Zum Inhalt

Was bedeutet der Klimawandel für unsere Region? Für Elbe und Nordsee, für Landwirtschaft, Tourismus und Städteplanung? Wissenschaftler nicht nur aus Hamburg und Schleswig-Holstein sind dieser Frage nachgegangen, haben wissenschaftliche Publikationen gesichtet, geprüft und diskutiert. Die wichtigsten Ergebnisse können Sie hier nachlesen.

www.klimabericht-hamburg.de

Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

KlimaCampus

Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Zentrum für Material- und Küstenforschung

KLIMABERICHT FÜR DIE METROPOLREGION HAMBURG

Ein Auszug

Klimabericht
für die Metropolregion Hamburg

Eine Publikation des KlimaCampus

Der KlimaCampus

Seit Oktober 2007 bündelt die Universität Hamburg ihre Expertise in einem Exzellenzcluster für Klimaforschung: Am KlimaCampus arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Meteorologie, des Helmholtz-Zentrums Geesthacht und des Deutschen Klimarechenzentrums zusammen mit der Universität. Natur- und Geisteswissenschaften sind dabei eng verknüpft.

Inhalt

10 Hintergrund und Überblick

Klima der Region

20 Bisher
24 In Zukunft
28 Deutsche Bucht
32 Tideelbe

Ökosysteme

36 Wälder, Moore, Marschen, urbane Räume
40 Elbe, Wattenmeer und Nordsee

Wirtschaft

44 Tourismus
46 Landwirtschaft

Anpassungspotenziale

52 Stadt- und Raumplanung
56 Hochwasserschutz

Status quo für die Metropolregion Hamburg

Der Klimawandel ist ein globales Phänomen. Doch was bedeutet dies konkret für unsere Region? Für Elbe und Nordsee, für die Landwirtschaft, für Tourismus und Städteplanung? Worauf müssen wir uns einstellen und welche Anpassungen sind notwendig? Wissenschaftler des Hamburger KlimaCampus sind dieser Frage gemeinsam mit Kollegen aus ganz Deutschland nachgegangen.

Dabei ging es zunächst um eine Bestandsaufnahme: Was wissen wir und wie zuverlässig ist dieses Wissen? Das Autorenteam sichtete hierfür mehr als 800 wissenschaftliche Publikationen, prüfte, diskutierte und ordnete ein.

In vieler Hinsicht ist die Informationslage eher dünn, besonders, was die Wirkung von Klimaänderungen und deren Management angeht. Die Zahl der wissenschaftlichen Quellen, die gezielt Klimainformationen über Norddeutschland und die Metropolregion Hamburg liefern, ist noch recht gering. Diese Wissenslücken zu füllen und Strategien zur Anpassung an den Klimawandel zu entwickeln, ist in den kommenden Jahren eine der wichtigsten Aufgaben. Wissenschaft, Politik und Wirtschaft müssen sich ihr gemeinsam stellen.

>>

Die nachfolgenden Kapitel sind ein Auszug aus dem „Klimabericht für die Metropolregion Hamburg“ – einer Fachpublikation für Entscheider aus Politik, Wirtschaft und Behörden, aber auch für Wissenschaftler. Das rund 300 Seiten starke Original ist als Buch im Springer Verlag erschienen.

Hintergrund

Dass sich das globale Klima unter dem Einfluss menschlicher Aktivitäten ändert, ist seit dem letzten Sachstandbericht des UN-Klimarats IPCC aus dem Jahr 2007 hinlänglich dokumentiert. In den letzten 100 Jahren ist die globale Durchschnittstemperatur um etwa 0,75 °C und der globale Meeresspiegel um ca. 2 Dezimeter gestiegen. Gerade die Temperaturänderungen sind stärker als aufgrund natürlicher Schwankungen zu erwarten ist. Die einzig plausible Erklärung für den größten Teil dieses Anstiegs ist die vermehrte Freisetzung von Treibhausgasen durch menschliches Handeln.

Mit zukünftig steigenden Treibhausgasemissionen wird ein weiterer Anstieg von Temperaturen, Meeresspiegel und die Veränderung anderer Wettereigenschaften erwartet. Obwohl es immer noch deutliche Wissenslücken gibt, etwa im Hinblick auf Meeresspiegeländerungen, deuten die Aussagen für das globale Geschehen in eine Richtung. Für das regionale und lokale Klima sind die Aussagen allerdings erheblich ungewisser – das gilt auch für die Metropolregion Hamburg.

Lokales und regionales Wissen ist jedoch für die Öffentlichkeit und Politik eine unverzichtbare Grundlage. Es gibt viele wissenschaftliche Arbeiten, die sich mit Methoden zur Bestimmung und zum Umgang mit dem regionalen und lokalen Klimawandel befassen. Das wissenschaftliche Wissen zu den Auswirkungen des Klimawandels in bestimmten Regionen ist hingegen gering. Und gerade dieses Handwerkszeug ist notwendig, um Anpassungsmaßnahmen zum Umgang mit den Folgen der Klimaänderungen zu entwerfen.

Daher wurde am KlimaCampus Hamburg im Rahmen des Klima-Exzellenzclusters CliSAP (Integrated Climate System Analysis and Prediction) der Universität Hamburg und ihrer außeruniversitären Partner zusammen mit Kolleginnen und Kollegen von Bundesbehörden und anderen Universitäten und Forschungseinrichtungen eine Bestandsaufnahme erstellt. Das wissenschaftlich publizierte Wissen zu Klima, Klimawandel und Klimawirkung wurde gesichtet und im Hinblick auf Einigkeit und Unstimmigkeiten bewertet. Dabei stellte sich auch heraus, dass für die Metropolregion noch ein erheblicher Forschungsbedarf besteht.

Der nun vorliegende „Klimabericht für die Metropolregion Hamburg" beschreibt dieses vorliegende Wissen, sowohl über die vergangenen 100 Jahre, als auch die erwarteten bzw. möglichen Veränderungen bis 2100. Die Beschreibungen der Zukunft sind keine Vorhersagen, sondern Abschätzungen möglicher Entwicklungen. Ob das eine oder das andere Szenario eintritt, hängt davon ab, wie viele Treibhausgase zukünftig freigesetzt werden. Und das ist nur bedingt vorhersagbar. Somit sind sämtliche Szenarien gleichermaßen möglich.

