

Klimaanpassungsstrategie
Bremen. Bremerhaven.

Kurzfassung



**BREMEN
BREMERHAVEN**
ZWEI STÄDTE. EIN LAND.

Klimaanpassungsstrategie

Bremen. Bremerhaven.

Kurzfassung



**BREMEN
BREMERHAVEN**
ZWEI STÄDTE. EIN LAND.

Impressum

Herausgeber

Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr
Contrescarpe 72
28195 Bremen
www.bauumwelt.bremen.de

Der Senator für Umwelt,
Bau und Verkehr



Freie
Hansestadt
Bremen

Umweltschutzamt
Klimastadtbüro
Waldemar-Becké-Platz 5
27568 Bremerhaven
www.bremerhaven.de



UMWELTSCHUTZAMT
SEESTADT BREMERHAVEN

KURSKLIMASTADT
BREMERHAVEN

Projektsteuerung/Redaktion

Dr. Christof Voßeler (SUBV, Referat Umweltinnovationen
& Anpassung an den Klimawandel)
Till Scherzinger (Klimastadtbüro Bremerhaven)

Bearbeitung

MUST Städtebau
Eigelstein 103–113
50668 Köln
www.must.eu



BPW baumgart+partner
Ostertorsteinweg 70–71
28203 Bremen
www.bpw-baumgart.de

BPW | baumgart+partner
stadt - und regionalplanung

GEO-NET Umweltconsulting GmbH
Große Pfahlstraße 5a
30161 Hannover
www.geo-net.de



Dr. Pecher AG
Klinkerweg 5
40699 Erkrath
www.pecher.de

pecher

Unterstützt durch

Deutscher Wetterdienst
Alfred-Wegener-Institut
Norddeutsches Klimabüro



Konzept und Layout

MUST & Studio Lisa Pommerenke

Bremen, Juni 2018

Inhalt



ABB. 01

Impressum	
Inhalt	01
Vorwort	03
Einleitung	04
Der Klimawandel und seine Folgen für Bremen und Bremerhaven	08
Ziele und Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels	26
Ausblick	36
Quellenverzeichnis	38



Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

das globale Klima ändert sich. Auch im Land Bremen mit seinen beiden Stadtgemeinden werden die Veränderungen spürbar. Die schwierigen internationalen Klimaverhandlungen machen deutlich, wie wichtig das eigenständige und verantwortliche Handeln vor Ort ist. Seit vielen Jahren betreiben wir deshalb eine sehr ambitionierte Klimaschutzpolitik. Das Land Bremen und seine Städte Bremen und Bremerhaven leisten so ihren Beitrag, die globale Erwärmung und ihre Folgen einzudämmen. Extreme Wetterereignisse sind ein Beispiel für die Folgen der Klimaveränderung; wir kennen sie aus den Medien oder aus persönlicher Erfahrung. Aber nicht nur extreme Wetterphänomene, sondern auch schleichende Änderungen des Wetters, wie etwa regenreichere Herbst- und Wintermonate oder längere Trockenperioden im Sommer sind zu erwarten. Auf diese Folgen des Klimawandels müssen wir uns gezielt vorbereiten. Mit Verabschiedung des Bremer Klimaschutz- und Energiegesetzes im Jahr 2015 hat die Bremische Bürgerschaft deshalb die Erarbeitung einer Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels festgeschrieben.

Die hier vorliegende Anpassungsstrategie liefert einen konkreten Handlungsrahmen für Politik und Verwaltung, wie das Land und die Stadtgemeinden robust gegenüber Klimafolgen entwickelt werden können und wie die Eigenvorsorge der Bevölkerung gestärkt werden kann. Zentrale Handlungsansätze zeigen die Schlüsselmaßnahmen. Der Schutz der Bevölkerung durch Gesundheitsvorsorge, Hochwasserschutz und Starkregenvorsorge sowie die langfristige Verbesserung der Aufenthaltsqualität in unseren Städten durch Freiraumplanung und städtisches Grün sind dabei wichtige Handlungsfelder. Einige Maßnahmen wurden bereits auf den Weg gebracht. Nun kommt es darauf an, nicht nachzulassen und die hier vorgelegten Maßnahmen in den kommenden Jahren entschlossen umzusetzen. Jede Aktivität, die unvermeidbare Klimafolgen abmildert, lohnt sich langfristig: Sie mindert das Risiko gegenüber Klimafolgen für alle Bürgerinnen und Bürger und dient der Erhaltung guter Lebens- und Arbeitsbedingungen im Land Bremen und der Wettbewerbsfähigkeit der Region.

Mit freundlichen Grüßen



Dr. Joachim Lohse
Senator für Umwelt, Bau und Verkehr



Dr. Susanne Benöhr-Laqueur
Stadträtin und Dezernentin für das
Umweltschutzamt Bremerhaven

Einleitung

ABB. 03

HINTERGRUND UND AUSGANGSLAGE

Der Klimawandel ist messbar: von 1881 bis 2016 ist das Jahresmittel der Lufttemperatur in Bremen und Bremerhaven um ca. 1,3 °C angestiegen. Bei einem „Weiter-wie-bisher-Szenario“ läge entsprechend den Auswertungen des Deutschen Wetterdienstes die mittlere regionale Erwärmung bis Ende des Jahrhunderts bei 3,6 °C (Bandbreite 2,5–4,9 °C).^[1]

Sehr wahrscheinlich ist auch, dass zukünftig öfter höhere Extremtemperaturen auftreten. Außerdem ist davon auszugehen, dass die Häufigkeit und die Intensität der Extremniederschläge in Bremen und Bremerhaven zunehmen. Die Vegetationsperioden und damit die phänologischen Jahreszeiten verändern sich ebenfalls: Frühling, Sommer und Herbst beginnen in der Bremer Region heute schon deutlich früher als noch vor 30 bis 40 Jahren. Dieser Trend wird sich vermutlich fortsetzen, der Winter verkürzt sich. Der Meeresspiegel steigt und



ABB. 04

Klimaschutz/Klimaanpassung

Klimaschutz bezeichnet Aktivitäten, die den menschlichen Einfluss auf das Klima reduzieren sollen, um damit weitere klimatische Veränderungen abzuwenden. In erster Linie soll dazu der Verbrauch von fossilen Energieträgern bzw. der Ausstoß von Treibhausgasen gesenkt werden.

Durch Strategien und Maßnahmen zur Klimaanpassung sollen die unvermeidbaren negativen Konsequenzen des Klimawandels abgewendet oder zumindest reduziert werden. Zugleich sollen auch die sich aus den klimatischen Veränderungen ergebenden Potenziale genutzt werden.

führt zu höheren Sturmflutwasserständen sowie zu weiteren Auswirkungen auf das küstennahe Wasserregime.

Im Sinne der Risikoprävention und der Daseinsvorsorge ist es sinnvoll, sich diesen langfristigen Herausforderungen frühzeitig zu stellen. Die Bundesregierung hat bereits 2008 mit der Verabschiedung der „Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ (DAS) und dem nachfolgenden „Aktionsplan Anpassung an den Klimawandel“ einen umfassenden Rahmen für die Strategieentwicklung auf Landes-, regionaler und kommunaler Ebene gesetzt. Auch der Deutsche Städtetag hat 2012 mit seinem Positionspapier „Anpassung an den Klimawandel – Empfehlungen und Maßnahmen der Städte“ die kommunalen Herausforderungen der Klimaanpassung klar benannt. Wie viele Bundesländer und Großstädte haben auch das Land Bremen und seine beiden Stadtgemeinden eine Anpassungsstrategie an den Klimawandel entwickelt. Dadurch wurde ein langfristig

ausgerichteter strategischer Rahmen geschaffen, wie sowohl den schleichenden als auch den abrupt auftretenden Klimafolgen begegnet werden kann.

Langfristig sollen auch bei potenziell eintretenden Klimaveränderungen gute Lebens- und Arbeitsbedingungen und die Wettbewerbsfähigkeit der Region erhalten bleiben. Entsprechend der lokalen Betroffenheit definiert die Klimaanpassungsstrategie spezifische Schlüsselmaßnahmen zum vorsorgenden Umgang mit allen wichtigen Klimafolgen in Bremen und Bremerhaven.

Für die Erarbeitung der Strategie konnte bereits auf verschiedene Projektergebnisse, Erfahrungen und Ansätze des Landes, der Region und der Stadtgemeinden zurückgegriffen werden (vgl. Infokasten rechts). Die Erkenntnisse dieser Projekte wurden in die gesamtstrategische Konzeption einbezogen, welche alle relevanten Handlungsbereiche der beiden Stadtgemeinden entsprechend ihrer jeweiligen Betroffenheiten und Handlungsoptionen umfassen.

Die Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist eine langfristige gesamtgesellschaftliche Herausforderung. Die Anpassungsstrategie für Bremen und Bremerhaven richtet sich vorrangig an die Akteure der öffentlichen Hand. Im Vordergrund steht, was Politik und Verwaltung tun können, um die Robustheit der Systeme des Landes und der Stadtgemeinden gegenüber Klimafolgen zu verbessern bzw. deren Anpassungsfähigkeit zu erhöhen. Hierzu gehört auch, die Eigenvorsorge der Bevölkerung zu stärken.

Bisherige Aktivitäten zur Klimaanpassung

Für die Erarbeitung der Anpassungsstrategie konnte bereits auf verschiedene Projektergebnisse sowie auf sektorale Erfahrungen und Ansätze des Landes, der Region und der Stadtgemeinden zurückgegriffen werden. Hierzu gehören insbesondere die Ergebnisse der in der Region durchgeführten Forschungs-/ Pilotprojekte, wie:

- das durch das Forschungsministerium des Bundes (BMBF) geförderte KLIMZUG-Projekt nordwest2050 in der Metropolregion Bremen-Oldenburg,
- die durch das Bundesumweltministerium (BMUB) geförderten Projekte „Umgang mit Starkregenereignissen in der Stadtgemeinde Bremen“ unter Beteiligung Bremerhavens (KLAS) und „Interkommunale Koordinierungsstelle Klimaanpassung“ (InKoKa),
- der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten e.V.
- die Stadtklimaanalysen im Rahmen der Erstellung des Landschaftsprogramms (LAPRO) für die Stadtgemeinde Bremen,
- das Fachkonzept des Senators für Umwelt, Bau und Verkehr „Klimawandel in Bremen – Folgen und Anpassung“,
- die Initiative Klimastadt Bremerhaven,
- das INTERREG-Projekt „aqua-add“ sowie
- zahlreiche Initiativen der lokalen und regionalen Forschungseinrichtungen und anderer Institutionen.



ABB. 05

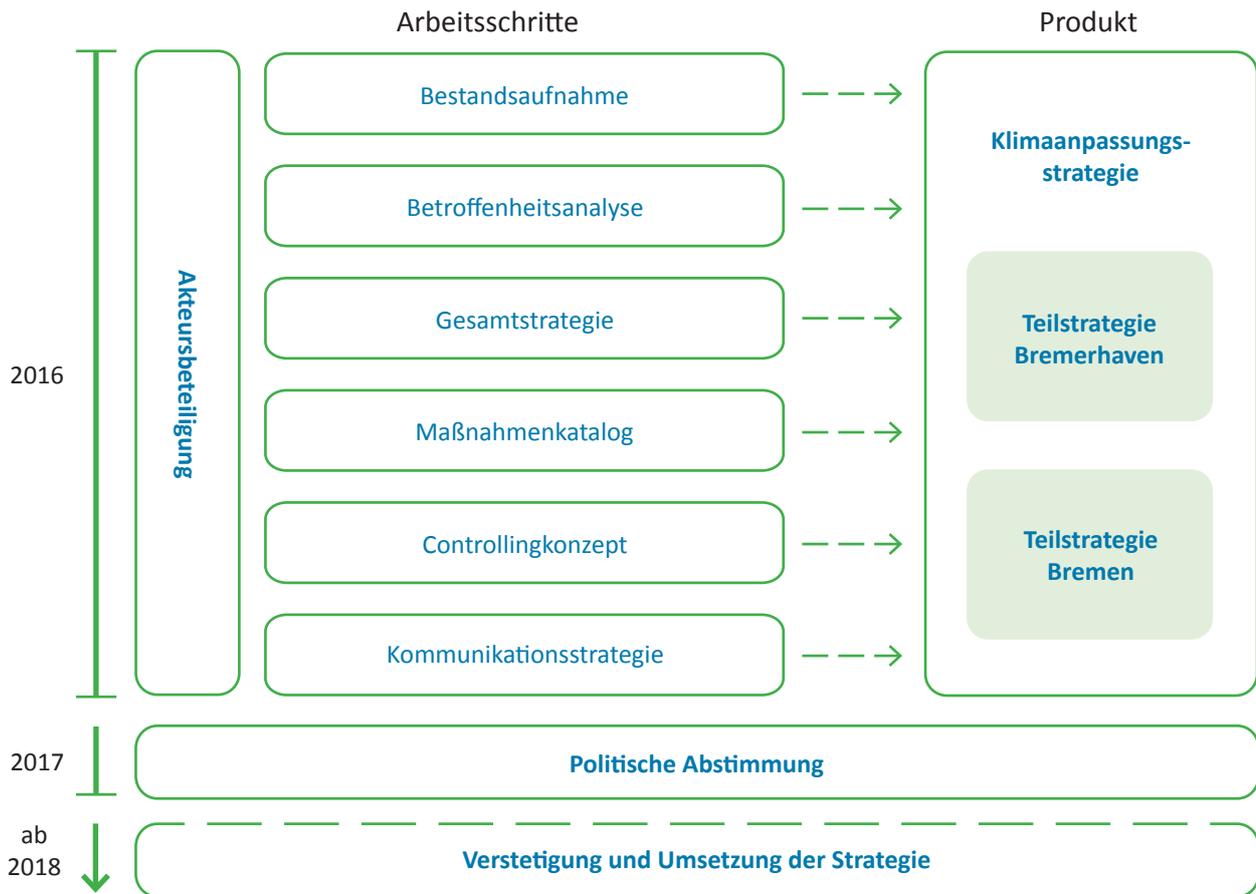


ABB. 06 Projektbausteine und Prozessablauf

HANDLUNGSFELDER DER ANPASSUNG

Der Klimawandel hat vielfältige Auswirkungen auf die Umwelt, auf Gebäude und kommunale Infrastrukturen, auf die Wirtschaft sowie auf die Stadtgesellschaft. Im Rahmen der Strategieerstellung wurde untersucht, in welchen Sektoren sich besondere Herausforderungen durch die langfristigen Klimaveränderungen und die erwartete Zunahme von Extremwetterereignissen ergeben. Als Referenz diente dabei die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) der Bundesregierung aus dem Jahr 2008, die 13 Themenfelder sowie zwei Querschnittsbereiche benennt und für diese auf Bundesebene den politischen Rahmen für die Aktivitäten zur Klimaanpassung setzt.^[2]

Die Anpassungsstrategie für Bremen und Bremerhaven orientiert sich an den Themenfeldern der DAS und modifiziert diese teilweise für den kommunalen Kontext. Insgesamt werden zunächst zwölf Sektoren betrachtet, die direkt von den Auswirkungen der Klimaveränderungen beeinflusst werden können (z.B. Wasserwirtschaft oder Verkehr). Daneben werden vier Querschnittssek-

toren betrachtet, für die sich indirekt ein übergeordneter Vorsorge- bzw. Handlungsbedarf für eine Anpassung an den Klimawandel ergibt:

Einzelsektoren

- Bauwesen und Immobilien
- Verkehr und Mobilität
- Gesundheit
- Natur- und Artenschutz
- Land- und Forstwirtschaft
- Wirtschaft
- Boden
- Grün- und Freiflächen
- Tourismus und Freizeit
- Energie
- Wasserwirtschaft
- Hafen

Querschnittssektoren

- Stadt- und Landschaftsplanung
- Katastrophen-/Bevölkerungsschutz
- Bildung und Forschung
- Entwicklungszusammenarbeit



ABB. 07

Prozess und Beteiligte

Die Strategieentwicklung wurde als kommunales Verbundprojekt im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) des Bundes gefördert. Die Federführung für die Strategieentwicklung und weitere Umsetzung lag beim Senator für Umwelt, Bau und Verkehr in enger Kooperation mit dem Umweltschutzamt Bremerhaven (Klimastadtbüro). Für die fachliche und organisatorische Unterstützung wurde ein Gutachterteam, bestehend aus MUST Städtebau (Amsterdam/Köln), BPW baumgart+partner (Bremen), GEO-NET Umweltconsulting (Hannover) und Dr. Pecher AG (Erkrath) beauftragt.

Unterstützt wurde der Strategieprozess außerdem vom Deutschen Wetterdienst (DWD) im Rahmen der Verwaltungsvereinbarung mit dem Land Bremen sowie durch das Alfred-Wegener-Institut (AWI) und das Norddeutsche Klimabüro am Helmholtz-Zentrum

Geesthacht. In der Verwaltung erfolgte die fachliche Begleitung für Bremen und Bremerhaven jeweils im Rahmen einer ressortübergreifenden Projektgruppe.

