

Handeln, um Risiken zu minimieren

# Gesundheit und Klimawandel





**Diese Broschüre** wendet sich an Medizinerinnen und Mediziner, an Pflegekräfte und an weitere Gesundheitsexpertinnen und -experten. Die Veränderungen im Zuge des Klimawandels werden vor allem Kinder, ältere Menschen, Schwangere, Sportler und Menschen, die im Freien arbeiten oder unter chronischen Krankheiten leiden, schon in absehbarer Zeit auch in Europa, auch in Deutschland zu spüren bekommen. Das legt der Weltklimarat in seinem Fünften Sachstandsbericht, der kürzlich erschienen ist, ausführlich dar. Zugleich konfrontieren die gesundheitlichen Folgen des Klimawandels alle Profis mit neuen Herausforderungen. Doch welche sind das? Was wissen wir bereits? Wie können wir vorsorgen? Darauf gibt diese Broschüre Antworten.

Im Text sind immer beide Geschlechter gemeint. Der Lesbarkeit wegen wird die gebräuchliche männliche Form verwendet.

## Vorwort



Guy Brasseur, Direktor des Climate Service Centers bis Juni 2014, ist Hauptautor des Vierten Weltklimaberichtes.

„Es kommt nicht darauf an, die Zukunft vorherzusagen, sondern auf sie vorbereitet zu sein.“ **Perikles**

„Die menschliche Gesundheit“, schreibt der Weltklimarat in seinem neuen Bericht, „ist verwundbar durch die Veränderungen des Wettergeschehens und andere Aspekte des Klimawandels.“ Steigende Temperaturen, häufigere Extremwetterereignisse wie Hitzewellen, Starkregen, Stürme, Hochwasser oder erhöhte UV-Belastung stellen neue Anforderungen an die Menschen in Deutschland, an ihre Gesundheit.

Höhere Temperaturen belasten dabei nicht nur das Herz-Kreislauf-System, sondern sie verlängern auch die Blühphasen der Bäume, Sträucher, Gräser und Kräuter und begünstigen die Ausbreitung sowie Einwanderung von wärmeliebenden Pflanzen mit (hoch-)allergenen Pollen. Die Abnahme von kalten Nächten und Tagen fördert die Vermehrung und Ausbreitung von Zecken, Mücken oder anderen tierischen Überträgern von Krankheitserregern. Und ob Nord- oder Ostsee, See oder Teich – viele Mikroorganismen in diesen Gewässern können von steigenden Temperaturen profitieren, die Menschen, die in ihnen schwimmen, eher nicht.

Jahrzehnte haben Wissenschaftler unterschiedlicher Disziplinen Ursachen und Folgen des Klimawandels erforscht. Sie haben untersucht, was wir tun können, um die Folgen abzuwehren oder abzumildern. Die relevanten Erkenntnisse sind in dem mehrere Tausend Seiten umfassenden Fünften Weltklimabericht, der seit Mitte April 2014 vorliegt, zusammengetragen. An ihm haben 837 Experten aus 85 Ländern der Erde gemeinsam mit zahlreichen Spezialisten gut drei Jahre gearbeitet.

In dem zweiten Teil des Fünften Berichtes greift der Weltklimarat erneut das Thema Klimawandel und Gesundheit auf. Dass gesund-

## Inhalt

Seite 04



### Erkenntnisse

Kapitel 1

Eine Übersicht über die zentralen Aussagen des kürzlich erschienenen Fünften Weltklimaberichtes.

Seite 10



### Gesundheit

Kapitel 2

Die Folgen des Klimawandels, die auch Deutschland erfassen, gefährden die menschliche Gesundheit.

Seite 20



### Zukunft

Kapitel 3

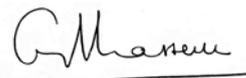
Wie sich das Klima in Zukunft ändern wird, hängt davon ab, was wir heute tun – Vorsorge ist aus Gesundheitsgründen nötig.

heitliche Risiken mit dem Klimawandel verbunden sind, darauf wies der Weltklimarat bereits mit seinem Vierten Sachstandsbericht aus dem Jahr 2007 hin. Auf Konferenzen, Fachtagungen und in Studien diskutierten Experten in der Folgezeit darüber. So veröffentlichte das Robert Koch-Institut 2010 die Studie „Klimawandel und Gesundheit – Ein Sachstandsbericht“ und gab gemeinsam mit dem Umweltbundesamt 2013 unter dem Stichwort „Klimawandel und Gesundheit“ erste Handlungsempfehlungen für Behörden und andere Akteure heraus. Die Autoren raten, Informationskampagnen zu starten, damit die Risiken des Klimawandels für die Gesundheit bewusster wahrgenommen werden. Das Climate Service Center hat sich entschlossen, nach dem Erscheinen des Fünften Sachstandsberichtes dieses Thema mit dieser Broschüre aufzugreifen. Wir danken allen Experten für ihre Unterstützung.