Um sicher zu stellen, dass tatsächlich nur wissenschaft-

lich legitimes Wissen einfließt, wurde ein Lenkungsausschuss eingerichtet, der den gesamten Prozess gesteuert hat. Der Lenkungsausschuss, in dem neben Vertretern wissenschaftlicher Einrichtungen auch je ein Vertreter der Freien Hansestadt Hamburg und der Landesregierung von Schleswig-Holstein saßen, legte die Kapitelstruktur fest, wählte Leitautoren aus und organisierte den Begutachtungsprozess. Grundsätzlich ist nur Wissen in den Sachstandsbericht eingeflossen, das bereits in wissenschaftlichen Zeitschriften, aber auch in Berichten von Behörden veröffentlicht wurde. Stand des Wissens ist der 1. August 2009.

Im November 2009 wurde der Gesamtbericht der wissenschaftlichen Öffentlichkeit vorgestellt – mit der Bitte um Ergänzungen und Einwände. Nach einer weiteren Überarbeitung ist der Bericht im Dezember 2010 in einvernehmlicher Form als Buch im Springer Verlag erschienen und liegt nun der Öffentlichkeit vor. Organisiert wurde der ganze Prozess vom Norddeutschen Klimabüro am Helmholtz-Zentrum Geesthacht. Die Finanzierung erfolgte weitgehend mit Mitteln des Exzellenzclusters CliSAP der Universität Hamburg.

Bei einem so umfangreichen Bericht ist die Möglichkeit von Fehlern nicht ausgeschlossen. „Fehlermeldungen", die sich auf den Wissensstand vom 1. August 2009 beziehen, können auch nach Erscheinen des Buches an das Norddeutsche Klimabüro gegeben werden. Neuere, wissenschaftlich belegte Fakten werden in einem zweiten Bericht berücksichtigt.

Überblick

Der Klimabericht ist in vier Abschnitte unterteilt. In jedem dieser Abschnitte finden sich mehrere Beiträge, die das wissenschaftliche Wissen zu unterschiedlichen Aspekten des regionalen Klimas, des Klimawandels und des möglichen Umgangs mit den Folgen wiedergeben.

1. Klima der Region bisher und in Zukunft
2. Klima und Ökosysteme
3. Klima und Wirtschaft
4. Anpassungspotenziale

Für die Metropolregion zeigen die Wetteraufzeichnungen der letzten 100 Jahre deutliche Änderungen. Die Temperatur ist um etwa 1 °C gestiegen, mit einer Beschleunigung in den letzten 30 Jahren. Die jährlichen Niederschläge haben zugenommen. Die Änderung ist saisonal jedoch sehr unterschiedlich. Es zeigt sich eine Tendenz zu trockeneren Sommermonaten und eine deutliche Zunahme des Niederschlags im Herbst und Winter. Regional sind die Temperatur- und Niederschlagsänderungen relativ gleichmäßig, es findet sich jedoch ein Klimaeffekt im Stadtgebiet von Hamburg. Veränderungen im Sturmklima sind nicht belegt. Der Meeresspiegelanstieg längs der Küste liegt bei 20 cm und auch Sturmfluten sind angestiegen. Die höheren Werte in Hamburg werden hauptsächlich auf den Ausbau der Tideelbe zurückgeführt. Im ökologischen Bereich sind frühere Blühtermine bei Pflanzen und längere Vegetationsperioden eingetreten und seit einiger Zeit sind neue wärmeliebende Arten in Elbe, Wattenmeer und Nordsee anzutreffen.

Die Abschätzungen für die Zukunft beruhen auf einer Reihe von Szenarien. Diese Szenarien beschreiben eine deutliche Zunahme der durchschnittlichen Temperatur in allen Jahreszeiten. Die bisherige Tendenz der Niederschlagsänderung wird sich auch in Zukunft weiter fortsetzen – mit deutlich trockeneren Sommern und deutlich feuchteren Wintern. Der Meeresspiegel wird vermutlich weiter ansteigen und Sturmfluten könnten in der Deutschen Bucht und der Tideelbe bis 2100 um 3 bis 11 Dezimeter höher auflaufen als heute. Alle Zahlen sind jedoch mit bedeutenden Unsicherheiten verbunden.[1]

Die Änderungen des Klimas werden Auswirkungen auf Natur- und Wirtschaftsräume mit sich bringen. Längs der Nordseeküste und in der Tideelbe werden schon heute Änderungen der Lebensräume und ihrer Artzusammensetzungen beobachtet, die sich zukünftig weiter verschärfen könnten.

[1] Aktuelle Zahlen zu künftigen Klimaänderungen in der Metropolregion Hamburg finden Sie unter www.norddeutscher-klimaatlas.de.

In Wäldern könnten wärmeliebende Arten in Zukunft im Vorteil sein. Bedingt durch sommerlichen Trockenstress, wird eine Änderung auf artenreichen Feuchtwiesen erwartet – zum Vorteil von anspruchsloseren Arten des Wirtschaftsgrünlandes könnten charakteristische Arten dort verdrängt werden.

Auch im Obst- und Pflanzenbau werden Temperatur- und Niederschlagsänderungen Anpassungen notwendig machen. Eine Anpassung der Sortenauswahl ist eine mögliche Antwort auf die erwarteten Änderungen. Positive Effekte durch eine verlängerte Sommersaison könnten den Tourismus in der Metropolregion stärken.

Anpassungen an den Klimawandel erfordern eine umfangreiche Planung. Im planerisch-organisatorischen Bereich steht hierfür ein breites Spektrum von Gestaltungs- und Koordinationsformen zur Verfügung. Grundvoraussetzung für eine wirkungsvolle Klimaanpassung ist eine sinnvolle Kombination formeller und informeller Instrumente. Dabei geht es nicht um die Gestaltung umfassender Pläne mit endgültigen Aussagen, sondern vielmehr darum, erwartete Klimaänderungen in die strategischen Entscheidungsprozesse einzubeziehen. Beispielsweise, wenn es um die Steuerung zukünftiger Raumnutzungen geht. Aussagen zu technischen Anpassungspotenzialen beziehen sich im Wesentlichen auf den Hochwasserschutz. Für die Stadt Hamburg liegen in diesem Bereich bereits einige wissenschaftliche Überlegungen vor.

KLIMA DER REGION
>>

Das Klima der Region bisher

Das atmosphärische Klima der Metropolregion wird wesentlich durch die Nähe von Nord- und Ostsee geprägt. Entsprechend dominieren maritime Wettereinflüsse, doch setzen sich bei östlichen Winden auch kontinentale Luftmassen durch. Typisch sind relativ milde Winter und oft nur mäßig warme Sommer bei meist wechselhaftem Wettercharakter. Innerhalb der Metropolregion ist von West nach Ost und von den Küsten zum Binnenland eine zunehmende Kontinentalität zu beobachten. Dies zeigt sich durch gesteigerte Temperaturschwankungen im Tages- und Jahresgang und im Mittel abnehmende Niederschlagsmengen und Windgeschwindigkeiten.