Aufbauend auf Erfahrungen anderer Kommunen und aus Forschungsprojekten wurde im Rahmen der Strategiearbeit eine umfangreiche Akteursbeteiligung durchgeführt. Zu Beginn des Projektes wurde ein Akteursnetzwerk identifiziert und zusammengestellt, in dem möglichst alle für die Klimaanpassung relevanten Akteure, insbesondere die im Rahmen der Betroffenheitsanalyse identifizierten Sektoren, vertreten sind (z. B. Gesundheit, Wasserwirtschaft, Naturschutz, Stadtplanung etc.). Für diesen erweiterten Akteurskreis wurden je nach Projektverlauf unterschiedliche Beteiligungsformate entwickelt. Ein Konzept für einen weiteren Kommunikationsprozess zur Beteiligung der Öffentlichkeit ist Bestandteil der Strategie.



ABB. 08



ABB. 09

Der Klimawandel und seine Folgen für Bremen und Bremerhaven



ABB. 10

Mit dem Ausstoß von Treibhausgasen und der großflächigen Änderung der Landnutzung greift der Mensch in das natürliche Klimasystem der Erde ein. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben mithilfe von Klimamodellen die Auswirkungen dieser Eingriffe für das globale und regionale Klima auf der Basis von Szenarien berechnet. Für Deutschland ergibt sich je nach gewähltem Szenario eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur von mindestens 1 °C bis hin zu mehr als 4 °C in den nächsten 100 Jahren. Eine Änderung von nur 1 °C ist laut den Klimamodellen nur bei einer deutlichen Reduktion der Emission von Treibhausgasen möglich. Bei einem weiteren, mit hohen Treibhausgasemissionen verbundenen Wirtschaftswachstum ist eine Änderung von 3 bis zu mehr als 4 °C zu erwarten. Damit verbunden nimmt die Anzahl der kalten und sehr kalten Tage noch weiter ab, während die Zahl der warmen und sehr warmen Tage deutlich zunimmt.

Verbunden mit der Temperaturzunahme werden wahrscheinlich die jährlichen Niederschlagsmengen weiter zunehmen und damit auch die Anzahl der Tage mit extremen Niederschlägen. Ein Anstieg der Lufttemperatur geht zudem mit einer Erhöhung der Meerwassertemperatur einher. Dadurch dehnt sich das Wasser aus und in der Folge steigt der Meeresspiegel. Der zukünftige Meeresspiegelanstieg an den deutschen Küsten ist aktuell noch unzureichend quantifizierbar, da er durch die Anteile von abschmelzenden Gebirgsgletschern und kontinentalen Eisschilden großen Unsicherheiten unterliegt. Neuere Einschätzungen gehen für die Nordsee unter Annahme eines „Weiter-wie-bisher-Szenarios“ von einem möglichen Meeresspiegelanstieg von bis zu über einem Meter bis zum Ende des Jahrhunderts aus.^[3]

Wetter, Witterung & Klima

Mit diesen drei Begriffen beschreiben die Meteorologie und Klimatologie Vorgänge, die in der Atmosphäre in verschiedenen langen Zeiträumen ablaufen. Das Wetter beschreibt das Geschehen in der Atmosphäre an einem bestimmten Ort, zu einem bestimmten Zeitpunkt bis hin zu mehreren Tagen. Die Witterung umfasst einen Zeitraum von Wochen bis mehreren Monaten und das Klima Jahre bis hin zu geologischen Zeitaltern. Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) definiert das Klima als „Synthese des Wetters über einen Zeitraum, der lange genug ist, um dessen statistische Eigenschaften bestimmen zu können“. In der Regel werden darunter Zeiträume von mindestens 30 Jahren verstanden.

In den Regionen Deutschlands gibt es unterschiedliche Klimaverhältnisse. Entsprechend der Lage in den durch vorherrschende Westwinde gekennzeichneten mittleren Breiten kommt es heute im Raum Bremen und Bremerhaven – wie in ganz Norddeutschland – zu kühlen Sommern und milden Wintern sowie ausreichenden Niederschlägen zu allen Jahreszeiten. Der häufige Wechsel von Hoch- und Tiefdruckgebieten sorgt für einen unbeständigen Charakter des Wetters. Stellt sich einmal eine längere Phase mit Hochdruckeinfluss ein, so ist im Sommerhalbjahr mit trockenem und warmem Wetter zu rechnen, während sich im Winter je nach Lage des Hochs trocken-kaltes bzw. neblig-trübes Wetter einstellt. Lokal modifiziert wird das Klima durch die Klimafaktoren (geografische Breite und Länge, Entfernung zum Meer, Relief, Oberflächengestalt u. a.).



ABB. 11

Der nordwestliche Teil Deutschlands bis zu den Mittelgebirgen stellt eine Klimaregion dar, die geprägt ist von der Meeresnähe, der niedrigen Geländehöhe und der geringen Höhenunterschiede.

Die folgenden Seiten geben einen Überblick über die klimatischen Veränderungen in Bremen und Bremerhaven in der Vergangenheit und über zukünftige Entwicklungen auf Basis der für die Region vorliegenden Messdaten des Deutschen Wetterdienstes und durch die Klimaforschung vorliegenden Klimaprojektionen. Dabei werden die folgenden Klimaparameter bzw. -veränderungen betrachtet:

- Temperaturzunahme und Hitze
- Starkniederschläge
- Niederschlagsverschiebungen und Trockenheit
- Stürme und Sturmfluten

Klimaprojektionen

Wird ein globales Klimamodell dazu genutzt, den möglichen Klimawandel auf der Basis eines Szenarios zu berechnen, so erfolgt das im Rahmen einer Klimaprojektionsrechnung. Diese darf nicht mit einer Vorhersage verwechselt werden. Sie ist eine „was-wäre-wenn-Rechnung“ auf der Basis des gewählten Szenarios. Die Klimaprojektionsrechnungen für die verschiedenen Szenarien helfen, die zu erwartenden Klimaveränderungen in eine Bandbreite einzuordnen.



ABB. 12 34

Betrachtete Klimaveränderungen



- Zunahme der Jahresdurchschnittstemperaturen
- Mehr Sommertage ($\geq 25^\circ\text{C}$) und Tropennächte ($\geq 20^\circ\text{C}$)
- häufigere und länger andauernde Hitzeperioden



- Zunahme der Intensität und der Häufigkeit von Starkniederschlägen (insb. im Sommerhalbjahr)



- Trockenere Sommer und feuchtere Winter
- Häufigere und länger andauernde Trockenperioden im Sommer



- Zunahme der Stürme (insb. im Winter)
- Erhöhung der Sturmflutwasserstände (in Verbindung mit dem Meeresspiegelanstieg)

ABB. 13 Zusammenfassung der im Rahmen der Strategie betrachteten Klimaveränderungen

Temperaturzunahme und Hitze

WELCHE VERÄNDERUNGEN SIND DURCH DEN KLIMAWANDEL ZU ERWARTEN?

In den Städten Bremen und Bremerhaven ist ein deutlicher Erwärmungstrend zu verzeichnen. So ist in den letzten Jahrzehnten die langjährige Mitteltemperatur signifikant gestiegen (vgl. Abb. 14). Damit verbunden ist eine Zunahme der Sommertage ($T_{\max} \geq 25^\circ\text{C}$), der Hitzetage ($T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$) und der Tropennächte ($T_{\min} \geq 20^\circ\text{C}$).

Trotz den in der norddeutschen Tiefebene herrschenden Verhältnissen entsprechend guten Durchlüftung Bremerhavens, bilden sich auch dort innerstädtische Hitzeinseln. Herrschen in Bremen im Vergleich zu Bremerhaven mehr Hitze- und Sommertage vor, so wurden in Bremerhaven mehr Tropennächte registriert. In beiden Städten geht die sommerliche Erwärmung mit einem Rückgang der winterlichen Frosttage ($T_{\min} \leq 0^\circ\text{C}$) und Eistage ($T_{\max} \leq 0^\circ\text{C}$) einher.

Im deutschlandweiten Vergleich zählen die Städte Bremen und Bremerhaven zu den Orten mit eher moderaten Temperaturen. In beiden Städten liegt die Anzahl der thermischen Kenntage (vgl. Tab. 01) mit ca. 28 Sommertagen und ca. 9 Hitzetagen unter den Durchschnittswerten für ganz Deutschland. Die Ergebnisse aktueller Klimamodellrechnungen lassen jedoch für beide Städte eine weitere Temperaturzunahme erwarten. In Bremerhaven z. B. deutet dies auf eine Verdreifachung der Sommertage in den nächsten 50 Jahren hin.^[4]

Stadtklima

Das Klima einer Stadt unterscheidet sich merklich von dem des freien ländlichen Umfeldes. In diesem Zusammenhang ist u. a. die Bildung einer städtischen Wärmeinsel bekannt, die durch die dichte Bebauung und den gegenüber dem Umland geänderten Energieumsatz von Verkehr, Wirtschaft und Haushalten verursacht wird. Im Jahresmittel ergeben sich für deutsche Städte etwa $0,5^\circ\text{C}$ bis $2,0^\circ\text{C}$ deutlich höhere Temperaturwerte als in ländlichen Regionen. Diese Stadt-Land-Unterschiede prägen sich insbesondere an wolkenlosen, sonnenreichen und windschwachen Tagen aus. In Einzelfällen sind Temperaturunterschiede von mehr als 8°C möglich. Aber auch innerhalb einer Stadt ergeben sich abhängig von den Bau- und Nutzungsstrukturen unterschiedliche Ausprägungen der städtischen Wärmeinsel.

Hitzewelle

Die Klimamodelle lassen erwarten, dass sich die Zahl der Hitzeperioden in den Sommermonaten künftig erhöhen wird. In der Regel wird in Europa dann von einer „Hitzewelle“ gesprochen, wenn die täglichen Maximaltemperaturen über mehrere Tage hinweg die 30°C -Marke überschreiten.^[5]

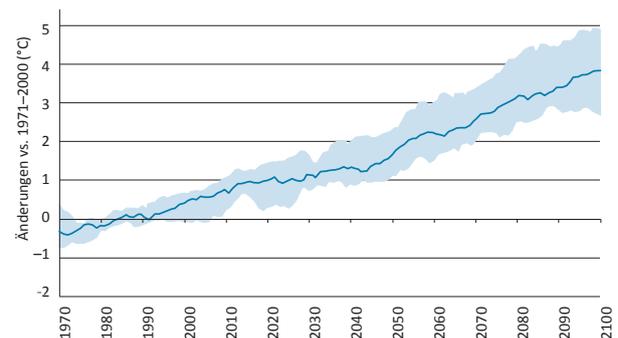


ABB. 14 Bremerhaven: Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur*

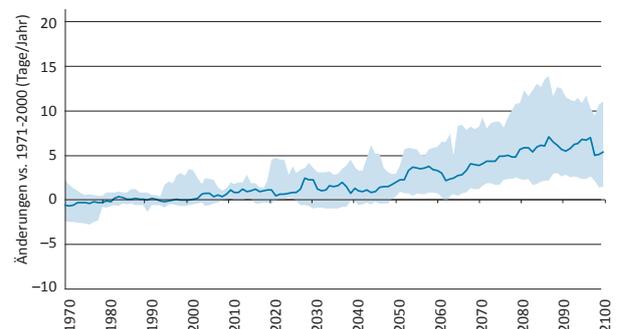


ABB. 15 Bremerhaven: Anzahl der Hitzetage (Anzahl von Tagen mit Maximaltemperaturen $\geq 30^\circ\text{C}$)*

*Auswertungen von acht Modellketten auf Basis des „Weiter-wie-bisher-Szenarios“ RCP8.5 (CNRM-CM5_RCA4, EC-EARTH_HIRHAM5, EC-EARTH_RACMO22E, EC-EARTH_RCA4, HadGEM2-ES_RCA4, IPSL_RCA4, MPI-ESM_CCLM, MPI-ESM_RCA4)

Ereignistage	1971–2000		2001–2015	
	HB	BHV	HB	BHV
Sommertage ($T_{\max} \geq 25^\circ\text{C}$)	25,7	16,5	31,2	21,3
heiße Tage ($T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$)	4,5	2,4	5,7	3,7
Tropennächte ($T_{\min} \geq 20^\circ\text{C}$)	0,3	0,9	0,3	1,9
Frosttage ($T_{\min} < 0^\circ\text{C}$)	68,5	48,1	68,3	46,7
Eistage ($T_{\max} < 0^\circ\text{C}$)	14,2	13,7	13,4	12,2

TAB. 01 Langjährige mittlere Anzahl an Ereignistagen pro Jahr



ABB. 16 Profilmessfahrt in Bremen am 18.8.2012 (abends)



ABB. 17 Profilmessfahrt in Bremerhaven am 25.8.2016 (abends)

Lufttemperatur 2,0 m in °C



Messfahrten

Das Stadtklima kann untersucht werden anhand von stationären oder mobilen meteorologischen Messungen an verschiedenen Orten in der Stadt und dem ländlichen Umland oder aber auch durch Modellrechnungen. Die Errichtung eines stationären Messnetzes in der Stadt ist mit einigem Aufwand verbunden. Alternativ dazu werden oftmals zu ausgewählten Zeitpunkten mit temporären oder auch mobilen Messeinrichtungen stadtklimatologische Daten erhoben. Für Bremen und Bremerhaven wurde das Stadtklima anhand von meteorologischen Messungen untersucht. Bereits im Sommer 2012 ist das Stadtklima von Bremen mit temporären und mobilen Messungen untersucht worden. Im Sommer 2015 wurde dann in Bremerhaven eine mehrmonatige Messkampagne durchgeführt, die im August 2016 um Profilmessfahrten ergänzt werden konnte.

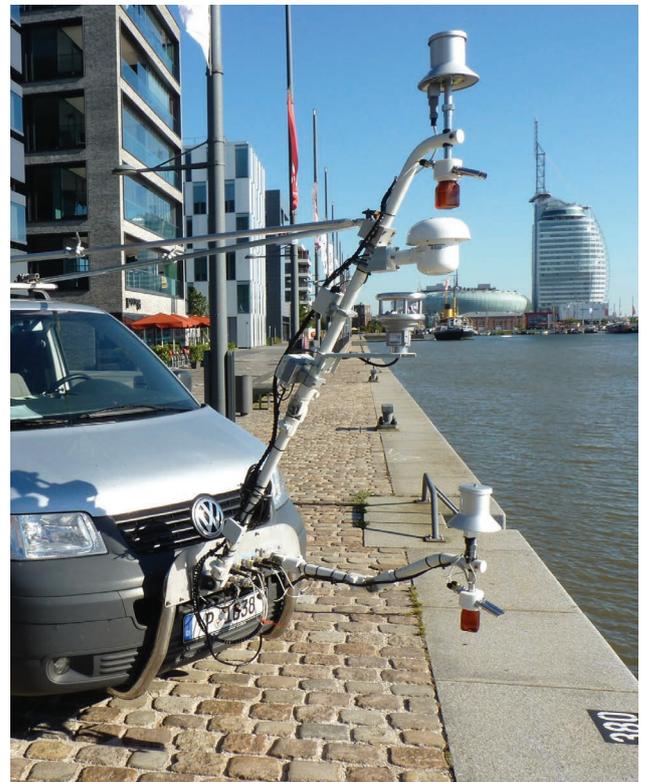


ABB. 18 Messwagen in Bremerhaven

Temperaturzunahme und Hitze

WO LIEGEN DIE RÄUMLICHEN SCHWERPUNKTE DER VERÄNDERUNGEN?

Die im Vergleich zum Umland höheren innerstädtischen Temperaturen werden mit dem Klimawandel voraussichtlich auf ein noch höheres Niveau angehoben. Das Stadtgebiet von Bremen weist derzeit eine relativ geringe nächtliche thermische Belastung auf. Ungefähr 82% der Wohnbaufläche verzeichnen eine günstige bis sehr günstige humanbioklimatische Situation (siehe Abb. 21). Wird das gesamte Stadtgebiet Bremens betrachtet, liegt der Flächenanteil von Bereichen mit weniger günstigen bis ungünstigen humanbioklimatischen Eigenschaften am Gesamtflächenanteil bei 11%. Vor allem stark versiegelte, gewerblich und industriell geprägte Gebiete weisen den größten Anteil an Flächen mit einer weniger günstigen bis ungünstigen humanbioklimatischen Situation auf.

Die räumliche Ausprägung der thermischen Belastung der Stadt Bremerhaven wurde anhand einer im Rahmen der Anpassungsstrategie erstellten Klimatopkarte flächenhaft abgeschätzt. Besonders die Flächen der Klimatopkategorien „Stadtklima“, „Innenstadtklima“ sowie „Gewerbe- und Industrieklima“ sind von belastender Erwärmung betroffen. Dies trifft in Bremerhaven auf 18% der Stadtfläche zu. Messungen des Deutschen Wetterdienstes aus den Sommermonaten des Jahres 2015 haben diesen Wärmeinseleffekt der Stadt gegenüber dem Umland bestätigt. So liegt der Unterschied der Tageshöchsttemperaturen bei durchschnittlich +0,4°C und der täglichen Minimumtemperaturen bei durchschnittlich +1,7°C.



