und neben der ‚Vision2050‘ für eine klimaangepasste und resiliente Region die erarbeiteten Empfehlungen in den skizzierten Handlungsfeldern enthalten.

Mit themenspezifischen Regionalkonferenzen, vielfältigen Workshops, dem Anpassungspreis „Fit für den Klimawandel“, einer intensiven Öffentlichkeitsarbeit und bilateralen Gesprächen wird das Thema Klimaanpassung und Resilienz zunehmend zu einem wahrnehmbaren Politik- und Wirtschaftsthema – damit sich die Metropolregion Bremen-Oldenburg auch morgen noch unter den Bedingungen des schleichenden Klimawandels und allgemein zunehmender Dynamik und Turbulenz anpassungsfähig zeigt.

### **Ergebnisse und Beiträge von nordwest2050**

Abgeschlossen wurden im Sommer 2012 die grundlagenorientierten, wissenschaftlichen Forschungsarbeiten, die die erwartbare Klimaveränderung im Nordwesten beschreiben (Regionale Klimaszenarien) und die Analyse der daraus resultierenden Verletzlichkeit der Region aus wirtschaftlicher, naturräumlicher, politischer und – eingeschränkt – sozialer Perspektive. Ferner wurden in ausgewählten Bereichen auch die strukturellen Schwachstellen der Sektoren untersucht, so beispielsweise im Energieversorgungssystem und in Teilen des Sektors Landwirtschaft und Ernährung. Aufbauend auf diesen Vorarbeiten ist eine Innovationspotenzialanalyse durchgeführt worden, die regionale Innovationsperspektiven ermittelt und exemplarische Maßnahmen zur Steigerung von Anpassungsfähigkeit, Widerstandsfähigkeit und Innovationsfähigkeit in und mit Unternehmen identifiziert. In den drei Wirtschaftsklustern Energie, Ernährung und Landwirtschaft, sowie Hafen- und Logistik wurden so konkrete Vorhaben formuliert, die sich z. Z. in der Umsetzung befinden. Die Ergebnisse liefern Erkenntnisse für die Übertragbarkeit auf weitere Anwenderinnen und Anwender bzw. Nutzerinnen und Nutzer.

Mit der Verwundbarkeitsanalyse für den metropolitanen Raum wird aufgezeigt, dass die Klimaanpassungskapazität in den unterschiedlichen Handlungsfeldern sehr gut ist, da die Region zwar den Klimawandelfolgen gegenüber stark exponiert ist, gleichzeitig aber hohe Anpassungspotenziale aufweist. Den strukturellen Schwächen stehen allerdings deutlich geringere Anpassungskapazitäten entgegen, so dass es aus Sicht des Projekts angezeigt ist, neben den Klimaanpassungsoptionen vor allem strukturstärkende Innovationen im Sinne der Resilienz zu fördern. Wichtig ist, einen integrierten Planungsprozess heute zu starten. Die Innovationspotentialanalyse zeigt, dass die Region gut aufgestellt ist, wenn es darum geht, notwendige Impulse zu setzen, um konkrete Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln. Auch zeigt eine Unternehmensbefragung im Nordwesten, dass das Thema Klimaanpassung in der Wirtschaft angekommen ist. So sehen mehr als 30% der Antwortenden bereits heute einen hohen bis sehr hohen Handlungsbedarf.

Dennoch ist deutlich geworden, dass das Themenfeld Klimaanpassung als solitäres Element nur begrenzte Durchsetzungskraft entfaltet: Der weite Zeithorizont, die Unsicherheiten in den

Klimaszenarien und die akut wenig spürbaren Auswirkungen des Klimawandels stehen einer adäquaten, frühzeitigen und damit kosteneffizienten Anpassungsstrategie entgegen. Dies bestätigt die frühe Erkenntnis, dass nur eine thematisch breitere Fassung des Themenfeldes Anpassung erfolgreich sein kann, die generelle Strategien z.B. der Wettbewerbs- und Innovationsförderung in der Region mit Klimaanpassungsfragen verbindet.

Aufbauend auf dem erreichten Forschungsstand rückt im letzten Drittel des Projektes die Formulierung des regionalen Anpassungsfahrplans, also der ‚Roadmap of Change‘ in den Mittelpunkt der Arbeiten. Neben der Formulierung eines gewünschten Zielzustandes sind Meilensteine zu beschreiben, die die notwendigen Entwicklungsschritte zur Zielerreichung konkret und maßnahmenorientiert umfassen. Die im Folgenden dargestellten Beteiligungsprozesse sind hierzu der Schlüssel zum Erfolg. Schließlich muss der Anpassungsprozess im Wesentlichen von regionalen Akteuren nach der Projektlaufzeit von ‚nordwest2050‘ getragen und umgesetzt werden. Um dies zu gewährleisten, umfassen die bereits in Durchführung bzw. noch in Vorbereitung befindlichen Beteiligungsprozesse Multiplikatoren aus vielfältigen Handlungsfeldern, die sich u. a. an den Zukunftsthemen der Metropole Nordwest orientieren.