Messreihen atmosphärischer Größen liegen seit Beginn des 19. Jahrhunderts vor. Diese Beobachtungswerte zeigen eine systematische Veränderung für die gesamte Region. Am deutlichsten ist die Änderung bei der Temperatur. Im Jahresmittel ist die Temperatur seit 1900 um etwa 1 °C gestiegen, wobei zu berücksichtigen ist, dass vor dem 2. Weltkrieg kaum verlässliche Daten aufgezeichnet wurden. Die Zunahme der Temperatur war im Sommer am geringsten und im Winter am größten. Der positive Trend dieser Zunahme hat sich in den letzten drei Jahrzehnten markant verstärkt. Der Jahresniederschlag weist im gleichen Zeitraum ebenfalls eine zunehmende Tendenz auf. Doch auch diese Datenreihen sind mit großen Unsicherheiten behaftet. Lässt man dies einmal außer Acht, so lag die mittlere jährliche Zunahme bei 8 mm pro Dekade. Das entspricht etwa 1 % der jährlichen Niederschlagssumme in der Metropolregion. Betrachtet man die einzelnen Jahreszeiten, lassen sich klare saisonale Unterschiede feststellen. Im Sommer zeigen die Niederschläge eine abnehmende Tendenz, während die anderen Jahreszeiten, vor allem der Herbst, eine Zunahme verzeichneten.

Anders als oft behauptet, wurde jedoch weder bei der mittleren Windgeschwindigkeit noch bei den Stürmen ein Langzeittrend festgestellt. Das Klima der Stadt Hamburg ist durch die dichte Bebauung, das Wärmespeichervermögen der Baustoffe, starke Bodenversiegelung, fehlende Vegetation und erhöhte Emissionen im Vergleich zum Umland stark verändert. Trotz der relativ guten Luftdurchmischung durch die Nähe zum Meer und einem großen Grün- und Wasserflächenanteil ist der Stadteffekt deutlich ausgeprägt. Der „Wärmeinseleffekt“, das ist der Temperaturunterschied zwischen Innenstadt und Außenbezirken, beträgt im Jahresmittel mehr als 1 °C. Da am Tage die dicht bebaute Stadt Wärme speichert, die in der Nacht allmählich wieder abgegeben wird, ist dieser Wärmeinseleffekt nachts größer als am Tage. Dieser Effekt weist auch einen deutlichen Jahresgang auf und ist zwischen Mai und Oktober mit bis zu 3 °C am größten. Auch die für Großstädte typische Niederschlagserhöhung im Lee der Stadt

(die dem Wind abgewandte Seite) wurde mit Werten von 5 % bis zu 20 % im Abstand von etwa 30 km zur Innenstadt nachgewiesen.

Das Klima der Region in Zukunft

Die vom UN-Klimarat IPCC entwickelten Emissionsszenarien beschreiben verschiedene Annahmen der zukünftigen Freisetzung von Treibhausgasen. Im A1B Szenario wird davon ausgegangen, dass die CO_2-Emissionen bis zur Mitte des Jahrhunderts wie bisher ansteigen, danach aber allmählich vermindert werden. Für dieses Szenario wurde mit unterschiedlichen regionalen Klimamodellen bzw. Regionalisierungsverfahren eine ganze Reihe von Klimasimulationen errechnet. Die Ergebnisse verschiedener regionaler Klimamodelle bzw. Regionalisierungsverfahren lassen sich also für das A1B Szenario besonders gut vergleichen. Es liegen auch Simulationen zu anderen globalen Emissionsszenarien von Treibhausgasen und Aerosolen vor. Je nachdem, ob die tatsächlichen Emissionen stärker oder schwächer als im A1B Szenario ausfallen, werden auch die Klimaänderungen stärker oder schwächer ausfallen.

Die vorliegenden regionalen Klimasimulationen für das A1B Szenario wurden für die Metropolregion Hamburg analysiert. Sämtliche Modellergebnisse zeigen für dieses Szenario eine mögliche Zunahme der Jahresmitteltemperatur um etwa 0,75 °C bis 1,75 °C bis 2050 und um etwa 2,5 °C bis 3 °C bis 2100, wobei die Erwärmung in den Herbst- und Wintermonaten stärker ausfällt als im Frühling und Sommer. Die Anzahl der Sommertage (Tage mit Höchsttemperaturen über 25 °C) kann

von heute etwa 21 Tagen um 8 bis 24 zusätzliche Tage gegen Ende dieses Jahrhunderts zunehmen. Die Anzahl der heißen Tage (Tage mit Höchsttemperaturen über 30 °C) kann von heute etwa 4 Tagen um 3 bis etwa 10 zusätzliche Tage zunehmen. Die Jahresniederschlagsmenge wird sich nach den vorliegenden Klimasimulationen vermutlich zunächst kaum ändern und erst gegen Ende dieses Jahrhunderts leicht zunehmen. Der Jahresgang des Niederschlags kann sich jedoch deutlich ändern. In sämtlichen Modellergebnissen sind mögliche Änderungen hin zu trockeneren Sommern und feuchteren Wintern zu erkennen. Die Bandbreite der Abschätzungen reicht von einer Abnahme um 5 % bis 40 % im Sommer bis zu einer Zunahme von 15 % bis 40 % im Winter.

Wie erwähnt, beziehen sich diese Zahlen nur auf die Klimasimulationen mit dem A1B Szenario, wie sie zum 1. August 2009 zur Verfügung standen.[1]

[1] Nach Redaktionsschluss des Klimaberichts für die Metropolregion Hamburg hat das Norddeutsche Klimabüro des Helmholtz-Zentrums Geesthacht GmbH den Norddeutschen Klimaatlas veröffentlicht. Unter www.norddeutscher-klimaatlas.de wird der aktuelle Forschungsstand zum möglichen zukünftigen Klimawandel in der Metropolregion Hamburg gebündelt und aufbereitet. Aus zeitlichen Gründen konnten die Ergebnisse jedoch nicht in den Bericht eingehen. Anders als im Klimabericht für die Metropolregion Hamburg, in dem zukünftige Klimaänderungen modellspezifisch für einzelne Szenarien dargestellt werden, verfolgt der Norddeutsche Klimaatlas zu Gunsten eines möglichst vollständigen Spektrums plausibler Klimaänderungen einen Ensembleansatz, in dem mehrere Treibhausgasszenarien in unterschiedliche Klimarechenmodelle eingehen. Demnach ist bis 2050 ein Anstieg der mittleren Jahrestemperatur um 0,8 °C bis 2 °C möglich, bis 2100 sogar um 2 °C bis 4,7 °C. Szenarien bis 2100 zeigen außerdem eine Niederschlagszunahme von bis zu 12 % bezogen auf ein ganzes Jahr. Die Sommer können im selben Zeitraum mit etwa 7 % bis 41 % weniger Niederschlag deutlich trockener werden. Im Winter muss sich die Metropolregion Hamburg bis 2100 auf eine starke Niederschlagszunahme von 18 % bis 53 % einstellen.