ABB. 19



ABB. 20

WELCHE FOLGEN KÖNNEN DIE KLIMATISCHEN VERÄNDERUNGEN HABEN?

Die Auswirkungen der Temperaturveränderungen sind sehr unterschiedlich. Insbesondere in den dicht bebauten Innenstadtbereichen der beiden Stadtgemeinden heizen sich unverschattete, vegetationsarme und versiegelte Flächen sehr stark auf, wodurch die Aufenthaltsqualität sinkt. Während die graduelle Temperaturzunahme vor allem das urbane Ökosystem (Boden, Gewässer, Flora, Fauna) beeinflusst, führt die erwartete Zunahme der Hitzetage und Tropennächte vor allem zu einer Verstärkung der humanbioklimatischen Belastung der Bevölkerung durch Hitzestress. Dadurch steigen einerseits die Anforderungen an den Gesundheitssektor zur Bewältigung von Hitzewellen im Sinne der Daseinsvorsorge (z. B. an die Rettungs- und Pflegedienste oder an die Unterstützung allein lebender sensibler Bevölkerungsgruppen). Andererseits wachsen die Ansprüche an den Bausektor, den Klimakomfort in hitzeexponierten Gebäuden und öffentlichen Räumen aufrechtzuerhalten.

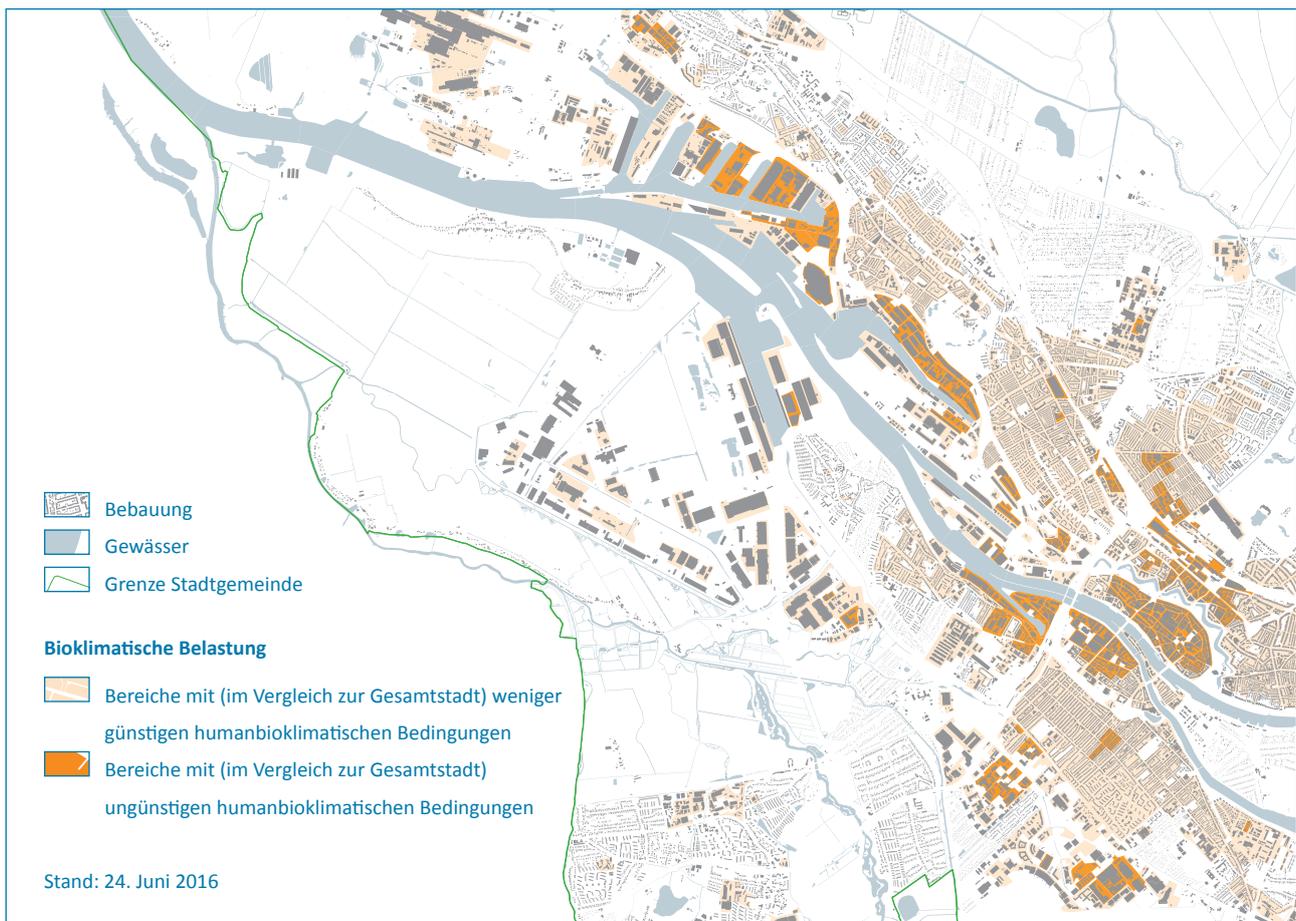


ABB. 21 Potenzielle Belastung an Hitzetagen in der Stadtgemeinde Bremen (Kartenausschnitt)

MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN DER TEMPERATURZUNAHME

- Verminderte Aufenthaltsqualität im Stadtgebiet; sowie Aufheizen von Verkehrs- und Freiflächen durch erhöhte Einstrahlung
- Zunehmende körperliche Belastung und Unfallrisiken durch Hitzestress u. sinkende Konzentrationsfähigkeit
- Ansiedlung neuer und Ausbreitung heimischer Krankheitserreger und -überträger
- Steigender Energiebedarf für die Kühlung von Gebäuden, Anlagen und Fahrzeugen bei gleichzeitig sinkendem Heizbedarf
- Verschleiß von Grün- und Freizeitflächen durch erhöhte Einstrahlung und intensive Nutzung
- Erhöhte Materialbeanspruchung und Beschädigung von Verkehrswegen durch Hitze und Temperaturschwankungen
- Hitzebedingte Schäden an Gütern (Lagerung und Transport) sowie an technischen Anlagen
- Vermehrte Geruchsemissionen durch temperaturbedingte Faulprozesse im Kanal
- Aufwärmung und Beeinträchtigung des physikalisch-chemischen Zustands und der Güte von Gewässern
- Verschiebung des Artenspektrums/Ausbreitung invasiver wärmeliebender Tier- und Pflanzenarten
- Zunehmender und früherer Schädlingsbefall nach milden Wintern
- Schäden (z. B. Eiweißgerinnung) an hitzestresser Vegetation
- Beeinträchtigung/Verlust von Bodenfunktionen durch erhöhte Bodentemperatur
- Steigender Ressourcenbedarf für Müllentsorgung, Grünschnitt, Kontrolle, Kanalspülung und Bewässerung
- Sprunghafte und erhöhte Belastung des Gesundheits- und Bestattungswesens bei Hitze

Starkniederschläge

WELCHE VERÄNDERUNGEN SIND DURCH DEN KLIMAWANDEL ZU ERWARTEN?

Lokal auftretende Starkregen verursachen bereits unter den aktuell herrschenden Klimabedingungen immer wieder Überflutungen mit erheblichen Sachschäden. Die besondere Relevanz derartiger Schadensereignisse wird durch aktuelle Schadensberichte der Versicherungswirtschaft unterstrichen.^[6] Vorgaben zur Planung von Entwässerungssystemen fordern deshalb explizit eine Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels.^[7] Maßnahmen, die Stadtgebiete widerstandsfähiger gegen die Auswirkungen von Starkregenereignissen machen, sind daher ein wichtiger Bestandteil dieser Anpassungsstrategie.

Eine kurzfristige Vorhersage des Auftretensortes von Starkregen ist kaum möglich. Tendaussagen aus Klimamodellen für einzelne Starkregen können nicht in gleichem Maße getroffen werden wie etwa für Extreme der Lufttemperatur. Je nach zugrundeliegender Klimaprojektion ist für die mittel- und langfristige Zukunft jedoch eine Zunahme der Starkregentage (Tagessummen von größer oder gleich 20 mm) für das Bundesland Bremen ableitbar. Aus aktuellen Forschungen ergibt sich für den Zeitraum um 2050 für große Teile Deutschlands eine mehr als 30%ige Zunahme der Starkregentage mit Tagessummen von größer als 25 mm Niederschlag.^[8] Für die Küstengebiete entlang der Nordsee gilt dieser Befund als robust.

Starkniederschläge

Starkniederschläge haben im Verhältnis zu ihrer Dauer eine hohe Regenmenge und treten eher selten auf. Neben der Dauer und Häufigkeit ist die Größe der vom Starkniederschlag betroffenen Fläche wesentlich.^[9] Starkniederschläge treten sowohl im Sommer als auch im Winter auf. Im Sommer sind es oft konvektive Niederschläge („Wärmegewitter“) mit kleinerer, hoher Intensität und zumeist von kurzer Dauer. Häufig gehen diese Ereignisse mit Starkwindböen, vereinzelt sogar mit Hagelschlag und Tornados einher. Zyklonale Niederschläge dagegen dauern in der Regel mehrere Tage an und sind weitaus größerer ausgeprägt. Zudem konzentrieren sie sich vorwiegend auf das Winterhalbjahr und können je nach Temperatur auch als ergiebige Schneefälle in Erscheinung treten.^[10]

Der DWD warnt vor Starkniederschlägen in zwei Stufen, wenn voraussichtlich folgende Schwellenwerte überschritten werden: Regenmengen ≥ 10 mm/1h oder ≥ 20 mm/6h. (Markante Wetterwarnung) oder Regenmengen ≥ 25 mm/1h oder ≥ 35 mm/6h (Unwetterwarnung).^[11] In der Klimaforschung hingegen wird meist die Niederschlagssumme pro Tag betrachtet. Hier werden Schwellenwerte definiert (z. B. Niederschläge von ≥ 20 mm/d), bei deren Überschreitung man von Starkniederschlag spricht.

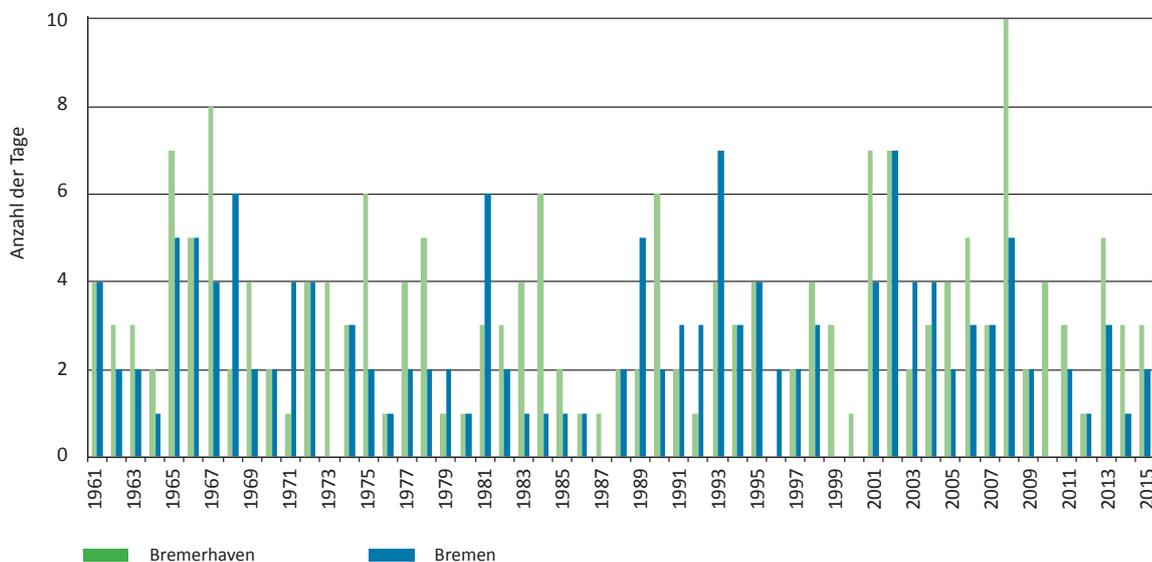


ABB. 22 Anzahl der Tage mit einer Niederschlagshöhe ≥ 20 mm

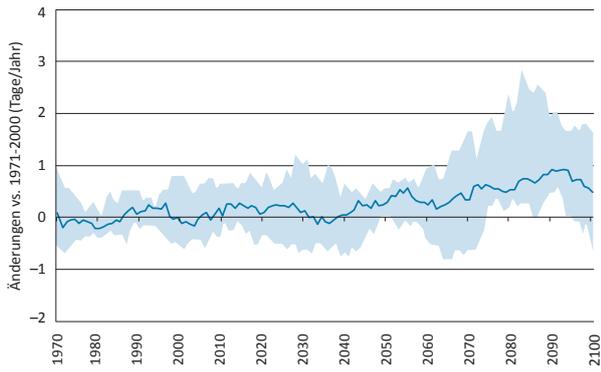


ABB. 23 Bremen: Anzahl der Tage mit $N \geq 20$ mm/d*

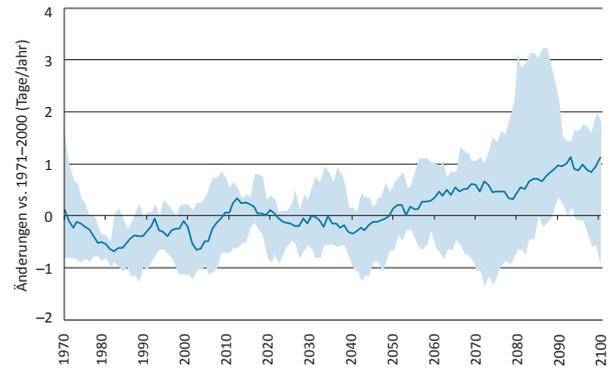


ABB. 24 Bremerhaven: Anzahl der Tage mit $N \geq 20$ mm/d*

*Auswertungen von acht Modellketten auf Basis des „Weiter-wie-bisher-Szenarios“ RCP8.5 (CNRM-CM5_RCA4, EC-EARTH_HIRHAM5, EC-EARTH_RACMO22E, EC-EARTH_RCA4, HadGEM2-ES_RCA4, IPSL_RCA4, MPI-ESM_CCLM, MPI-ESM_RCA4)

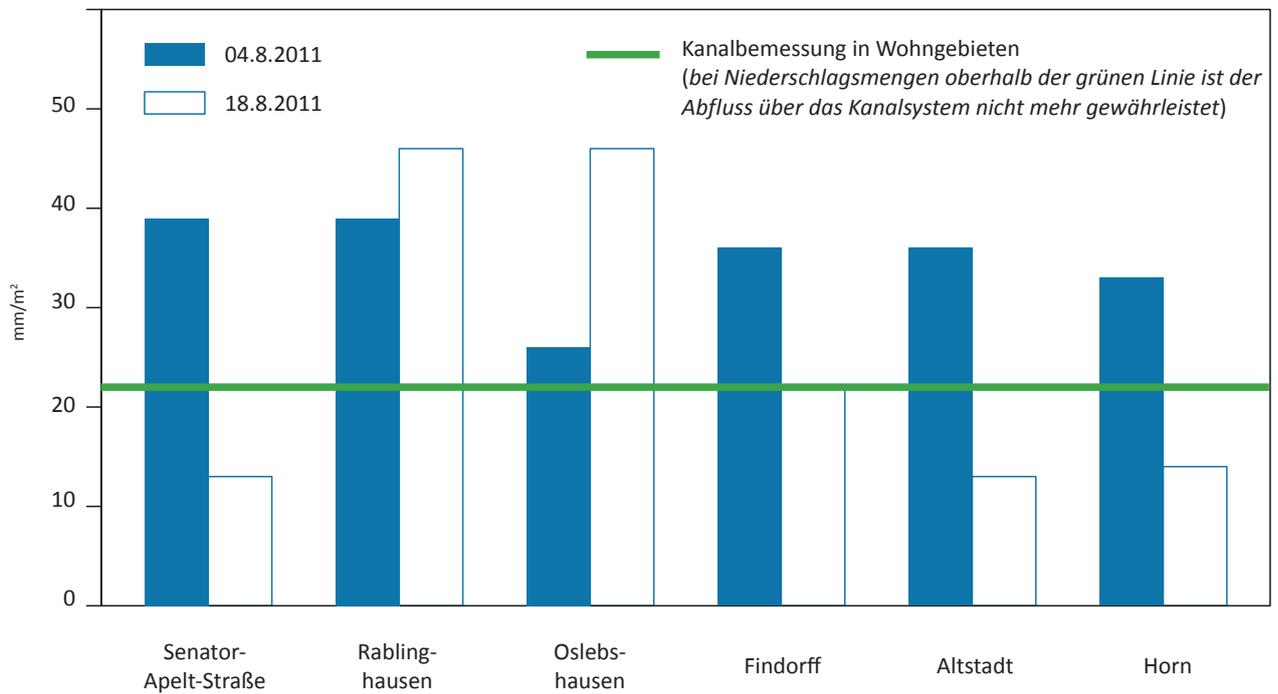


ABB. 25 Niederschlag innerhalb 90 Minuten während der Unwetter in Bremen im August 2011 (Tief René und Tief Xaver)



ABB. 26 Überflutete Straße in Bremen

Starkniederschläge



ABB. 27



ABB. 28



ABB. 29

WO LIEGEN DIE RÄUMLICHEN SCHWERPUNKTE DER VERÄNDERUNGEN?