Die finale ‚Roadmap of Change‘ wird in Form von zwei Papieren vorliegen: Eines adressiert die politische Akteure und formuliert eine strategische Handlungsebene, die Gegenstand politischer Befassungen sein kann. Darüber hinaus wird ein Maßnahmenkatalog entwickelt, der die zukünftigen Meilensteine auf dem Weg zu einer klimaangepassten und resilienten Region mit konkreten Maßnahmen- und Handlungsvorschlägen unterlegt. Bei dieser „Wegbeschreibung“ wird sich ‚nordwest2050‘ auf Elemente konzentrieren, die politisch und strukturell aus der Region heraus gesteuert werden können, um die Wettbewerbsfähigkeit der Region auch unter den Bedingungen einer zunehmend unsichereren Zukunft zu gewährleisten.

### **Verankerung in der Region und darüber hinaus**

Die Beteiligung regionaler Akteure und Multiplikatoren ist für ‚nordwest2050‘ ein zentrales und über den Forschungsaspekt hinausreichendes Anliegen, um die Implementierung der ‚Roadmap of Change‘ durch ein breites Akteursspektrum in der Region zu befördern und damit Umsetzungsperspektiven über die Projektlaufzeit von ‚nordwest2050‘ hinaus zu schaffen. Hierzu werden verschiedene Akteursgruppen in diese Prozesse eingebunden:

- Der Projektbegleitkreis mit Persönlichkeiten und Multiplikatoren aus der Region auf Leitungsebene (seit 2010) als Beratungs- und Begleitgremium von nordwest2050.
- Der Arbeitskreis ‚Roadmap of Change‘ dient der Einbeziehung der Expertise regionaler Akteure und Multiplikatoren mit Arbeitsfeldern in den o.g. Handlungsbereichen sowie weiteren zivilgesellschaftlichen Organisationen. Er ist als ständige Reflexionsebene bei der mehrschrittigen Erarbeitung der ‚Roadmap of Change‘ geplant und wird im Oktober 2012 konstituiert.
- Die Arbeitskreise der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten werden in den Klimaanpassungsdiskurs über die gesamte Projektlaufzeit einbezogen. Der Arbeitskreis ‚Raumstruktur‘ vereint die Regional- und Raumplaner in der Metropolregion, der Arbeitskreis ‚Wirtschaftliche Rahmenbedingungen‘ umfasst die Wirt-

schaftsförderer und Vertreter der Industrie- und Handelskammern der Region. Sie bilden ein ständiges forschungsbegleitendes Korrektiv für ‚nordwest2050‘ und sichern die Rückbindung der Ergebnisse an die Praxiserfordernisse aus planender Verwaltung und Wirtschaft.

- Praxispartner und Clusterakteure aus den verschiedenen Wirtschaftsklustern werden seit Start des Vorhabens in die Entwicklung von Maßnahmen eingebunden. Die beteiligten Unternehmen setzen Leuchtturmvorhaben der Klimaanpassung und resilienten Entwicklung in die Praxis um und erproben so stellvertretend Entwicklungsoptionen als Basis für einen zu initiiierenden Transfer in die jeweilige Branche.
- Vernetzung mit anderen regionalen Klimaanpassungsvorhaben: Die enge Begleitung regionaler Klimaanpassungsprojekten wie KLIFF (nieders. Landesprogramm), ExWoSt-Projekt in der Stadt Syke und Bioenergieregion Süddoldenburg sichert wechselseitiges Lernen voneinander, z.B. über den Austausch erkannter Treiber und Hemmnisse in der Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen.
- Der US-Bundesstaat Maryland ist die Partnerregion von nordwest2050. Mit ähnlichen Problemen hinsichtlich der zu erwartenden Klimaveränderungen konfrontiert, wird vor allem auf der wissenschaftlichen Ebene der Austausch gepflegt. Die fortgeschrittene Anpassungsstrategie von Maryland bietet vielfältige Möglichkeiten des voneinander Lernens.
- Die Anpassungsgruppe Nord als informeller Arbeitskreis aus Vertretern der fünf norddeutschen Bundesländer, der drei regionalen Klimazug-Projekte (nordwest2050, Klimazug Nord, RADOST) sowie Repräsentanten der niedersächsischen Regierungskommission „Klimaschutz“ und dem Anpassungsprojekt KLIFF dient der Findung von Synergien und der Koordination zwischen Wissenschaft und Politik/Verwaltung. Dieses Gremium ist auch eine der Planungsebenen für die von der Bundesregierung initiierten Regionalkonferenzen zur Umsetzung der Deutschen Anpassungsstrategie (Regionalkonferenzen Küstenregion 2011 und 2012).
- Die Koordinatoren aller sieben Klimazug-Verbundprojekte tauschen sich regelmäßig aus und diskutieren Wege und Strategien zur Verstetigung des Themas Klimaanpassung in unterschiedlichen gesellschaftlichen Handlungsfeldern und Akteursgruppen.