www.norddeutscher-klimaatlas.de

Deutsche Bucht

Die Deutsche Bucht stellt das für die Metropolregion Hamburg zentrale Meeresgebiet in der Nordsee dar. Sie grenzt unmittelbar an die Metropolregion und stellt die seewärtige Begrenzung der Tideelbe mit zentraler Bedeutung für die Stadt Hamburg sowie die angrenzenden Kreise dar.

Für einige Bereiche können durch relativ verlässliche Daten verhältnismäßig gute Aussagen zu Klimaänderungen in der Deutsche Bucht gemacht werden – zum Beispiel zur langfristigen Änderung der Oberflächentemperatur. Demnach hat sich die Meeresoberflächentemperatur bei Helgoland im Zeitraum von 1873 bis 1995 um etwa 0,6 bis 0,8 °C erwärmt. Seit etwa Mitte der 1980er Jahre wird ein verstärkter Anstieg beobachtet. Im Zeitraum von 1962 bis 2002 stieg die Meeresoberflächentemperatur bei Helgoland im Jahresmittel um etwa 1,1 °C. Parallel dazu wird derzeit eine Tendenz zu weniger starken Eiswintern beobachtet. Für den Oberflächensalzgehalt lässt sich dagegen keine systematische Änderung innerhalb der letzten 100 Jahre erkennen.

Der Meeresspiegel ist im globalen Mittel in den letzten 100 Jahren um etwa 1 bis 2 mm pro Jahr gestiegen. Es gibt jedoch beachtliche regionale Unterschiede. An einigen Pegeln in der Deutschen Bucht liegt der Meeresspiegelanstieg etwa im globalen Mittel. Doch zwischen vielen Pegeln gibt es Unterschiede, die bisher noch nicht ausreichend quantifiziert wurden. So können kaum verlässliche Aussagen getroffen werden. Eine systematische Beschleunigung des Meeresspiegelanstiegs lässt sich aus Pegelmessungen derzeit weder für die niederländische noch für die deutsche Nordseeküste ableiten.

Wie stark sich Sturmfluthöhen an der deutschen Nordseeküste ändern, hängt in erster Linie vom Meeresspiegelanstieg und vom Windklima in der Deutschen Bucht ab. Da sich die Windverhältnisse über der Nordsee in den letzten 100 Jahren nicht systematisch verändert haben, laufen Sturmfluten bisher nur aufgrund des Meeresspiegelanstiegs höher auf. Die windstaubedingten Anteile am Wasserstand zeigen keine Veränderung.

Für Angaben zum Seegang liegen nur relativ kurze Messreihen vor. Diese zeigen, dass sich der Sturmseegang in den letzten 45 Jahren um einige Dezimeter erhöht hat. Die Änderungen fallen jedoch mit entsprechenden Schwankungen im Sturmklima zusammen. Langfristig lässt sich kein Trend zu einer Zunahme erkennen – weder im Sturmklima noch beim Sturmseegang.

Für die Zukunft wird eine weitere Erwärmung des Wasserkörpers im Bereich der Deutschen Bucht von etwa 1 bis 2 °C bis 2100 erwartet. Zu möglichen Änderungen des Oberflächensalzgehaltes liefern die vorliegenden Studien keine eindeutigen Ergebnisse. Studien zu Änderungen des Eisklimas liegen nicht vor.

Laut aktuellem Sachstandsbericht des UN-Klimarats IPCC könnte sich der globale Meeresspiegel bis 2100 um etwa 2 bis 6 Dezimeter erhöhen. Außerdem können sich Prozesse in den großen Eisschilden Grönlands und der Antarktis so verstärken, dass sie den globalen Meeresspiegel zusätzlich ansteigen lassen. Insgesamt ist dann laut IPCC ein weltweiter Meeresspiegelanstieg von etwa 2 bis 8 Dezimeter bis 2100 plausibel. Klimarechnungen und Sturmflutszenarien für die Zukunft weisen darauf hin, dass Nordseestürme im Winter stärker werden und dass dementsprechend Sturmflutwasserstände windbedingt höher auflaufen können. Geht man davon aus, dass der Meeresspiegelanstieg an der deutschen Nordseeküste auch künftig etwa dem durchschnittlichen globalen Meeresspiegelanstieg entspricht, wird auch das Ausgangsniveau der Nordseesturmfluten in Zukunft weiter ansteigen. Zusammen mit einem veränderten Windklima können Nordseesturmfluten bis 2100 dann insgesamt etwa 3 bis 11 Dezimeter höher auflaufen als heute. Zusätzlich ist mit einer entsprechenden Erhöhung des Sturmseegangs im Bereich der Deutschen Bucht zu rechnen.

Tideelbe

Die Tideelbe reicht vom Wehr bei Geesthacht bis zur Mündung bei Cuxhaven. Der Wasserstand und die Strömung in der Tideelbe werden durch den Oberwasserzufluss der Elbe, durch die aus der Nordsee einlaufende Gezeitenwelle und durch den Wind geprägt. Diese Einflüsse überlagern sich und somit entwickelt sich der Wasserstand in der Tideelbe räumlich und zeitlich sehr unterschiedlich. Der Wasserstand ist außerdem abhängig von der Struktur des Flussbettes in der Tideelbe.

Der gegenwärtige Zustand des Flussbettes ist jahrhundertelang durch die Nutzung des Menschen geprägt worden. Änderungen im Flussbett haben Auswirkungen auf die Wasserstände. Besonders durch Ausbaumaßnahmen des Hamburger Hafens und der Fahrrinne ist in den vergangenen 50 Jahren das mittlere Tideniedrigwasser am Pegel St. Pauli um ca. 1 m abgesunken und das mittlere Tidehochwasser um ca. 0,5 m angestiegen. Der Tidenhub hat also erheblich zugenommen und liegt heute bei etwa 3,60 m.