Die Auswirkungen eines Starkregenereignisses können grundsätzlich jeden Teil der Stadtgebiete gleichermaßen betreffen. Eine präzise räumliche Eingrenzung des Auftretens ist bislang nicht möglich. Die Ergebnisse der Überflutungsanalysen (siehe Abb. 30) lassen jedoch zumindest eine relative Einstufung der potentiellen Überflutungsgefahr durch Starkregen zu. Ein Gefahrenpotenzial ergibt sich in den Stadtgemeinden Bremen und Bremerhaven wegen des geringen Gefälles nicht durch Sturzfluten, sondern durch Überflutungen tiefer gelegener Flächen im urbanen Raum. Die Aussagekraft der Oberflächenabflusssimulation ergibt sich dabei aus der Überlagerung ihrer Ergebnisse mit besonders sensiblen (z. B. Krankenhäuser, Stromversorgung) oder tief liegenden Einrichtungen (z. B. Unterführungen, Garagen). Im Stadtgebiet Bremen wurden solche Risikoanalysen bereits begonnen. Analysen zum Oberflächenabfluss wurden im Rahmen der Betroffenheitsanalyse zur Anpassungsstrategie auch für Bremerhaven durchgeführt. Darauf aufbauend sind weitere Analysen und Maßnahmen bereits geplant.

WELCHE FOLGEN KÖNNEN DIE KLIMATISCHEN VERÄNDERUNGEN HABEN?

Die erwartete Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Starkregenereignissen erhöht vor allem die Gefahr von Überflutungsschäden an Gebäuden und gewerblichen Anlagen sowie an Infrastrukturen. Insbesondere der Energiesektor, aber auch die Verkehrsanlagen stellen hier besonders sensible Bereiche dar, da es als Folge von Überflutungen in Bereichen der Städte zu Versorgungsengpässen oder zur Beeinträchtigung von Verkehrsabläufen kommen kann. Die steigenden Durchschnittstemperaturen und die veränderten Niederschläge wirken auf alle Größen des Wasserkreislaufs. Die dadurch erhöhte Verdunstung und der beeinflusste Oberflächenabfluss wirken über die Wasserbilanz auf die Grundwasserneubildung. Durch die zunehmenden Starkniederschläge steigt auch die Gefahr, dass Böden und Gewässer durch den Eintrag von Schad- und Nährstoffen sowie Erosion belastet werden. Eine starkregenbedingte Überflutung von z. B. landwirtschaftlichen Flächen, Tankanlagen oder Industrieflächen kann zu einem Austritt umweltgefährdender Stoffe führen.



ABB. 30 Potenzielle starkregenbedingte Überflutungen in der Stadtgemeinde Bremerhaven (Kartenausschnitt)

MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN DER STARKNIEDERSCHLÄGE

- Überlastung des Kanalnetzes bei Niederschlagsintensitäten jenseits der Bemessungsgrenzen
- Überflutung und Beschädigung von privaten/öffentlichen Gebäuden und Objekten
- Beschädigung und Ausfall von Verkehrswegen und -leitsystemen durch Überflutung oder Unterspülung
- Ausfall von Versorgungsanlagen und -netzen (Energie, Wasser, Wärme, Telekommunikation)
- Beschädigung und Ausfall von Industrie- und Gewerbeanlagen durch Überflutungsschäden
- Verlust und Beschädigung von Anlagen oder Wirtschaftsgütern durch Überflutung oder Hagel
- Erhöhter Ressourcenbedarf für die Kanal- und Gewässerunterhaltung sowie für die Stadtreinigung
- Erhöhter Abfluss in Gewässern
- Freisetzung und Verteilung von gefährlichen Stoffen durch Überflutung und Aufschwemmungen
- Schädigung und Verlust von Bodenfunktionen durch Erosion und Schadstoffeinträge
- Personenschäden durch eindringendes Wasser in Gebäude oder Einstau an Tiefpunkten
- Unfallgefahr durch Aquaplaning und aufschwimmende Schachtdeckel
- erhöhter Ressourcenbedarf und Belastung der Rettungsdienste und der Feuerwehr
- Beeinträchtigung des physikalisch-chemischen Gewässerzustands durch hydraulische, biologische oder stoffliche Belastung
- Schäden an Vegetation/Erntepflanzen durch erhöhte Staunässe
- Zunahme der Pumpleistung und des energetischen Aufwandes der Schöpfwerke

Niederschlagsverschiebung und Trockenheit

WELCHE VERÄNDERUNGEN SIND DURCH DEN KLIMAWANDEL ZU ERWARTEN?

Die mittleren jährlichen Niederschlagssummen in Bremen und Bremerhaven haben in den letzten Jahrzehnten, wie auch in vielen Regionen Deutschlands, zugenommen (siehe Abb. 31). Insbesondere in den Winter- und Herbstmonaten ist die Niederschlagsmenge angestiegen. Die Zukunftsprojektionen weisen eine weitere leichte Zunahme in den jährlichen Niederschlagssummen auf. Jahreszeitlich wird angenommen, dass die Herbst- und Winterniederschläge weiter zunehmen und die Sommerniederschläge abnehmen (siehe Abb. 32 und 33). Die Niederschlagsverschiebungen und zunehmende Trockenperioden werden in Bremen und Bremerhaven einen spürbaren Einfluss auf den örtlichen Wasserhaushalt haben. Die feuchteren Wintermonate werden, bei gleichzeitig steigenden Temperaturen, zu einem erhöhten Abflussaufkommen der Gewässer führen. In den Sommermonaten dagegen ist aufgrund höherer Verdunstungsraten und einer vermuteten Veränderung des Niederschlagsverhaltens (weniger Niederschlagsereignisse mit dafür höherer Intensität) mit einem verringerten natürlichen Wasserdargebot zu rechnen. Häufigere und längere Trockenperioden werden erwartet.

Trockenheit

Allgemein betrachtet ist Trockenheit eine „verlängerte Absenz von oder ein markanter Mangel an Niederschlägen“ bzw. ein „genügend langer Zeitabschnitt von außerordentlich trockenem Wetter, sodass der Niederschlagsmangel ein ernsthaftes hydrologisches Ungleichgewicht verursacht“.^[12]

Von einem „Trockentag“ wird gesprochen, wenn der tägliche Niederschlag weniger als 1 mm beträgt.^[13] Es existieren allerdings keine einheitlichen Festlegungen, ab wie vielen Tagen ohne (oder mit nur sehr geringen) Niederschlägen von einer „Trockenperiode“ die Rede ist. Sie hängt vom Wasserbedarf der einzelnen Bereiche ab und kann demzufolge in der warmen Jahreszeit schon nach einigen trockenen Tagen beginnen. Im Winter sorgt die wegen der niedrigen Luft- und Bodentemperaturen gegenüber dem Sommer stark verminderte Verdunstung dafür, dass trotz minimaler Niederschläge eines Monats eine echte Trockenperiode nur schwer erreicht werden kann. Der Grundwasserstand und die Wasserstände der Flüsse sind dabei ebenfalls zu beachten. Liegen die Ausgangswerte vor einer Periode mit keinen oder nur geringen Niederschlägen recht hoch, dauert es entsprechend länger, bis es zu einer Trockenperiode kommt.

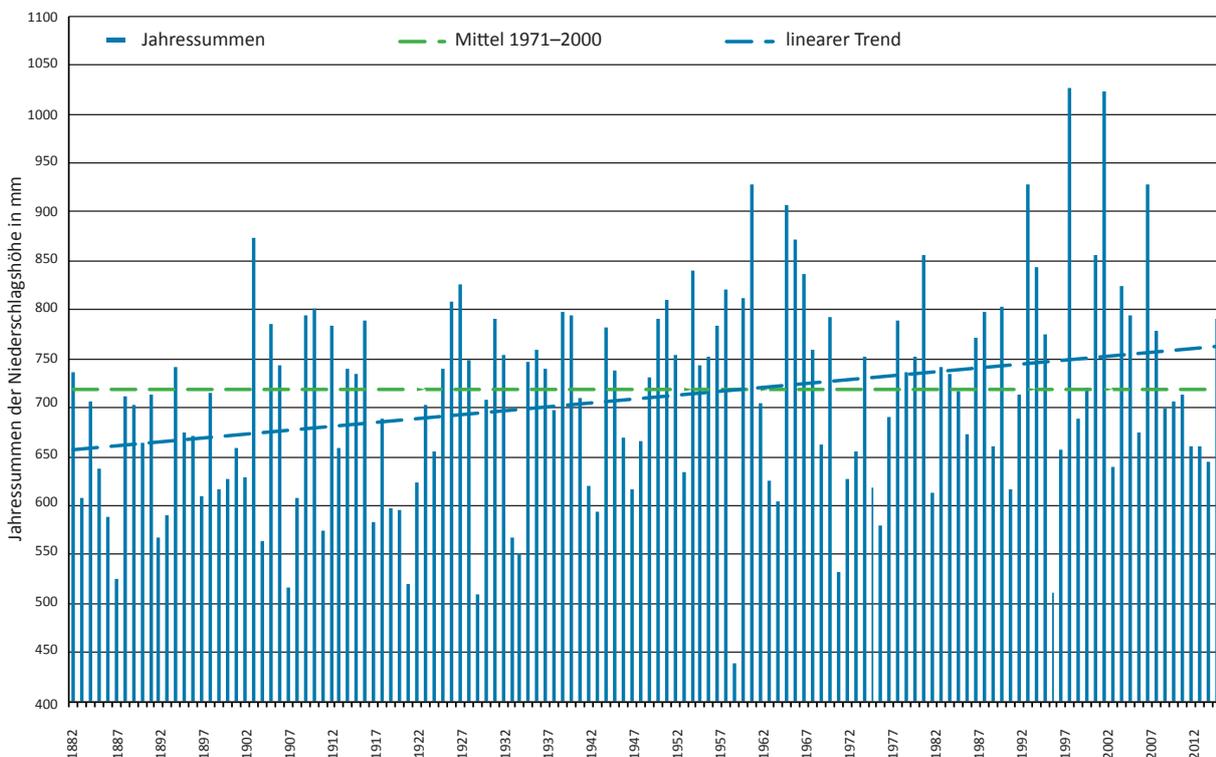


ABB. 31 Mittlere Jahressummen der Niederschlagshöhe (Flächenmittel Land Bremen)

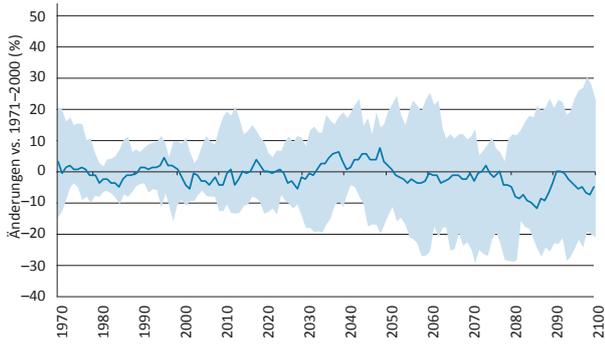


ABB. 32 Bremen: Veränderung der mittleren Niederschlagssumme im Sommer*

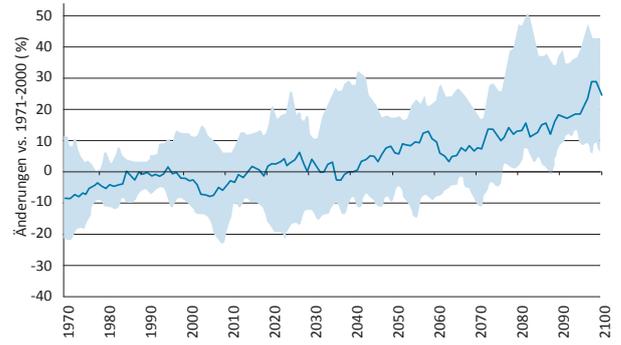


ABB. 33 Bremen: Veränderung der mittleren Niederschlagssumme im Winter*

*Auswertungen von acht Modellketten auf Basis des „Weiter-wie-bisher-Szenarios“ RCP8.5 (CNRM-CM5_RCA4, EC-EARTH_HIRHAM5, EC-EARTH_RACMO22E, EC-EARTH_RCA4, HadGEM2-ES_RCA4, IPSL_RCA4, MPI-ESM_CCLM, MPI-ESM_RCA4)



ABB. 34



ABB. 35



ABB. 36

Niederschlagsverschiebung und Trockenheit

WO LIEGEN DIE RÄUMLICHEN SCHWERPUNKTE DER VERÄNDERUNGEN?

Bremerhaven sieht sich unter diesen veränderten Bedingungen hinsichtlich der Entwässerung der Küstenniederungsgebiete vor eine besondere Herausforderung gestellt. Die zu entwässernde Wassermenge kann saisonal und aber auch in noch viel kürzeren Zeitabschnitten durch Starkniederschläge erheblich anschwellen. Das trifft in Bremerhaven vor allem für die Geeste, aber auch für das Flusssystem der Weser zu. Häufigere und längere Trockenphasen können in den Sommermonaten hingegen zu einer temporären Verringerung der Abflüsse führen.

Auswirkungen durch den Klimawandel sind auch für den Grundwasserstand zu erwarten. Erste Berechnungen mit Prognosedaten zur Grundwasserneubildung bis zum Jahr 2100 wurden durch den Geologischen Dienst für Bremen (GDfB) errechnet. Die ersten Modellergebnisse sagen für den Durchschnitt des modellierten Stadtgebietes Bremens (ohne den Bereich Bremen-Nord) nur kleine Veränderungen der Grundwasserstände im weiteren Verlauf des 21. Jahrhunderts vorher. Hier wurde der mögliche Einfluss des steigenden Meeresspiegels allerdings noch nicht einbezogen. In Bremen-Nord führen die geringeren Grundwasserneubildungsraten besonders auf der höher liegenden Geest voraussichtlich zu einem Absinken der Grundwasserstände. Allerdings wird hier eine Kompensation durch den Anstieg des Wasserstandes der Weser erwartet. Der Einfluss des Flusswassers auf den Grundwasserstand wird dort zunehmen.

Für die Stadtgemeinde Bremerhaven wurde der Anstieg des Meeresspiegels in den Grundwasser-Modellrechnungen bereits berücksichtigt. Hier zeigt sich, dass zukünftig mit einem weiter ins Land hineinreichenden Einfluss des Seewassers auf das Grundwasser zu rechnen ist (siehe Abb. 38).

Für weitergehende Aussagen zu den zukünftigen Grundwasserständen und deren Folgen sind weitere Analysen notwendig. Dies bezieht sich insbesondere auf mögliche Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs auf den Grundwasserstand im Bremer Stadtgebiet und die Ermittlung der Minima und Maxima im jahreszeitlichen Verlauf des Grundwasserstandes sowohl für Bremen als auch für Bremerhaven.

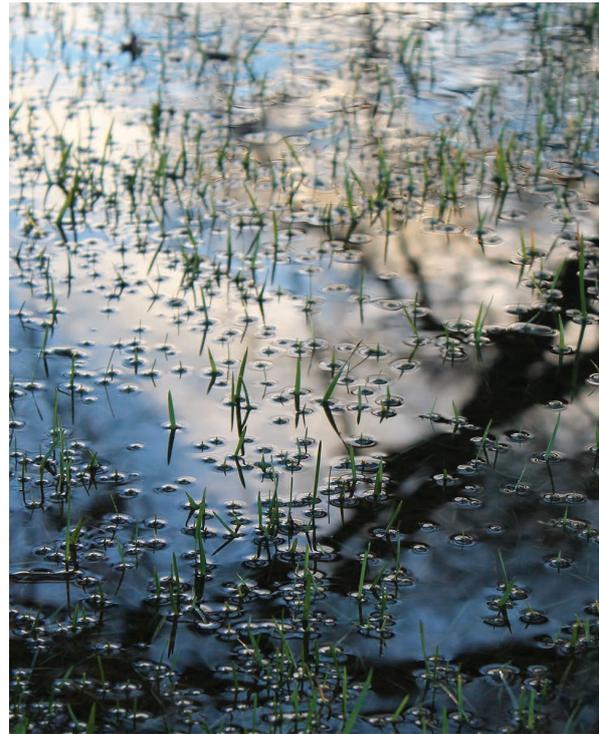


ABB. 37

WELCHE FOLGEN KÖNNEN DIE KLIMATISCHEN VERÄNDERUNGEN HABEN?

Stärkere Schwankungen des Grundwasserspiegels können vor allem negative Folgen für Baugrund und Bauwerke in Form von Setzungen oder Durchfeuchtungen haben. Der veränderte Bodenwasserhaushalt stellt insbesondere den Bodenschutz und die Wasserwirtschaft vor neue Herausforderungen (vor allem in den Moor- und Marschgebieten). Nicht zuletzt führt die klimawandelbedingte Erhöhung der Tideniedrigwasserstände zu einer Verminderung des Gefälles zwischen den Wasserständen der Nordsee bzw. der Unterweser und denen der Siele, was zur Folge hat, dass weniger durch freien Sielzug entwässert werden kann und stattdessen mehr Wasser gepumpt werden muss.

Die mögliche Zunahme der Trockenperioden und deren Einfluss auf die Bewässerung betrifft auch die Landwirtschaft sowie die städtischen Grünflächen. Länger anhaltende Trockenperioden stellen, zusammen mit den allgemein zunehmenden Temperaturen, die Hauptursachen für eine langfristige Verschlechterung der Lebensbedingungen für heimisches Stadtgrün dar, sodass in Zukunft verstärkt Baum- und Pflanzenarten mit einer stärkeren Toleranz für Hitze und Trockenheit ausgewählt werden müssen.

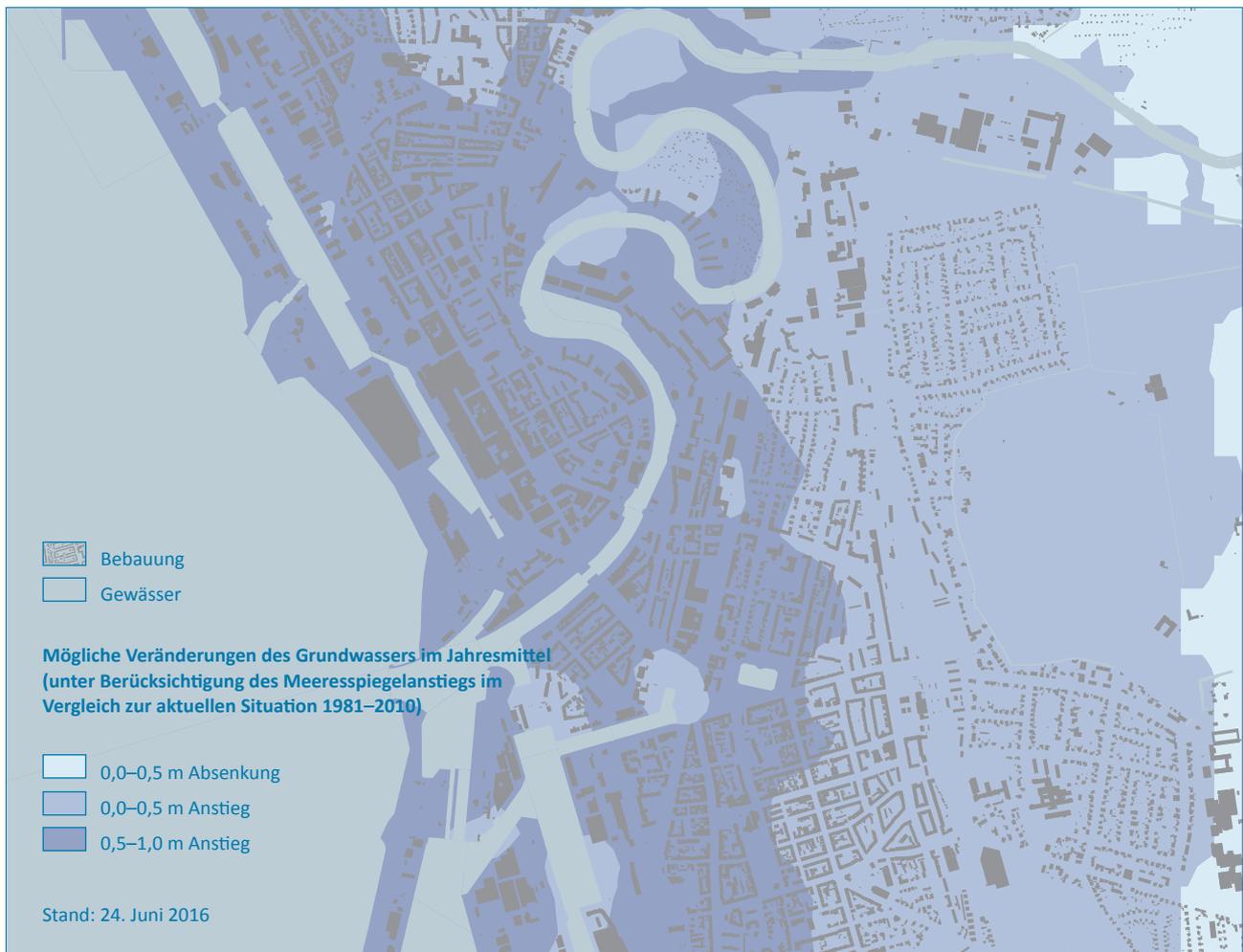


ABB. 38 Potenzielle Absenkung und potenzieller Anstieg des Grundwassers in Bremerhaven für das Szenario 2071–2100 (Kartenausschnitt)

MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN DER NIEDERSCHLAGSVERSCHIEBUNG

- Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen durch Veränderung der Böden und Grundwasserspiegel im Zusammenhang mit dem Meeresspiegelanstieg
- Ablagerung und Korrosion im Kanalnetz sowie Geruchsbelästigung aus Kanälen durch Trockenheit
- Sinkende Trinkwasserqualität durch lange anhaltende Trockenheit und niedrige Pegelstände
- Schäden und Verlust an/von Grünflächen und Bäumen durch Trockenstress und Vernässung
- Brand- und Astwurfrisiko aufgrund von Trockenheit
- Schädlingsbefall und Pilzerkrankungen an Bäumen durch erhöhte Feuchtigkeit
- Ausbreitung invasiver wärmeliebender Tier- und Pflanzenarten
- Erhöhter Bewässerungs-, Kontroll- und Pflegebedarf für Grünflächen und Stadtbäume
- Eutrophierung der Gewässer durch Erosion trockener Böden (insb. im Umland)
- Ansiedlung neuer und Ausbreitung heimischer Krankheitserreger und -überträger
- Leistungsreduktion von Kraftwerken aufgrund eingeschränkter Kühlwasserentnahme bei Trockenheit
- Einschränkung der Binnenschifffahrt durch Hoch- und Niedrigwasser (auch in Niedersachsen)
- Beeinträchtigung der industriellen/landwirtschaftlichen Produktion aufgrund von Wasserknappheit
- Veränderung der Filter-, Puffer-, Habitat- und Produktionsfunktion der Böden durch schwankenden Wassergehalt
- Hydrochemische Veränderung (Versalzung) des Grundwassers in Verbindung mit dem Meeresspiegelanstieg

Stürme und Sturmfluten

WELCHE VERÄNDERUNGEN SIND DURCH DEN KLIMAWANDEL ZU ERWARTEN?

Bremen und Bremerhaven waren in der Vergangenheit bereits mehrmals starken Sturmereignissen ausgesetzt. Für Bremen entsteht eine besondere Gefährdungslage, wenn auf der Weser nach starken Regenfällen Binnengewässer-Flutwellen und drückende Sturmfluten zusammenfallen.

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. Die aktuellen Klimaprojektionen lassen derzeit noch keine eindeutige Aussage zur zukünftigen Entwicklung der Häufigkeit und Intensität von Sturmereignissen zu.

Ein weiterer Anstieg des Meeresspiegels gilt jedoch in der Zukunft als relativ sicher (siehe Abb. 42). Auf lange Sicht werden die Wasserstände in erster Linie durch das

STÜRME UND STURMFLUTEN

Stürme

In der Meteorologie umfasst der Begriff Sturm Luftströmungen, die eine Stärke von 8 auf der Beaufort-Skala (ca. 17-21 m/s) übersteigen.^[14] Diese können sowohl durch Tiefdruckgebiete mit hohen Windgeschwindigkeiten und z. T. intensiven Niederschlägen als auch durch Starkwinde bei Gewittern herbeigeführt werden. In der Versicherungswirtschaft werden Stürme ähnlich definiert als „wetterbedingte Luftbewegung, deren Geschwindigkeit am Versicherungsort mindestens 60 km/h beträgt“.^[15]

Sturmfluten

Bei Sturmfluten handelt es sich um durch Sturm mit auflandigen Winden erhöhte Tidenströme. Sie treten verstärkt im Frühjahr und Herbst in Küstenregionen auf und werden verursacht durch einen Wasserspiegelanstieg als Folge von Windstau und hohen Wellen.^[16]

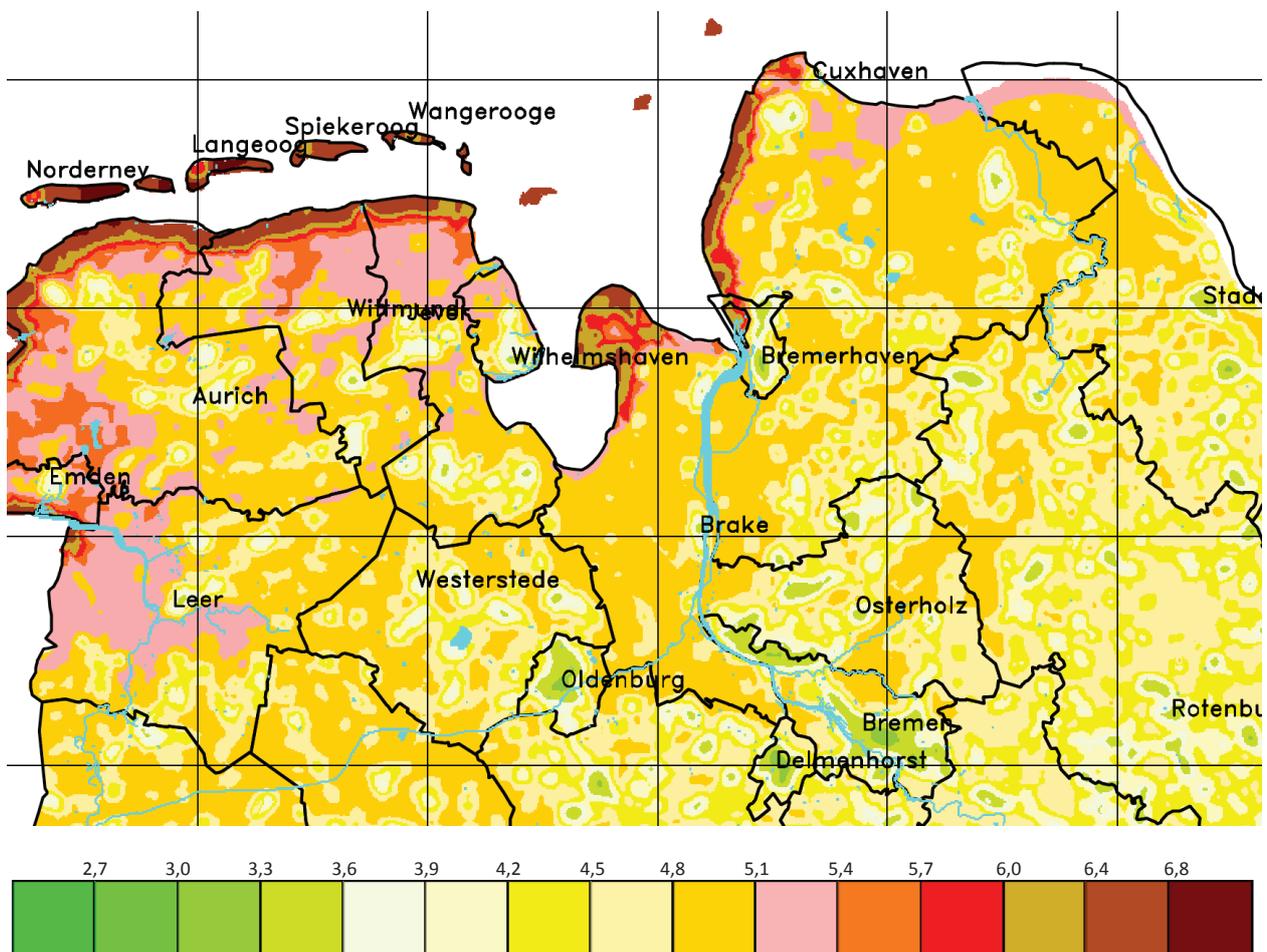


ABB. 39 Jahresmittel der Windgeschwindigkeit (m/s) in 10 m Höhe über Grund, Raum Bremen und Bremerhaven, Bezugszeitraum 1981/2000

Schmelzen der Inlandgletscher, der großen Eisschilde Grönlands und der Antarktis sowie der thermischen Ausdehnung der Ozeane bestimmt. Gegen Ende des 21. Jahrhunderts und darüber hinaus wird sich der Anstieg des Meeresspiegels wahrscheinlich signifikant beschleunigen. Bei einem starken Klimawandel wird von einem Meeresspiegelanstieg ausgegangen, der bis Ende des Jahrhunderts bei 30 cm bis deutlich über einem Meter liegen kann.

Das Zusammenwirken von höherem Meeresspiegel und Sturmereignissen resultiert in höheren Sturmflutwasserständen. Geht man entsprechend den Analysen des Norddeutschen Klimabüros in der Deutschen Bucht von einem projizierten Meeresspiegelanstieg bis zum Ende des Jahrhunderts von bis zu ca. 80 cm aus, können unter Berücksichtigung eines veränderten Windklimas Nordseesturmfluten bis zum Ende des Jahrhunderts dann insgesamt etwa 30 bis 110 cm höher auflaufen als heute. Mittelfristig wird der aktuelle Küstenschutz (bereits geplante Maßnahmen inbegriffen) seine Wirksamkeit behalten. Langfristig wird durch die erhöhten Sturmflutwasserstände voraussichtlich weiterer Handlungsbedarf entstehen.^[17]



ABB. 40



ABB. 41

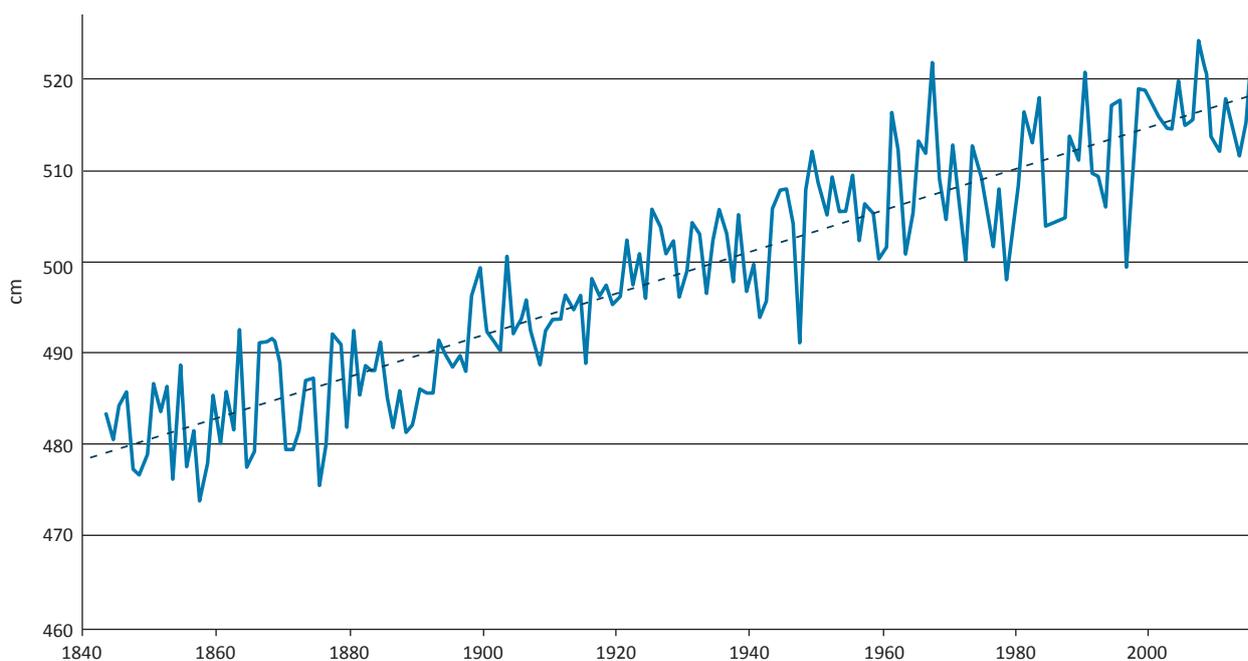


ABB. 42 Mittlerer Meeresspiegel am Pegel Cuxhaven 1843–2015

Stürme und Sturmfluten

WO LIEGEN DIE RÄUMLICHEN SCHWERPUNKTE DER VERÄNDERUNGEN?