Im Vergleich zu Cuxhaven laufen in Hamburg die Sturmfluten heute im Jahresmittel etwa 0,5 m höher auf als noch vor wenigen Jahrzehnten. Dreiviertel dieser Zunahme wird den durchgeführten Küstenschutzmaßnahmen an der Tideelbe zugeschrieben. Gleichzeitig treten Sturmfluten immer häufiger auf.

Die Vielzahl menschlicher Eingriffe in der Tideelbe haben das gesamte System derart überprägt, dass sich schwer feststellen lässt, welchen Anteil der Klimawandel an den Änderungen hat. Aktuelle Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass die Folgen des Klimawandels die Verhältnisse in der Tideelbe verändern werden. Szenarienstudien weisen darauf hin, dass das Abflussmaximum der Elbe sich weiter vom Frühjahr in den Winter verlagern wird, Niedrigwasserphasen früher im Jahr eintreten könnten, länger anhalten und das gewohnte Niveau deutlich unterschreiten. Der durch den Klimawandel bedingte zusätzliche Anstieg des Meeresspiegels wird zu einem weiteren Anstieg des mittleren Tidehochwassers in der Tideelbe führen. Dieser Anstieg wird größer sein als der Meeresspiegelanstieg im Küstenvorfeld. Außerdem wird bis 2030 ein Anstieg der jährlichen Höchstwasserstände am Pegel St. Pauli von etwa 20 cm erwartet und bis 2085 im Mittel von 63 cm.

ÖKOSYSTEME
>>

Wälder, Moore, Marschen, urbane Räume

Bislang liegen nur wenige Untersuchungen aus der Metropolregion Hamburg vor, die sich mit möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf terrestrische und semiterrestrische Ökosysteme beschäftigt haben. Allerdings gibt es zahlreiche Untersuchungen aus anderen Regionen, die einige Kernaussagen zulassen.

Die Auswirkungen des Klimawandels der vergangenen Dekaden auf die Phänologie von Pflanzen sind bereits offensichtlich: In Deutschland hat zwischen 1961 und 2000 die Vegetationsperiode um 2,3 Tage und der Beginn der Obstblüte um 2,0 bzw. 2,2 Tage pro Jahrzehnt früher eingesetzt. In Hamburg hat sich der Beginn der Forsythienblüte seit 1945 um etwa 4 Wochen verfrüht.

Erhöhte atmosphärische CO2-Konzentrationen bewirken eine veränderte Physiologie der Pflanzen. Bei einem reduzierten Stoff- und Energiewechsel (Assimilationswechsel) führt dies zu einer höheren Nettoprimärproduktion und höheren Wassernutzungseffizienz infolge verringerter Transpiration. Die quantitativen Ausprägungen der Reaktionen unterscheiden sich jedoch erheblich zwischen Pflanzentypen und auch zwischen einzelnen Arten.

Für Nord- und Zentraleuropa werden für das 21. Jahrhundert deutliche Veränderungen im Bodenwasser- und Bodenwärmehaushalt als möglich und plausibel beschrieben. Das sind die wesentlichen Steuergrößen terrestrischer und semiterrestrischer Ökosysteme. Allerdings lassen die verfügbaren Modelle und Messungen keine Aussagen zu den Folgen des Klimawandels in der Metropolregion zu.

Veränderte Klimabedingungen könnten deutliche Auswirkungen auf Waldökosysteme in der Metropolregion Hamburg haben. Neben der Rotbuche gelten Sandbirke, Spitz- und Bergahorn, Bergulme und Winterlinde als wenig vom Klimawandel „betroffen". Von einem wärmeren Klima profitieren wärmetolerante Baumarten wie zum Beispiel Stiel- und Traubeneiche, Hainbuche, Sommerlinde und Gemeine Esche, während Fichte und Kiefer in Mitteleuropa diesbezüglich als Risikobaumarten eingestuft werden.

Ästuarine Marschen und Küstenmarschen sind vor allem vom Meeresspiegelanstieg betroffen. Dieser kann zu erhöhter Erosion und somit Flächenverlusten der Marschen führen. Vor allem wenn nicht ausreichend Material in den Marschen sedimentiert, um den Meeresspiegelanstieg durch „Mitwachsen" der Marschoberfläche auszugleichen. Bislang vorliegende Untersuchungsergebnisse legen aber nahe, dass im Bereich des Elbe-Ästuars die Sedimentationsraten den erwarteten Meeresspiegelanstieg ausgleichen können. Eine durch den Meeresspiegelanstieg ausgelöste signifikante Verschiebung der Brackwassergrenze in Richtung Hamburg hätte negative

Auswirkungen auf die im Süßwasser-Tidebereich vorkommenden endemischen Pflanzenarten.

Moore haben als Kohlenstoffspeicher eine herausragende Bedeutung für das Klimageschehen. Eine Temperaturerhöhung und verminderte Sommerniederschläge in der Metropolregion können sich negativ auf die Anreicherung von Kohlenstoff in Mooren auswirken. Charakteristische (und heute selten gewordene) Arten artenreicher Feuchtwiesen könnten durch niedrigere sommerliche Wasserstände gefährdet und von weit verbreiteten und häufigen Arten des Wirtschaftsgrünlandes verdrängt werden. Abnehmende Wassergehalte könnten außerdem zu einer erhöhten Freisetzung von Stickstoff aus den (Torf-)Böden des Feuchtgrünlandes führen.

In den urbanen Ökosystemen der Metropolregion herrschen schon heute klimatische Bedingungen, die als mögliche zukünftige Klimazustände für den ländlichen Raum des norddeutschen Tieflandes diskutiert werden.