Die Karten zur Gefährdung durch Sturmfluten verdeutlichen die Exponiertheit beider Städte gegenüber möglichen Überschwemmungen durch Sturmfluten und/oder Flusshochwasser (siehe Abb. 45). Rund 86 % des Landes Bremen sind potenziell durch Hochwasser gefährdet. Innerhalb dieser Gebiete leben rund 515.000 Menschen. Mit den bestehenden, öffentlich zugänglichen Hochwassergefahrenkarten stehen aktuelle und detaillierte kartografische Instrumente zur Verfügung, mit denen raumplanerische Analysen durch Überlagerung mit verschiedenen Themen ermöglicht werden.

Küstennahe Großstädte wie Bremen und Bremerhaven sind bei Stürmen per se nicht nur durch wasserbedingte Schäden betroffen, sondern auch direkt durch die hohen Windgeschwindigkeiten. Treffen Winde auf Städte, so können sie durch die Anordnung von Bauten in einzelnen Teilräumen kanalisiert und dadurch zusätzlich verstärkt werden. Die analytische Beschreibung und Abschätzung räumlich differenzierter Betroffenheiten lässt sich methodisch bereits heute durchführen. Im Rahmen der Umsetzung der Anpassungsstrategie kann eine weiterführende modellgestützte Betroffenheitsanalyse räumliche Hinweise auf Sturmschadensrisiken geben, die sich aus veränderten Häufigkeiten, Intensitäten und Zugbahnen von Sturmtiefs und/oder Gewitterzellen ergeben.



ABB. 43



ABB. 44

WELCHE FOLGEN KÖNNEN DIE KLIMATISCHEN VERÄNDERUNGEN HABEN?

Insbesondere Personen, wichtige Verkehrsadern, Versorgungssysteme sowie privater und öffentlicher Besitz können durch hohe Windlasten in sicher gewählten Räumen schlagartig hoch gefährdet sein. Extreme Sturmereignisse betreffen dabei insbesondere den städtischen Baumbestand. So zählen neben Schäden an Gebäuden und der Infrastruktur besonders Gefahren durch umstürzende Bäume zu den Auswirkungen extrem hoher Windgeschwindigkeiten.

Unter der Annahme der Deichsicherheit wird die wachsende Zahl von Sturmwasserständen (in Verbindung mit dem zu erwartenden Meeresspiegelanstieg) auch in Zukunft insbesondere den Küstenschutz und den Hafen herausfordern, die Schutzbauwerke stetig an den Klimawandel anzupassen. Bremerhaven ist Sturmfluten direkter ausgesetzt als die Gebiete weiter im Landesinnern. Bei Sturmfluten bedroht das Nordseewasser das direkt an der Küste liegende Stadtgebiet Bremerhavens. Das Zusammenwirken von Tide, Weserpegel und etwaigen Starkregenereignissen ist dabei entscheidend für das Ausmaß der Gefährdung. Das Aufstauen einer Hochwasserwelle wird durch Eindeichungen und Vertiefungen der Weser noch begünstigt. Die Weser ist bis Bremen tidebeeinflusst. So erreicht eine Hochwasserwelle bei Stürmen auch unmittelbar das Stadtgebiet Bremens.

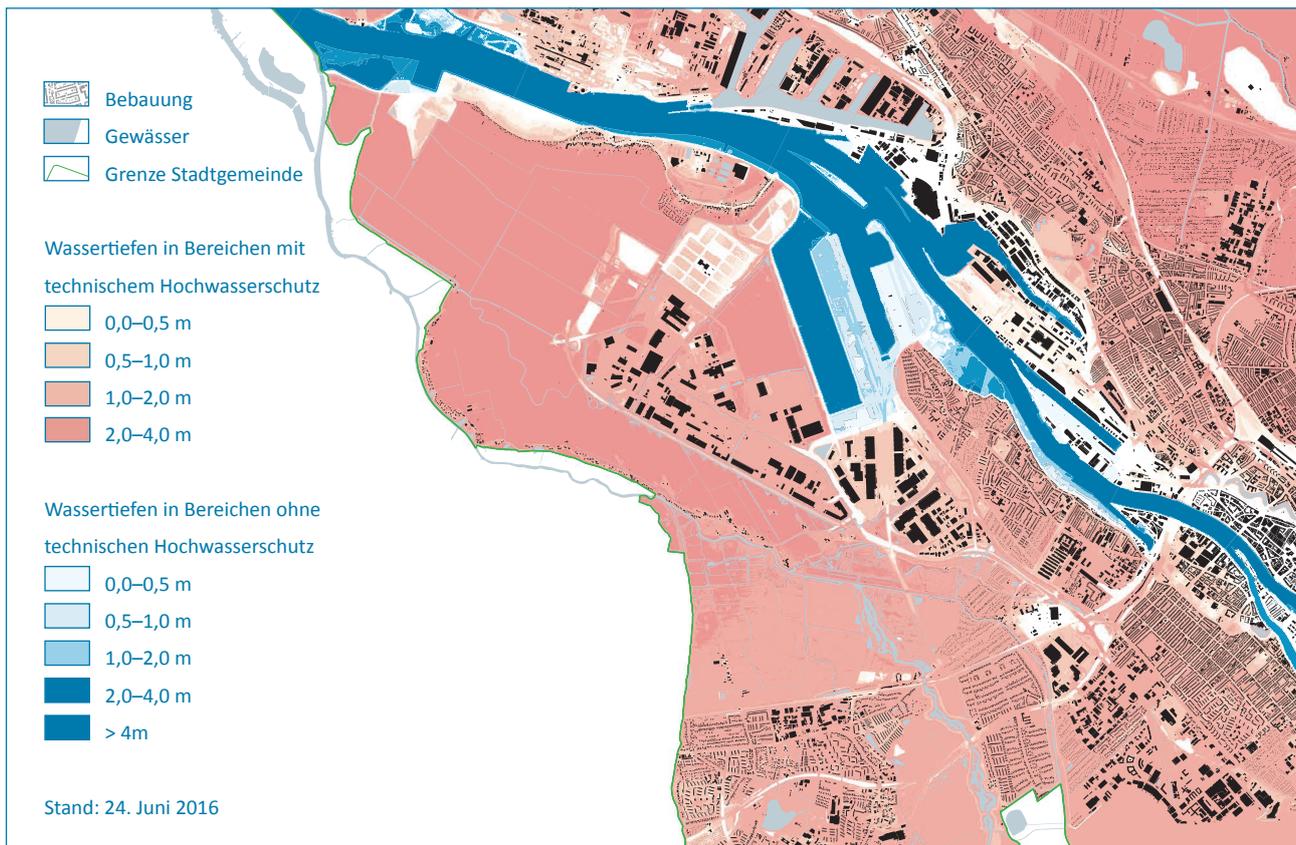


ABB. 45 Hochwasserrisiko in der Stadtgemeinde Bremen (Kartenausschnitt)

MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN DER STÜRME UND STURMFLUTEN

- Wachsendes Gefahrenpotential durch erhöhte Sturmflutwasserstände
- Langfristiger Anpassungsbedarf des Küstenschutzes durch den Meeresspiegelanstieg
- Steigender Aufwand für die Binnenentwässerung durch den Anstieg des mittleren Tideniedrigwassers
- Steigender Unterhaltungsaufwand für Schutzbauwerke, Risikokommunikation, Alarmdienste etc.
- Freisetzung und Verteilung von gefährlichen Stoffen durch Überflutung und Aufschwimmen vor der Hauptdeichlinie
- Beschädigung von land- und forstwirtschaftlichen Flächen und Infrastrukturen durch Rückstau bei Tidehochwasser
- Anlauf- und Transportengpässe bei Sturmwasserständen auf See
- Veränderung von Naturschutz-, Forst- und Landwirtschaftsflächen durch notwendige Hochwasserschutzmaßnahmen
- Unfall- und Verletzungsrisiko bei Sturm, z. B. durch Windwurf
- Beschädigung und Verlust von Stadtbäumen und Waldflächen durch Sturmlasten
- Sturmschäden an Verkehrswegen und -systemen
- Landseitige Verkehrsbehinderungen und -unterbrechungen durch Sturm
- Sturmschäden an Gebäuden, Objekten (Sachwerten) oder an Betriebs- und Transportmitteln
- Sturmbedingte Beschädigung und/oder Ausfall von Versorgungsanlagen
- Beeinträchtigung von Böden und Gewässern durch Erosion oder Schadstoffeinträge
- Steigender Aufwand für Aufrechterhaltung und Wiederherstellung der Verkehrssicherheit von Bäumen
- Wirtschaftliche (Folge-)Schäden durch betriebliche Verzögerungen, Ausfälle und Zerstörungen
- Beschädigung /Nutzungseinschränkungen von Grün- und Freizeitflächen durch Sturmlasten

Ziele und Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels



ABB. 46

ZIELE DER ANPASSUNG

Ziel der Anpassungsstrategie ist es, die Robustheit und die Klimatoleranz des Landes und der beiden Städte Bremen und Bremerhaven langfristig zu erhöhen, damit die Anfälligkeit gegenüber den Auswirkungen der erwarteten Klimaveränderungen gemindert wird.

Das übergeordnete Ziel untergliedert sich in insgesamt 19 Teilziele zur Anpassung an die erwarteten Klimafolgen. Diese sind in einem Zielkatalog (vgl. Tabelle 02) zusammengefasst und den Wirkungsfeldern „Mensch“, „Umwelt“ sowie „Gebäude und Infrastrukturen“ zugeordnet. Ergänzt werden sie durch „übergreifende Ziele“, die – über die Wirkungsfelder hinaus – notwendige Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Umsetzung der Klimaanpassung in Bremen und Bremerhaven formulieren.

MASSNAHMEN ZUR ANPASSUNG

Im Rahmen der Strategieerstellung wurde eine Vielzahl von denkbaren Maßnahmen zur Klimaanpassung zusammengetragen. Dabei stellte sich zunächst die Frage, wo noch Bedarf an weiterführenden Untersuchungen zum Klimawandel bzw. zu dessen Wirkungen besteht und wo es noch einer weiteren Sensibilisierung von Akteuren und Institutionen für die Klimaanpassung bedarf. Darüber hinaus galt es herauszustellen, welche baulich-räumlichen bzw. ökologischen Maßnahmen für die Klimaanpassung zielführend und welche organisatorischen oder prozessualen Veränderungen innerhalb der Verwaltungen der beiden Stadtgemeinden notwendig sind.

Aus der Vielzahl der gesammelten Maßnahmenoptionen (siehe Anhang zur Langfassung der Klimaanpassungsstrategie) wurden sogenannte Schlüsselmaßnahmen ausgewählt, die für die Umsetzung der Anpassungsstrategie als besonders zielführend angesehen werden und die aus Gründen der Dringlichkeit oder wegen des Leuchtturmeffekts möglichst kurzfristig realisiert werden sollten. Dazu zählen auch solche Maßnahmen, die bereits laufen und nun fortgeführt werden sollen.

Unter Berücksichtigung der lokalspezifischen Betroffenheiten und Zielsetzungen wurden insgesamt zehn Schlüsselmaßnahmen für die Stadtgemeinde Bremen, neun für die Stadtgemeinde Bremerhaven und ebenfalls neun Schlüsselmaßnahmen auf Ebene des Landes Bremen definiert. Diese Maßnahmen werden auf den folgenden Seiten kurz erläutert.

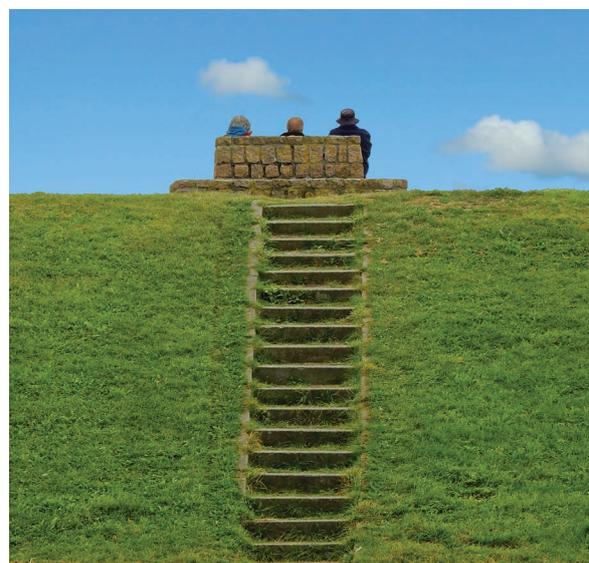


ABB. 47



ZIELE FÜR DAS WIRKUNGSFELD MENSCH

1. Unterstützung der Bevölkerung bei der Bewältigung extremer humanbioklimatischer Belastungen
2. Vermeidung von Personenschäden bei Sturm- und Starkregenereignissen



ZIELE FÜR DAS WIRKUNGSFELD UMWELT

1. Erhöhung der Resistenz sowie Schutz von Bäumen und anderen Anpflanzungen gegenüber Hitze- und Trockenstress sowie Sturmlasten
2. Eindämmung der Einschleppung und Verbreitung invasiver wärmeliebender Tier- und Pflanzenarten
3. Sicherung ausreichend großer Flächen und Korridore zur natürlichen Anpassung der Verbreitung von Arten
4. Schutz der Gewässergüte und des Gewässerzustandes zur Vermeidung und zum Ausgleich ökologischer Belastungen durch Trockenheit und Hitze
5. Stärkung der Bodenfunktionen und der Bodendiversität gegenüber Erwärmung und schwankenden Wassergehalten
6. Vermeidung von Schadstoffeinträgen bei Starkregenereignissen in Böden und Gewässer
7. Schutz des küstennahen Grundwassers vor Versalzung (*nur Bremerhaven*)



ZIELE FÜR DAS WIRKUNGSFELD GEBÄUDE UND INFRASTRUKTUREN

1. Erhalt oder Verbesserung der Anlagenkühlung und des Klimakomforts in Gebäuden unter Vermeidung unnötiger Energieverbräuche
2. Vermeidung bzw. Reduzierung der Aufheizung exponierter Verkehrs- und Freiflächen
3. Verbesserung des Objektschutzes zur Reduktion extremwetterbedingter Schäden an Gebäuden, Anlagen und Gütern
4. Sicherung und Entlastung von Ableitungssystemen und Schutz von Gewässern bei außergewöhnlichen Starkregen
5. Sicherstellung der Funktionsfähigkeit technischer Infrastrukturen (Energie, Wasser, Telekommunikation) bei extremen Unwettern
6. Schutz von Verkehrsinfrastrukturen vor wetterbedingten Schäden und Sicherung des fluss- und landseitigen Verkehrsablaufes während und nach Extremwetterereignissen
7. Gewährleistung langfristiger Anpassungskapazitäten im Küstenschutz (inkl. Binnenentwässerung) vor dem Hintergrund der Meeresspiegelerhöhung



ÜBERGREIFENDE ZIELE

1. Stärkung der fachressortübergreifenden Zusammenarbeit und Weiterführung bereits etablierter Strukturen, Prozesse und Maßnahmen zur Klimaanpassung
2. Information und Sensibilisierung von Politik, Verwaltung und Öffentlichkeit für das Thema Klimaanpassung und den daraus resultierenden Handlungsbedarf
3. Ausbau der nationalen und internationalen Vernetzung zum fachlichen Austausch und zur Unterstützung in Fragen der Klimafolgenanpassung

Schlüsselmaßnahmen

ANALYTISCHE MASSNAHMEN



ABB. 48

Stadtgebietsweite Bewertung von Überflutungsgefährdungen **

Für das Stadtgebiet Bremerhaven soll eine topografische Überflutungsanalyse durchgeführt werden. Hierbei werden Überflutungsgefahren bei Starkregen und Schwerpunkte der Überflutungsgefährdung identifiziert. Die Analysen bilden die Grundlage für weitere Maßnahmen zum Risikomanagement, zur wassersensiblen Stadtentwicklung und zur Information der Öffentlichkeit. Mittel- bis langfristig wird für Bremerhaven die Möglichkeit des Aufbaus eines Informationssystems geprüft.



ABB. 49

Evaluierung der Anwendung der Stadtklimaanalyse in Planungsverfahren *

Die Stadt Bremen verfügt über eine Stadtklimaanalyse und einen Beiplan Klimaangepassung zum Flächennutzungsplan. Es soll geprüft werden, inwieweit diese vorliegenden Informationen im Rahmen von räumlich und klimatisch relevanten Planungs- und Genehmigungsverfahren betrachtet und berücksichtigt werden. Darüber hinaus wird evaluiert, ob diese Planungsinstrumente geeignet sind und welche vertiefenden Studien ggf. benötigt werden, um Anpassungsbelange im Rahmen der vorbereitenden und verbindlichen Bauleitplanung effektiv zu berücksichtigen.



ABB. 50

Bedarfsprüfung für eine Stadtklimaanalyse ***

Im Rahmen der Aufstellung des Landschaftsprogramms in Bremerhaven wird geprüft, inwieweit ein Bedarf besteht, für die Stadtgemeinde Bremerhaven eine Stadtklimaanalyse durchzuführen. Hierzu werden zunächst die Ergebnisse der Temperaturmessfahrten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) ausgewertet. Darauf aufbauend wird entschieden, ob ein Bedarf an weiterführenden Modellierungen besteht, oder ob eine kartografische Analyse und Darstellung der Stadtklimatope bzw. des Versiegelungsgrades für die Stadtgemeinde Bremerhaven ausreichend ist. (Anmerkung: Eine Bewertung hat zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Strategie-Kurzfassung bereits stattgefunden. Eine Stadtklimaanalyse ist bereits in Planung.)



ABB. 51

Monitoring des Grundwassers ***

Aufbauend auf den bisherigen Untersuchungen des Geologischen Dienstes für Bremen (GDfB) werden die durch den Klimawandel bedingten Veränderungen des Grundwassers im Rahmen des optimierten Monitorings weitergehend modelliert und analysiert. Außerdem sollen durch weitere Messpunkte und kürzere Messungszyklen sowie durch die Optimierung der kurzfristigen Datenverfügbarkeit flächendeckend die gefährdeten Gebiete für Setzungen oder Vernässungen identifiziert werden. In Bremerhaven wird das Monitoring im Hinblick auf eine möglicherweise zunehmende Versalzung des Grundwassers infolge eines beschleunigten Anstiegs des Meeresspiegels intensiviert.



ABB. 52

Modellierung klimawandelbedingter Grundwasseränderungen ***

Mit Modellrechnungen sollen die möglichen Veränderungen des Grundwasserstands im Land Bremen für die kommenden Jahrzehnte ermittelt werden. Während für den aktuellen Grundwasserstand entsprechende Karten zur Verfügung stehen, gibt es für die zukünftigen Veränderungen noch erhebliche Unsicherheiten. Die künftigen Entwicklungen sollen bestmöglich abgeschätzt werden. Die Ergebnisse der Modellrechnungen werden Planungs- und Ingenieurbüros, Betrieben und Privatpersonen durch den Gewässerkundlichen Landesdienst des Senators für Umwelt, Bau und Verkehr zur Verfügung gestellt.

KONZEPTIONELLE/PLANERISCHE MASSNAHMEN



ABB. 53

Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge bei Kanalerneuerungsprojekten *

In Bremen werden bei notwendig werdenden Kanalerneuerungsmaßnahmen gleichzeitig Maßnahmen der Überflutungsvorsorge an der Oberfläche umgesetzt. Sofern ein Überflutungsrisiko besteht werden Straßen und Freiflächen nach erfolgter Kanalerneuerung so gestaltet, dass sie einem verbesserten Überflutungsschutz Rechnung tragen. Diese kosteneffiziente Strategie führt zu einer verbesserten Starkregenvorsorge in Bereichen, in denen ohnehin bauliche Maßnahmen erfolgen.

Schlüsselmaßnahmen



ABB. 54

Klimaangepasste Gestaltung und Unterhaltung von Gewässern */**

Um die negativen Folgen der klimatischen Veränderungen der Luft- und Wassertemperatur und der Niederschlagsverteilung auf die Gewässer gering zu halten, sollen die Stillgewässer und die Fließgewässer weiterhin geschützt und strukturell beeinträchtigte Gewässer in Bremen und Bremerhaven möglichst naturnah weiterentwickelt werden. Zusätzlich werden Analysen zu kostengünstigen und gleichzeitig schonenden Methoden zur regelmäßigen Entschlammung von angestauten Gewässern und Stillgewässern durchgeführt.



ABB. 55

Intensivierung des naturnahen Umgangs mit Regenwasser *

Die wasserdurchlässige Gestaltung von Oberflächen und der Rückhalt von Regenwasser werden sowohl auf öffentlichen als auch auf privaten Grundstücken in Bremen intensiviert. Regenwasser soll künftig verstärkt nicht ausschließlich in die Kanalisation und in die Oberflächengewässer abgeleitet werden, sondern es soll ein maßgeblicher Anteil versickern und verdunsten. Die Potentiale von Entsiegelungen, Versickerungen, wasserdurchlässigen Gestaltungen und die Möglichkeiten der Verdunstung von Regenwasser sollen ermittelt werden. Daneben werden mögliche Hinweise oder Festsetzungen zum naturnahen Umgang mit Regenwasser in Bauleitplänen geprüft und die vorhandenen Informations- und Beratungsangebote zur naturnahen Regenwasserbewirtschaftung intensiviert.



ABB. 56

Konzept für eine wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung **

Die naturnahe bzw. ökologische Regenwasserbewirtschaftung soll in Bremerhaven intensiviert werden. Hierzu wird eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe „wassersensible Stadtgestaltung“ gegründet, die ein Konzept entwickelt, das die ungenutzten Rückhaltepotenziale identifiziert, eine verbesserte Steuerung und Ausnutzung freier Kapazitäten im Kanalnetz anvisiert und Lösungen zur naturnahen Umgestaltung von Gewässern und zur Reaktivierung von Gräben zur Wasserretention aufzeigt. In Zusammenarbeit mit der Stadtentwässerung und der Stadt- und Landschaftsplanung werden auch die Möglichkeiten der Nutzung von Verkehrs- und Freiflächen als temporäre Rückhalteräume sowie mögliche Hinweise oder Festsetzungen zum naturnahen Umgang mit Regenwasser in Bauleitplänen geprüft.



ABB. 57

Strategie zur Dach- und Freiflächenbegrünung insbesondere bei der Innenentwicklung *

Mit besonderem Fokus auf die Innenentwicklung soll für die bereits dicht bebauten, stadtklimatisch belasteten und/oder überflutungsgefährdeten bzw. im Flächennutzungsplan mit einer Grünschräffur gekennzeichneten Stadtbeiriche eine Begrünungsstrategie für Bremen erarbeitet werden. Diese wird die unterschiedlichen Instrumente und Ansätze zur Stärkung der Durchgrünung von Bestandsgebieten analysieren und gesamtstrategisch zusammenführen. Im Rahmen der Strategieentwicklung sollen auch die Möglichkeiten und Grenzen von Hinweisen oder ggf. Festsetzungen in Bauleitplänen und vertraglichen Vereinbarungen zur Dach- und Freiflächenbegrünung geprüft werden. Die Strategieansätze sollen über Pilotprojekte (z. B. Bahnhofsvorstadt) umgesetzt und evaluiert werden. Zudem sollen die vorhandenen Informations- und Beratungsangebote zur Dachbegrünung in diesem Zusammenhang fortgeführt und ggf. angepasst bzw. intensiviert werden.



ABB. 58

Handlungskonzept Stadtbäume */**

Zur Steigerung der Verschattung, der CO₂-Bindung und der Verdunstungskühlung werden für Bremen und für Bremerhaven jeweils fachressortübergreifende Konzepte für Stadtbäume erarbeitet. Häufig bestehen Nutzungskonflikte mit anderen Anforderungen der Straßenraumgestaltung, z. B. bezüglich Stellplätzen, Gebäudebestand, Leitungen oder Stadtbild. Vor diesem Hintergrund werden Kriterien und integrierte Lösungen für die Auswahl guter neuer Standorte sowie zur Optimierung vorhandener Baumstandorte in der Stadt entwickelt. Im Bestand sollen kritische Standorte optimiert und die Bodeneigenschaften im Wurzelraum verbessert werden. Bei Neupflanzungen sollen klimaresistente Strauch- und Baumarten bzw. -sorten ausgewählt werden. Ergänzend zu den genannten Maßnahmen sollen an bestimmten Einzelstandorten innovative Strategien zur Belüftung, Düngung, Bodenverbesserung sowie Bewässerung erprobt werden.



ABB. 59

Konzept zum Schutz vor Überhitzung in öffentlichen Gebäuden **

Zur Senkung des Kühlenergiebedarfes und zur Erhöhung des Klimakomforts in städtischen Gebäuden in Bremerhaven soll ein Konzept erarbeitet werden, wie durch Maßnahmen an den Gebäuden bzw. im angrenzenden öffentlichen Raum eine Abkühlung in den Innenräumen erzielt werden kann. Hierzu wird zunächst eine Analyse der relevanten städtischen Gebäude (inkl. deren klimatischer Umgebung) an heißen Tagen durchgeführt. Das Konzept soll insbesondere Maßnahmen zur Verdunstungskühlung, zur Verschattung und zur Anpassung des Reflexions- und Wärmespeicherverhaltens beinhalten. Darüber hinaus werden im Konzept Strategien für eine bauliche bzw. gebäudetechnische Hitzevorsorge formuliert. Nicht zuletzt sollen auch organisatorische und technische Lösungen entwickelt werden, mit denen in den warmen Sommermonaten die Nachtkühlung effektiver genutzt werden kann.

Schlüsselmaßnahmen



ABB. 60

Trinkwasserbereitstellung an Hitzetagen */**

Zur besseren Bewältigung von Hitzeperioden soll für die Bevölkerung in Bremen und in Bremerhaven künftig im öffentlichen Raum, insbesondere in öffentlich zugänglichen Gebäuden und ggf. auf öffentlichen Plätzen, kostenloses Trinkwasser bereitgestellt werden. Hierzu werden zunächst potenzielle Standorte in den Stadtgemeinden auf ihre Eignung für Trinkwasserspender geprüft werden. Es wird ein Konzept erarbeitet, wo und in welcher Anzahl öffentlich zugängliche Trinkwasserspender eingerichtet werden und wie die Einrichtungs- und Folgekosten, insbesondere durch Spenden, Patenschaften und/oder Sponsoring, finanziert werden können. Außerdem werden Ansätze entwickelt, wie allein lebende ältere, pflegebedürftige Menschen zu Hause daran erinnert werden können, ausreichend zu trinken.



ABB. 61

Klimawandelgerechte Gewerbeflächenentwicklung am Beispiel Luneplate **

Am Beispiel der Entwicklung eines nachhaltig ausgerichteten Gewerbegebiets auf der Luneplate in Bremerhaven werden Maßnahmen identifiziert und evaluiert, mit denen Unternehmen dazu beitragen können, sowohl das Ausmaß des zukünftigen Klimawandels zu begrenzen als auch ihre Schadensanfälligkeit gegenüber den nicht mehr zu vermeidenden Klima- und Wettereinwirkungen zu verringern. Zudem werden geeignete Rahmenbedingungen abgesteckt, die bereits bei der Erschließung von neuen Gewerbeflächen berücksichtigt werden sollten, um die angesiedelten Unternehmen bei der Klimaanpassung zu unterstützen. Zur Übertragbarkeit der Ergebnisse wird ein Leitfaden erstellt, der Handlungsempfehlungen z.B. zur Grundstücksentwässerung, Versiegelung, Dachbegrünung, Gebäudestellung und zu klimawandeltauglichen Baumbepflanzungen beinhaltet.



ABB. 62

Fachkarte zur Sicherung und Weiterentwicklung klimatisch relevanter Grünflächen und -korridore in Bremerhaven ***

Im Rahmen der Neuaufstellung des Landschaftsprogramms für Bremerhaven wird eine Fachkarte erstellt, welche die stadtklimatisch relevanten Grünflächen und Grünkorridore darstellt und Planungshinweise zur Verbesserung der bioklimatischen Situation in verdichteten und thermisch vorbelasteten Siedlungsräumen gibt. Die Fachkarte gibt auch Hinweise, in welchen Stadtgebieten Frischluftbahnen durch die Entwicklung angrenzender Brachflächen zu Grünflächen gestärkt werden können.

Als begleitende Maßnahme wird ein Brachflächenkataster für Bremerhaven erarbeitet. Außerdem werden Steuerungsgruppen zwischen Naturschutz und Landwirtschaft bzw. Naturschutz und Gewerbe zur klimagerechten Lösung von Flächennutzungskonflikten (unter Einbindung des Landkreises Cuxhaven) etabliert.



ABB. 63

Adaptives und phänologisches Schutzgebietsmanagement ***

Das adaptive Schutzgebietsmanagement ist u. a. erforderlich, um rechtliche Verpflichtungen zur Sicherung des Status quo und Erreichung spezifischer Entwicklungsziele (Europäisches Schutzgebietsnetz Natura 2000, naturschutzrechtliche Kompensationsverpflichtungen) dauerhaft, auch unter den Bedingungen des Klimawandels, zu erfüllen. Die Fortschreibung der monitoringbasierten Managementpläne sowie die witterungsangepasste Gebietsbetreuung (adaptives und phänologisches Schutzgebietsmanagement) werden in Kooperation mit den landwirtschaftlichen Betrieben in Bremen und Bremerhaven verstetigt und ausgeweitet.



ABB. 64

Sicherstellung langfristig klimawandelgerechter Küstenschutzsysteme ***

Angesichts der Unsicherheiten, mit denen die Klimaprojektionen verbunden sind, werden die im Generalplan Küstenschutz gelisteten Maßnahmen kontinuierlich überprüft und ggf. angepasst. Dadurch soll sichergestellt werden, dass die Schutzeinrichtungen und Notfallsysteme anhaltend funktionsfähig bleiben. Um die Entwässerung des Binnenlandes unter Berücksichtigung des Meeresspiegelanstiegs dauerhaft zu gewährleisten, sollen u. a. die untergeordneten Gewässer (Gräben) neu erfasst, die Dimensionierung der Schöpfwerke geprüft und die Verwundbarkeit kleinerer Flussläufe gegenüber extremen Regenereignissen bei gleichzeitig auftretenden Sturmfluten untersucht werden.



ABB. 65

Klimaanpassungskonzepte für die Hafenanlagen ***

Für die Hafenanlagen in Bremen und Bremerhaven werden (in Abstimmung mit dem Projekt „Port-Klima“ der Hochschule Bremen) regionalisierte, teilräumliche Klimaanpassungskonzepte erarbeitet, um die zukünftige Betriebs- und Funktionsfähigkeit sicherzustellen.

Zum einen wird der Wissensstand zu absehbaren Veränderungen durch den Klimawandel und möglichen Folgewirkungen zusammengestellt. Zum anderen erfolgt eine sektor- und standortbezogene Überprüfung der damit verbundenen Risiken und Chancen. Abgeleitet sollen resilienzsteigernde Maßnahmen und Projekte (insb. in der Hafententwicklung, im Hafenbau und im Zusammenhang mit Kompensationsmaßnahmen) identifiziert und vorbereitet sowie auf störungsunanfällige Transportketten hingewirkt werden.

ORGANISATORISCHE UND KOMMUNIKATIVE MASSNAHMEN



ABB. 66

Auskunfts- und Informationssystem Starkregenvorsorge (AIS) *

Das im Rahmen des Projektes KLAS entwickelte, GIS-basierte Auskunfts- und Informationssystem Starkregenvorsorge (AIS) für Bremen wird für den dauerhaften Betrieb freigeschaltet. Allen wichtigen Akteuren städtischer Planungsprozesse, insbesondere Infrastrukturträgern sowie der Stadt-, Straßen- und Freiraumplanung werden Datengrundlagen zu Überflutungsgefahren und Anpassungspotenzialen zur Verfügung gestellt und so Entscheidungsprozesse zum Risikomanagement und zur wassersensiblen Stadtentwicklung unterstützt. Darüber hinaus soll das System eine Grundlage bilden, Bremer Grundstückseigentümerinnen und –eigentümer über potenzielle Überflutungsgefahren zu informieren und so die Eigenvorsorge auf den privaten Grundstücken durch Objektschutzmaßnahmen zu stärken.



ABB. 67

Verfahrensregeln zur Berücksichtigung der Klimaanpassung in formellen und informellen Planungs- und Entscheidungsprozessen *

Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr erarbeitet verwaltungsinterne Verfahrensregeln, wie die Belange der Klimaanpassung frühzeitig und effizient in den Prozessen der städtebaulichen Planungen und Projekte (insb. Bauleitplanung, Entwicklungskonzepte, städtebauliche Wettbewerbe) in Bremen berücksichtigt werden können. Zentrale Belange der Anpassung, vor allem die Starkregen- und Hitzevorsorge sowie der Hochwasserschutz, sollen innerhalb der Verwaltungsorganisation in Planungs- und Entscheidungsprozessen effizient eingebracht werden. Zum einen sind dazu im Fachbereich Umwelt die Behördenfunktionen für die verschiedenen Belange der Klimaanpassung zu identifizieren und langfristig sicherzustellen. Zum anderen sollen klimarelevante Grundlagendaten als Planungshinweise aufbereitet und systematisch bereitgestellt werden.