Elbe, Wattenmeer und Nordsee

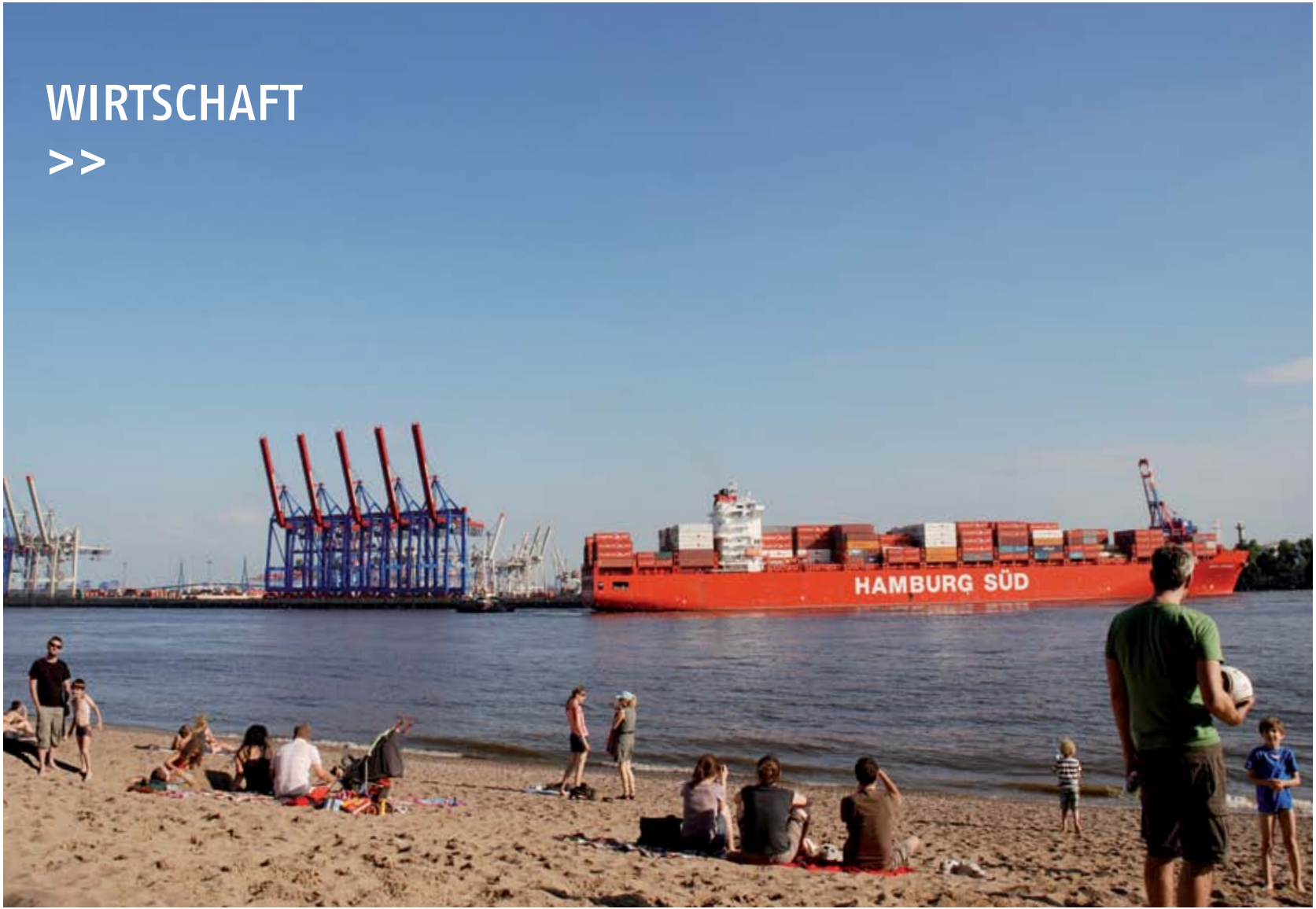
Zurzeit findet ein Einzug von neuen Arten in Elbe und Nordsee statt. Diese haben sich teilweise erfolgreich angesiedelt und zeigen sogar eine erhebliche Ausdehnung. Ein deutliches Beispiel ist die Ansiedlung der pazifischen Auster im Wattenmeer, deren Etablierung durch milde Wintertemperaturen ermöglicht wurde. Wie dauerhaft sich das Ökosystem Wattenmeer durch steigende Temperaturen verändert und möglicherweise noch weiter verändern wird, lässt sich noch nicht beurteilen. Es scheint jedoch sehr wahrscheinlich, dass ein weiterer Anstieg der Temperaturen zur Verschiebung von Tier- und Pflanzenarten führen wird. In der Nordsee könnten bei höheren Temperaturen vermehrt Quallen auftreten. Quallen sind ernsthafte Nahrungskonkurrenten für viele Fischarten und ein vermehrtes Auftreten könnte somit zu einer Gefährdung der Fischbestände führen.

Für die Zukunft wird erwartet, dass sich der Anstieg der Temperatur in Verbindung mit trockeneren Sommern weiter fortsetzt. Eine Folge wären kleinere Abflussmengen in der Elbe und ihren Nebenflüssen. Dieses wiederum könnte den sommerlichen Sauerstoffmangel in der Tideelbe weiter verstärken und in Verbindung mit höheren Temperaturen zu vermehrtem Fischsterben führen.

Eine stromaufwärts gerichtete Verschiebung der Trübungszone und der Brackwassergrenze im Zusammenhang mit dem Meeresspiegelanstieg wird ebenfalls vor allem in den trockeneren Sommern zu beobachten sein.

Zur Sedimentation auf Vordeichs- und Wattflächen und zu Veränderungen dieser Flächen finden sich unterschiedliche Aussagen. Zusammen mit einem steigenden Meeresspiegelanstieg können Änderungen in diesen Bereichen jedoch zu einer Gefährdung für die Tideauenwälder werden.

WIRTSCHAFT
>>



Tourismus

Untersuchungen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Tourismuswirtschaft der Metropolregion sind lediglich im Ansatz zu finden, vor allem für die Nordseeküste. Hier wird voraussichtlich in erster Linie die erwartete Verlängerung der Sommersaison positive wirtschaftliche Effekte mit sich bringen. Allerdings werden die erforderlichen verstärkten Anstrengungen im Küstenschutz bisweilen gegen die ökonomischen Interessen der Tourismusbranche stehen.

Durch steigende Touristenzahlen wird ein verstärkter Druck auf die Naturräume erwartet. Im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung dürfen diese ökologischen Aspekte jedoch nicht vernachlässigt werden.

Auch wenn die Wissenslage für die Metropolregion recht dünn ist, gibt es doch umfangreiche Forschungen zu den möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismussektor im Allgemeinen und zu anderen Regionen. In jedem Fall sollten Anpassungsstrategien entworfen werden, die touristische Regionen weiter wettbewerbsfähig halten. Solche Handlungsoptionen schlagen beispielsweise eine Verlagerung auf klimaunabhängige Angebote (zum Beispiel Indoor-Sporthallen, Wellness etc.) oder eine zeitliche Anpassung der Saisonzeiten sowie eine Bewusstseinsförderung bei Reiseanbietern und Reisenden vor.

Externe Faktoren, wie steigende Ölpreise, ein verändertes Reiseverhalten (zum Beispiel mehr Kurzreisen, höherer Qualitätsanspruch, individuell zugeschnittene Reisepakete) sowie neue Zielgruppen, die unter anderem durch den demografischen Wandel entstehen könnten, werden die Tourismusbranche zukünftig zusätzlich beeinflussen. Diese Faktoren sollten neben möglichen Klimaänderungen bei der Planung einer nachhaltigen Tourismusentwicklung mit berücksichtigt werden.

Die Frage, welche Bedeutung das Klima im Gegensatz zu den genannten externen Faktoren für die Reiseentscheidung hat, ist bisher wissenschaftlich nicht ausreichend erforscht worden. Bislang gibt es keine Modellierungen, die Klimaszenarien mit (sozial-) wissenschaftlich fundierten Tourismusszenarien systematisch verknüpfen.

Landwirtschaft

Für die Landwirtschaft in der Metropolregion werden sich vermutlich sowohl Chancen als auch Risiken ergeben. Allerdings liegen für das Gebiet noch zu wenige detaillierte Studien vor, um konkrete Aussagen treffen zu können. In der Literatur veröffentlichte Aussagen sind eher allgemeiner Natur. Zurzeit laufen jedoch einige Forschungsprojekte, die weitere Ergebnisse für die Region erwarten lassen.

Lediglich für das Obstbaugebiet Niederelbe liegen erste Abschätzungen zu den Auswirkungen des Klimawandels vor. Im Obstanbau könnten eine verlängerte Vegetationsperiode und steigende Temperaturen den Anbau neuer, spät reifender Apfelsorten (zum Beispiel Braeburn) zunehmend verbessern. Über viele Jahre etablierte Sorten wie der „Holsteiner Cox" werden vermutlich verdrängt, da diese Apfelsorte an die steigenden Temperaturen weniger gut angepasst ist.

Der beobachtete Temperaturanstieg hat bereits zu einem deutlich früheren Blühbeginn der Obstgehölze geführt. Im Alten Land blühen die Obstgehölze seit 1975 um wenigstens zwei Wochen verfrüht, im Extremfall sogar bis zu drei Wochen. Davon sind auch die Erntetermine betroffen. Spätfrostschäden am Apfel werden bei einem früheren Blühbeginn vermutlich nur leicht zunehmen, da die Spätfrostgefahr an der Niederelbe im Vergleich zu anderen Bundesgebieten nur gering steigen

wird. Zukünftig könnten Äpfel auch deutlich früher reif werden. Das kann zu Ertragsverlusten führen. Eine mögliche Anpassung ist, andere spät reifende Apfelsorten anzubauen.

Auch in der Schädlingsbekämpfung werden Anpassungen notwendig, beispielweise wenn im Obstanbaugebiet an der Niederelbe künftig mehr als eine Generation des Apfelwicklers im Jahr auftritt. Insgesamt wird eine Anpassung des Obstbaus an den Klimawandel als notwendig und effizient angesehen, so dass hierdurch letztendlich Kosten eingespart werden könnten.

Für den Pflanzenbau lassen sich folgende eher allgemeine Trendaussagen zusammenfassen: Die in einigen Teilen der Metropolregion im Vergleich zum Bundesdurchschnitt niedrigeren Temperaturen und die gute Niederschlagsversorgung stellen eine gute Ausgangslage dar, sodass die Auswirkungen der möglichen Klimaänderungen in dieser Region wohl eher gering sind. Die Anbaubedingungen könnten sich sogar verbessern. Eine längere thermische Vegetationsperiode kann zum Beispiel den Anbau anderer Sorten bzw. Kulturarten möglich machen. Nutzpflanzenarten mit einer relativ langen Vegetationszeit wie Zuckerrüben oder Körnermais können dann auch stärker in nördlichen Regionen angebaut werden. Letztendlich wird das Ausmaß des Klimawandels in der Region über die zu erwartenden Folgen in der Landwirtschaft entscheiden.

ANPASSUNGSPOTENZIALE >>

Stadt- und Raumplanung

Der wissenschaftliche Diskurs über planerisch-organisatorische Potenziale und Lösungsstrategien zur Anpassung an den Klimawandel befindet sich noch am Anfang. Dies gilt auch für die Metropolregion Hamburg. Weiter fortgeschritten ist dagegen die Auseinandersetzung mit Managementansätzen für einzelne Räume und fachplanerische Belange, zum Beispiel in Flussgebieten und Küstenräumen.

Planerisch-organisatorische Ansätze zur Anpassung an den Klimawandel sind Teil einer Climate Adaptation Governance. Diese Ansätze weisen auf ein breites Spektrum von formellen und informellen Gestaltungs- und Koordinationsformen für die Metropolregion hin. Formale Regelungsformen erfüllen dort eine wichtige Funktion, wo es um die verbindliche Steuerung zukünftiger Raumnutzungen geht, zum Beispiel das Freihalten von Überschwemmungsgebieten mithilfe der Landes-, Regional- und Bauleitplanung. Uneinigkeit herrscht allerdings hinsichtlich der Frage, ob den Belangen der Klimaanpassung innerhalb der Bauleitplanung das erforderliche Gewicht beigemessen werden kann, da die Unsicherheiten der Klimaszenarien keine eindeutigen Aussagen über mögliche Folgen zulassen.

Die Raumplanung kann die bestehenden Raum- und Siedlungsstrukturen mit hoheitlichen Instrumenten kaum beeinflussen. Informelle Regelungsformen gewinnen deshalb immer mehr an Bedeutung. Diese setzen auf die Überzeugung und Mitwirkung der Akteure. Informelle Instrumente, wie beispielsweise Leitbilder, Entwicklungskonzepte und Zielvereinbarungen, erhöhen die Chance auf kooperative Entscheidungsprozesse und können außerdem die Umsetzungsqualität von Anpassungsstrategien und Maßnahmen verbessern. Ökonomische Instrumente wie Förderprogramme oder Marktteilnahme und die Organisationsentwicklung ergänzen die planerisch-organisatorischen Lösungsstrategien.

Erfahrungen mit übergreifenden Konzepten liegen für die Metropolregion Hamburg bzw. Norddeutschland bereits durch das Flussgebietsmanagement und das Integrierte Küstenzonenmanagement vor. Die Konzepte orientieren sich mit ihren Lösungsstrategien an den naturräumlichen Gegebenheiten (Fluss, Küste). Diese raumbezogenen Ansätze weisen vielfältige Schnittstellen zu einem ebenen- und ressortübergreifenden Management der Folgen des Klimawandels auf. Sie müssen allerdings noch auf die spezifischen Anforderungen der Klimaanpassung ausgerichtet werden.