ABB. 68

Leitlinien zur Berücksichtigung der Klimaanpassung in formellen und informellen Planungs- und Entscheidungsprozessen **

Ausgehend von der gesetzlichen Verpflichtung durch das Baugesetzbuch und das Bremische Klimaschutz- und Energiegesetz sollen für Bremerhaven Leitlinien erarbeitet werden, um die Klimaanpassung künftig in die weiteren räumlichen und stadtklimatisch relevanten Planungs- und Entscheidungsprozesse zu integrieren. Neben der sensibilisierenden und informatorischen Wirkung der Leitlinien werden greifbare Planungsanforderungen begründet festgelegt und qualifizierende Hinweise gegeben, wie die Belange der Klimaanpassung konkret in Planverfahren berücksichtigt werden können (Praxishilfe). Innerhalb der Verwaltungsorganisation sollen zudem „Kümmerer“ in Sachen Klimawandel benannt und klimarelevanten Grundlagendaten als Planungshinweise ressortübergreifend bereitgestellt werden.



ABB. 69

Umsetzungsmanagement für die Klimaanpassungsstrategie */**

Die Umsetzung der Anpassungsstrategie bedarf effizienter Umsetzungsstrukturen und eines kontinuierlichen Monitorings. Hierfür wird in beiden Stadtgemeinden und auf Landesebene ein Umsetzungsmanagement etabliert. In diesem Zusammenhang werden Fördermittel für den Einsatz eines Klimaanpassungsmanagements zur Begleitung der Strategieumsetzung beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) beantragt. Einige Maßnahmen sind nur mit erheblichem finanziellen Aufwand und/oder externer Expertise umsetzbar. Bei Bedarf werden die zuständigen Stellen bei der Akquisition von Drittmitteln im Bereich Klimaanpassung unterstützt. Außerdem sollen ins Leben gerufenen Aktivitäten, Netzwerke und Maßnahmen dauerhaft verankert, und der fachbezogene Austausch im Rahmen verwaltungsinterner und interkommunaler Netzwerke ausgebaut werden. Die ressortübergreifende Arbeitsgruppe wird fortgesetzt.



ABB. 70

Informationskampagne zur Klimaanpassung für Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Öffentlichkeit ***

Kommunikation und Information sind von zentraler Bedeutung, um öffentliches Bewusstsein über die Risiken und Chancen des Klimawandels zu schaffen sowie Wissen über Klimafolgen und Anpassungsmöglichkeiten aufzubauen. Das Land und die beiden Stadtgemeinden werden hierzu geeignete Kommunikationsstrukturen und Instrumente entwickeln, fortführen und intensivieren. Insbesondere sollen die Bedeutung der Klimaanpassung für die Lebensqualität in den Stadtgemeinden hervorgehoben und die BürgerInnen und Unternehmen zur Eigenvorsorge motiviert werden.



ABB. 71

Integriertes Konzept zur Bewältigung von Extremwetterereignissen ***

Um Extremwetterereignisse in Bremen und Bremerhaven in Zukunft gemeinsam noch besser bewältigen zu können, soll – ergänzend zu bestehenden Notfallstrategien – durch das Land Bremen in Zusammenarbeit mit den beiden Stadtgemeinden ein integriertes ressortübergreifendes Konzept entwickelt werden, das unter anderem auf eine Optimierung der Daseinsvorsorge abzielt sowie den verstärkten Austausch zwischen Einsatzkräften, Behörden und freiwilligen Helfern unterstützt. Durch eine Krisensimulation für verschiedene Ereignisszenarien mit Bezug zum Klimawandel (Stromausfall, Überflutung, lange Trockenheit, extreme Hitze, etc.) sollen die Arbeitsweisen, Handlungsabläufe und die notwendigen Grundvoraussetzungen der jeweiligen Akteure für die Ereignisbewältigung kommuniziert und in einem integrierten ressortübergreifenden Handlungskonzept abgestimmt und zusammengefasst werden.



ABB. 72

WAS WURDE BISHER ERREICHT?

Mit der Anpassungsstrategie für Bremen und Bremerhaven haben das Land und die beiden Stadtgemeinden einen langfristig ausgerichteten strategischen Rahmen geschaffen, wie sowohl den schleichenden als auch den abrupt auftretenden Klimafolgen begegnet werden kann. Eine nachhaltige Stärkung der Klimarobustheit kann dabei vor allem durch die Integration der Erkenntnisse zum Klimawandel in die jeweiligen Fachpolitiken und Planungsentscheidungen des Landes und der Stadtgemeinden realisiert werden.

Die in der Strategie definierten Schlüsselmaßnahmen wurden insbesondere mit dem Ziel der Integrations- und Anschlussfähigkeit und ihrer langfristigen Wirkung formuliert. Einige Maßnahmen wurden bereits auf den Weg gebracht. Andere bedürfen weiterer Konkretisierung und sukzessiver Umsetzung in den kommenden Jahren. Eine zentrale Voraussetzung für eine erfolgreiche Realisierung der Maßnahmen stellt zunächst die langfristige und kontinuierliche Institutionalisierung eines Klimaanpassungsmanagements innerhalb der beiden Stadtverwaltungen dar.

Darüber hinaus ist es für eine erfolgreiche Umsetzung der Strategie wichtig, dass das Thema Klimaanpassung künftig innerhalb aller Planungsvorgänge in den beiden Stadtgemeinden selbstverständlich und frühzeitig mitgedacht wird. Das setzt voraus, dass die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aller relevanten Ressorts für das Thema sensibilisiert werden und ein möglichst breiter Konsens erreicht wird. Der Einbezug der Akteure in die Erarbeitung der Anpassungsstrategie über die zwei ressortübergreifenden Projektgruppen hat hierfür wichtige

Grundlagen geschaffen. Durch die engagierte Mitarbeit dieser Gruppen konnten bereits im Projektverlauf wesentliche Kernpunkte der Strategie, insbesondere Ziele und Maßnahmen, ressortübergreifend abgestimmt werden.

Die praktische Umsetzung der Maßnahmen wird ferner dadurch erleichtert, dass mit den Schlüsselmaßnahmen eine überschaubare und handhabbare Zahl von Lösungen zur Anpassung gewonnen werden konnte. Bei fast allen Maßnahmen kann an bereits laufende Aktivitäten angeknüpft werden, wodurch eine geringe Einstiegshürde für die Umsetzungsphase zu erwarten ist. Zudem ist die Durchführung der Schlüsselmaßnahmen über eine Vielzahl von Ressorts des Landes und der Stadtgemeinden verteilt. Diese Aufgabenverteilung wird die Umsetzung erleichtern und kann ebenfalls die Akzeptanz des Themas Klimaanpassung auf allen Verwaltungsebenen fördern.

FINANZIERUNG DER UMSETZUNG

Klimaanpassung ist eine Daueraufgabe, die in den entsprechenden Fachhaushalten den Einsatz von Landesmitteln bzw. kommunalen Mitteln und auch Personalressourcen erfordern wird. Die Umsetzung von kostenwirksamen Maßnahmen ist dabei jeweils im Einzelfall in den Fachhaushalten zu sichern und die Ausgestaltung hinsichtlich Effizienz und Effektivität stetig zu prüfen.

Die Anpassungsstrategie für Bremen und Bremerhaven soll auch als Basis des Landes und der Stadtgemeinden dienen, weitere Fördermittel zu akquirieren und

Pilotprojekte zu initiieren. Auf EU- und Bundesebene stehen Fördermittel zur Verfügung, um Projekte zur Anpassung an den Klimawandel zu unterstützen. Förderprojekte können z. B. dahingehend unterstützen, einzelne Schlüsselmaßnahmen zu initiieren, weitere fachliche Grundlagen zu schaffen oder Pilotmaßnahmen umzusetzen.

WIE GEHT ES WEITER?

Bei der Klimaanpassung handelt es sich um eine langfristige Aufgabe. Die Anpassungsstrategie für Bremen und Bremerhaven definiert Schlüsselmaßnahmen, deren Umsetzung in den kommenden Jahren durch die zuständigen Stellen initiiert wird. Begleitet wird die Umsetzung im Rahmen des Monitorings durch die bereits etablierten ressortübergreifenden Arbeitsgruppen. Über den Fortschritt der Umsetzung soll im Abstand von fünf Jahren berichtet werden. Im Land Bremen gibt es eine große Bandbreite an klimabezogenen Forschungseinrichtungen, deren Expertise auch nach Verabschiedung der Anpassungsstrategie weiterhin aktiv eingebunden werden soll. Außerdem ist ein regionaler Austausch und wo notwendig die Abstimmung und Koordination eines gemeinsamen Vorgehens mit den angrenzenden Kommunen angestrebt.

Eine Kommunikationsstrategie (siehe Langfassung der Anpassungsstrategie) soll die weitere Konkretisierung und Umsetzung der hier vorgestellten Maßnahmen und Projekte unterstützen. Dabei soll eine differenzierte Kommunikation mit den Bürgerinnen und Bürgern auch deren Partizipation ermöglichen.

Beschlussfassung

Diese Anpassungsstrategie wurde am 18.01.2018 durch die Deputation für Umwelt, Bau, Verkehr, Stadtentwicklung, Energie und Landwirtschaft, am 07.02.2018 durch den Magistrat Bremerhaven, am 03.04.2018 durch den Senat der Freien Hansestadt Bremen und am 12.04.2018 durch die Stadtverordnetenversammlung Bremerhaven beschlossen. Die Befassung der Bremischen Bürgerschaft erfolgte am 29. – 31. Mai 2018.

Weitere Informationen

Die Langfassung der Strategie und der Begleitstudie des Deutschen Wetterdienstes sowie weitere Informationen können unter der folgenden Adresse eingesehen oder heruntergeladen werden: www.bauumwelt.bremen.de/info/klimaanpassungsstrategie

Zusätzlich finden sich auf den folgenden Internetseiten weitere Informationen zum Thema Klimawandel sowie zur Klimaanpassung im Land Bremen:

- www.bauumwelt.bremen.de/info/klimaanpassung
- www.klimastadt-bremerhaven.de
- Aqua Add: www.aqua-add.eu
- Klimaresiliente Zukunftsstadt: www.bresilient.de
- Starkregenvorsorge: www.klas-bremen.de
- Landschaftsprogramm: www.lapro-bremen.de
- Flächennutzungsplan: www.fnp-bremen.de

Kontakt:

Für weitere Fragen wenden Sie sich an die folgende Kontaktadresse: klimaanpassung@umwelt.bremen.de



ABB. 73

Bildquellen

Cover	M. Schulz-Baldes	[ABB. 43]	Klimastadtbüro Bremerhaven
[ABB. 01]	MUST	[ABB. 44]	Klimastadtbüro Bremerhaven
[ABB. 02]	M. Schulz-Baldes	[ABB. 45]	eigene Darstellung MUST nach SUBV
[ABB. 03]	pixabay	[ABB. 46]	pixabay
[ABB. 04]	pixabay	[ABB. 47]	pixabay
[ABB. 05]	Terra Air Services	[ABB. 48]	eigene Darstellung MUST nach SUBV/Dr. PECHER AG
[ABB. 06]	MUST	[ABB. 49]	MUST
[ABB. 07]	pixabay	[ABB. 50]	GEO-NET
[ABB. 08]	bpw Baumgart und Partner	[ABB. 51]	Jörn Meibohm, SUBV
[ABB. 09]	bpw Baumgart und Partner	[ABB. 52]	eigene Darstellung MUST nach Geologischer Dienst für Bremen
[ABB. 10]	MUST	[ABB. 53]	MUST
[ABB. 11]	pixabay	[ABB. 54]	Martina Völkel, SUBV
[ABB. 12]	pixabay	[ABB. 55]	Karin Kreutzer, Bremer Umwelt Beratung e.V.
[ABB. 13]	GEO-NET	[ABB. 56]	MUST
[ABB. 14]	eigene Darstellung MUST nach NLWKN 2016	[ABB. 57]	MUST
[ABB. 15]	eigene Darstellung MUST nach NLWKN 2016	[ABB. 58]	MUST
[ABB. 16]	DWD	[ABB. 59]	pixabay
[ABB. 17]	DWD	[ABB. 60]	pixabay
[ABB. 18]	DWD	[ABB. 61]	BIS GmbH
[ABB. 19]	MUST	[ABB. 62]	Thomas Knode, SUBV
[ABB. 20]	MUST	[ABB. 63]	Adam Nowara, SUBV
[ABB. 21]	eigene Darstellung MUST nach SUBV/GEO-NET	[ABB. 64]	SUBV
[ABB. 22]	eigene Darstellung MUST nach DWD 2016	[ABB. 65]	pixabay
[ABB. 23]	eigene Darstellung MUST nach NLWKN 2016	[ABB. 66]	Karin Kreutzer, Bremer Umwelt Beratung e.V.
[ABB. 24]	eigene Darstellung MUST nach NLWKN 2016	[ABB. 67]	MUST
[ABB. 25]	eigene Darstellung MUST nach SUBV 2011	[ABB. 68]	bpw Baumgart und Partner
[ABB. 26]	hanseWasser GmbH	[ABB. 69]	pixabay
[ABB. 27]	M. Schulz-Baldes	[ABB. 70]	Henry Fried
[ABB. 28]	pixabay	[ABB. 71]	Thomas Joppig
[ABB. 29]	MUST	[ABB. 72]	M. Schulz-Baldes
[ABB. 30]	eigene Darstellung MUST nach SUBV/Dr. PECHER AG	[ABB. 73]	pixabay
[ABB. 31]	eigene Darstellung MUST nach DWD 2016	[TAB. 01]	eigene Darstellung MUST nach DWD 2016
[ABB. 32]	eigene Darstellung MUST nach NLWKN 2016	[TAB. 02]	MUST
[ABB. 33]	eigene Darstellung MUST nach NLWKN 2016		
[ABB. 34]	pixabay		
[ABB. 35]	pixabay		
[ABB. 36]	pixabay		
[ABB. 37]	pixabay		
[ABB. 38]	eigene Darstellung MUST nach Geologischer Dienst für Bremen		
[ABB. 39]	DWD		
[ABB. 40]	pixabay		
[ABB. 41]	M. Schulz-Baldes		
[ABB. 42]	Universität Siegen, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (Grafik MUST)		

Literaturquellen

- [1] DWD/SUBV (Hrsg.) [2017] Wetter und Klima in Bremen und Bremerhaven. Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.
- [2] Bundesregierung (Hrsg.) [2008] Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen. Berlin.
- [3] Deutscher Wetterdienst (DWD) und Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) [2017] Klimareport Schleswig-Holstein - Fakten bis zur Gegenwart – Erwartungen für die Zukunft.
- [4] DWD/SUBV (Hrsg.) [2017] Wetter und Klima in Bremen und Bremerhaven. Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.
- [5] Münchener Rück [2007] Zwischen Hoch und Tief. Wetterrisiken in Mitteleuropa. München. S. 27.
- [6] GDV [2016] Naturgefahrenreport 2016 – Die Schadens-Chronik der deutschen Versicherer in Zahlen, Stimmen und Ereignissen. GDV Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Berlin, September 2016.
- [7] DIN EN 752 [2008] Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden. Deutsche Fassung EN 752:2008.
- [8] Climate Service Center (CSC) [2012] Machbarkeitsstudie „Starkregenrisiko 2050“. Kooperationsprojekt des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV) und des Climate Service Centers (CSC).
- [9] Rauthe, M.; Malitz, G.; Gratzki, A.; Becker, A. [2014] Starkregen. In: Becker P., Hüttl R. F. (Hrsg.): Forschungsfeld Naturgefahren. Potsdam und Offenbach, S. 112. DOI: 10.2312/GFZ.2014.005.
- [10] Binder, C.; Steinreiber, C. [2005] Charakterisierung von extremen Wetterereignissen. In: Steininger, K.; Steinreiber, C.; Ritz, C. (Hrsg.): Extreme Wetterereignisse und ihre wirtschaftlichen Folgen. Berlin, Heidelberg.
- [11] DWD [2016] <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/begriffe/S/Starkregen.html>, abgerufen am 6.10.2016
- [12] IPCC (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen) [2007] Klimaänderung 2007 – Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. Berlin, Bern, Wien. S. 73.
- [13] PIK, Potsdam Institut für Klimafolgenforschung [2009] Klimawandel in Nordrhein-Westfalen. Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren. Abschlussbericht für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV). Potsdam. S. 202.
- [14] Weischet, W. [1995] Einführung in die allgemeine Klimatologie. Stuttgart, S. 137.
- [15] Binder, C.; Steinreiber, C. [2005] Charakterisierung von extremen Wetterereignissen. In: Steininger, Karl W.; Steinreiber, Christian; Ritz, Christoph (Hrsg.): Extreme Wetterereignisse und ihre wirtschaftlichen Folgen. Berlin, Heidelberg. S. 17.
- [16] Münchener Rück [2005] Themenheft Risikofaktor Wasser. Schadenspiegel Heft 3/2005, 48. Jahrgang. München, S. 9.
- [17] Norddeutsches Klimabüro, Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH (Hrsg.) [o.J.] : Nordseesturmfluten im Klimawandel. Geesthacht.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Der Senator für Umwelt,
Bau und Verkehr
Contrescarpe 72
28195 Bremen
www.baumwelt.bremen.de



Freie
Hansestadt
Bremen