Ein Konsens besteht insgesamt darin, dass eine sinnvolle Kombination formeller und informeller Instrumente eine Grundvoraussetzung für wirkungsvolle Klimaanpassung in der Metropolregion Hamburg ist. Eine wichtige Anforderung für Planungs- und Managementprozesse liegt dabei zukünftig

darin, die bestehenden Unsicherheiten über die Auswirkungen des Klimawandels zu berücksichtigen und einen entsprechend dynamischen und flexiblen, aber zugleich ausreichend verbindlichen Regelungsrahmen zu konzipieren. Dabei geht es weniger um umfassende Pläne mit finalen Aussagen, sondern vielmehr darum, strategische Entscheidungsprozesse der Stadt- und Regionalplanung bzw. -entwicklung sowie der Fachplanungen auf zukünftig erwartete Klimaänderungen zu beziehen.

Hochwasserschutz

Der technische Schutz vor Hochwassergefahren ist eine Möglichkeit der Anpassung an ein sich änderndes Klima und ist in großen Teilen der Metropolregion durch die Nähe zur Nordsee seit jeher ein wichtiges Thema. Auch in anderen Bereichen sind technische Lösungsstrategien möglich und sinnvoll, beispielsweise im Wohnungsbau oder Regenwassermanagement. Das große Potenzial technischer Anpassungsmöglichkeiten ist für die Metropolregion bis heute nur in geringem Umfang untersucht und publiziert worden. Die Publikationen beziehen sich im Wesentlichen auf das Themenfeld Hochwasser- und Sturmflutschutz, aber auch auf den Binnenhochwasser- und Erosionsschutz.

Unabhängig vom Ausmaß des zu erwartenden Klimawandels wird für den Hochwasser- und Sturmflutschutz in der Metropolregion die Strategie der Anpassung favorisiert. Diese Strategie umfasst beispielsweise die Erhöhung von Deichen und Hochwasserschutzwänden. Neben dieser Strategie liegen prinzipielle Überlegungen zur Anlage eines Sturmflutsperrwerkes vor. Die Schaffung von Überflutungspoldern würde dem Wasser wieder mehr Raum geben und die Deiche entlasten. Konkrete wissenschaftliche Untersuchungen, wie sie etwa für die Unterweserregion vorliegen, existieren für Hamburg bisher nicht.

Technische Anpassungsmöglichkeiten für den Binnenhochwasserschutz der Stadt Hamburg wurden bereits wissenschaftlich untersucht. So liegen für ausgewählte Bereiche des Stadtgebiets (zum Beispiel Hamburg Wilhelmsburg) Erkenntnisse zur Anlage von „Kaskadierenden Flutkammersystemen“ vor. Das „Tideelbeprojekt“, das zunächst geplant war um den Sedimenttransport von der Elbemündung bis in den Hamburger Hafen zu verringern, hat sich als innovativer Ansatz zur Verminderung der Sturmflutgefährdung in der Metropolregion erwiesen.

Leitautoren des „Klimabericht für die Metropolregion Hamburg“

Frank-M. Chmielewski
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin

Martin Claussen
Max-Planck-Institut für Meteorologie und Meteorologisches Institut der Universität Hamburg

Franciscus Colijn
Institut für Küstenforschung des Helmholtz-Zentrums Geesthacht und FTZ Westküste der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Achim Daschkeit
Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass) des UBA und Geographischen Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Hans-Ulrich Fanger
Institut für Küstenforschung des Helmholtz-Zentrums Geesthacht

Harald Heinrichs
Institut für Umweltkommunikation der Leuphana Universität Lüneburg

Kai Jensen
Biozentrum Klein Flottbek der Universität Hamburg

Jörg Knieling
Arbeitsgebiet Stadtplanung und Regionalentwicklung der HafenCity Universität Hamburg

Gudrun Rosenhagen
Seewetteramt des Deutschen Wetterdienstes Hamburg

Michael Schatzmann
Meteorologisches Institut der Universität Hamburg

Nicole von Lieberman
Institut für Wasserbau der Technischen Universität Hamburg-Harburg

Hans von Storch
Institut für Küstenforschung des Helmholtz-Zentrums Geesthacht und Meteorologisches Institut der Universität Hamburg

Ralf Weisse
Institut für Küstenforschung des Helmholtz-Zentrums Geesthacht

Norbert Winkel
Bundesanstalt für Wasserbau Hamburg

Bildnachweis
© Frederico di Campo/Fotolia (S. 17 u.)
© Waldemar Doliwa/Bildarchiv Doliwa (S. 49 o.)
© Fotolia XIV (S. 55 u.)
© Michael Fritz (Titel, S. 3, S. 6/7, S. 8, S. 13, S. 17 o., S. 34/35, S. 42/43, S. 47, S. 63)
© Joachim G, Lizenz: http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode (S. 39)
© Susanne Güttler/Fotolia (S. 57)
© kameraauge/Fotolia (S. 50/51)
© Matthias Krüttgen/Fotolia (S. 55 o.)
© mahey/Fotolia (S. 18/19, S. 27 u.)
© M. ent. é/Fotolia (S. 22)
© Frédéric Prochasson/Fotolia (S. 27 o.)
© Rebel/Fotolia (S. 49 u.)
© Martin Stock/LKN-SH (S. 30, S. 41)

Herausgeber
KlimaCampus, Universität Hamburg
Exzellenzcluster CliSAP

Projektkoordination
Norddeutsches Klimabüro
am Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Zentrum für Material- und Küstenforschung

Redaktion
Prof. Hans von Storch
Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Zentrum für Material- und Küstenforschung

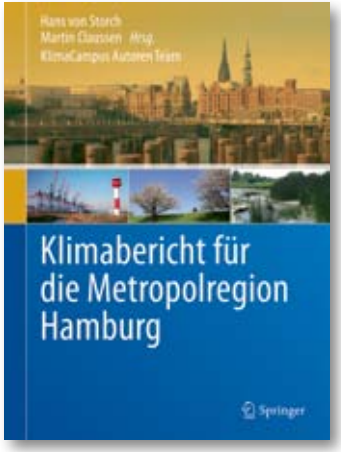
Julika Doerffer
Norddeutsches Klimabüro
am Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Zentrum für Material- und Küstenforschung

Ute Kreis
KlimaCampus, Exzellenzcluster CliSAP

Gestaltung
Michael Fritz Kommunikationsdesign, Hamburg

Überarbeitete Onlineauflage

Hamburg, 2010



Im Dezember 2010 erscheint im Springer Verlag die erste Auflage des **„Klimabericht für die Metropolregion Hamburg“.**
Das über 300 Seiten starke Buch ist in gebundener Ausgabe im Handel und als E-Book erhältlich. Es enthält 140 Abbildungen, 50 davon in Farbe.