Zunächst beschreiben wir die zentralen Aussagen des Fünften Weltklimaberichtes. Im Fokus steht der bereits beobachtbare Klimawandel. Im zweiten Kapitel geht es um die gesundheitlichen Risiken, die mit dem Klimawandel in Deutschland verknüpft sind. Dabei stützen wir uns auf den Fünften Weltklimabericht, auf den Klimaatlas Deutschland des Deutschen Wetterdienstes, auf Veröffentlichungen

des Robert Koch-Instituts, des Umweltbundesamtes, des Bernhard-Nocht-Instituts für Tropenmedizin und auf regionale Klimaprojektionen beispielsweise des Climate Service Centers. Sie alle sind in den Quellen genannt. Das dritte Kapitel widmet sich den Prognosen des Weltklimarates insbesondere für Europa, und im vierten Kapitel skizzieren wir Maßnahmen, die schon heute zum Schutz der Gesundheit (und des Klimas) ergriffen werden können.

Natürlich beruhen nicht alle Risiken, die wir schildern, allein auf den Auswirkungen des Klimawandels – so würden Krankheitserreger aus anderen Regionen der Welt wohl seltener einwandern, wenn wir weniger reisten und weniger globalen Handel betrieben. Tun wir aber nicht. Viren, Bakterien, Pollen, Pilze, Algen und viele andere Erreger profitieren davon und stellen Ärzte sowie Patienten vor zusätzliche Herausforderungen. Wir müssen auf sie vorbereitet sein.



Mai 2014  
Prof. Dr. Guy Brasseur

Seite 26



Seite 30

## Handlungsbedarf

Kapitel 4  
Um die menschliche Gesundheit zu schützen, müssen Forschung, Fortbildung und Kooperationen vertieft werden.

Danksagung,  
Glossar,  
Quellen,  
Impressum

## Wer das Climate Service Center 2.0 ist

Das Climate Service Center 2.0 ist eine selbstständige wissenschaftliche Einrichtung des Helmholtz-Zentrums Geesthacht, Zentrum für Material- und Küstenforschung, mit Sitz im Chilehaus in Hamburg. Das Climate Service Center 2.0 ist eine Informations- und Beratungsplattform für alle Fragen zum Klimawandel und den daraus abzuleitenden Anpassungsstrategien. Als zentraler Ansprechpartner steht es Entscheidungsträgern aus der Politik, der Wirtschaft und Meinungsführern der öffentlichen Wahrnehmung zu Verfügung. Einhergehend mit dem Start der neuen Phase ab Juni 2014 wird es die unterschiedlichen Entscheidungsträger noch besser mit wissenschaftlich fundierten Produkten und Dienstleistungen unterstützen, wobei insbesondere noch stärker die Entwicklung von Prototypen für Beratungsdienstleistungen für Politik, Behörden und Wirtschaft vorangetrieben werden soll.

# Die zentralen Erkenntnisse des Weltklimaberichtes

Seit Jahrzehnten erforschen Wissenschaftler den Klimawandel. Die relevanten Erkenntnisse dieser Forschung sind in dem neuen, dem Fünften Weltklimabericht veröffentlicht, der mehrere Tausend Seiten umfasst. Hier die wichtigsten Aussagen.

Der Klimawandel hinterlässt seine Spuren in nahezu allen Lebensräumen auf unserer Erde. Es besteht kein Zweifel, dass sich unsere Erde seit dem 19. Jahrhundert erwärmt hat. Das zeigen Messungen. Wie sich die Temperaturen, der Meeresspiegel, die Gletscher, die Eisschilde, der Schneefall, der Niederschlag oder die extremen Wetterereignisse gewandelt haben, schildert der Weltklimarat (IPCC) im ersten Teil seines Fünften Sachstandsberichtes. In diesem Berichtsteil legen die Autoren die naturwissenschaftlichen Grundlagen des aktuellen Klimawandels dar. Ihre Erkenntnisse zeigen, dass die Auswirkungen des Klimawandels schon heute auch die Gesundheit der Menschen betreffen, und zwar rund um den Globus. Die Folgen des Klimawandels beeinflussen nicht nur die Ökosysteme aller Kontinente und Ozeane, sie lassen sich auch in Gesellschaft und Wirtschaft beobachten, wie der Weltklimarat im zweiten Berichtsteil beschreibt.

Der Sachstandsbericht bestätigt, dass dieser Klimawandel auf menschlichem Handeln beruht. „Es ist äußerst wahrscheinlich, dass der menschliche Einfluss die Hauptursache der beobachteten Erwärmung seit Mitte des 20. Jahrhunderts gewesen ist“, so der Weltklimarat. Damit sind sich die Experten noch sicherer als in ihrem Bericht aus dem Jahr 2007, dass der Mensch diesen Klimawandel antreibt.

Die Hauptursache der globalen Erwärmung ist die Freisetzung von Treibhausgasen wie Kohlendioxid, Methan oder Lachgas. Die Erdgeschichte lehrt, dass diese drei langlebigen Treibhausgase die höchsten Konzentrationen in der Atmosphäre seit 800.000 Jahren erreicht haben. Insbesondere seit dem Beginn der Industrialisierung um 1750 sind sie deutlich gestiegen: Die Konzentration des Kohlendioxids in der Atmosphäre erhöhte sich um 40 Prozent, die des Methans um 150 Prozent und die des Lachgases um 20 Prozent. „Dieser Anstieg ist die Hauptursache des Klimawandels“, stellen die Autoren fest.

Die Atmosphäre, die Weltmeere und die Böden speichern einen großen Anteil der freigesetzten Treibhausgase. So wurden etwa 30 Prozent der Treibhausgase von den Ozeanen und weitere 30 Prozent von den Böden absorbiert. Die vermehrte Aufnahme der Treibhausgase verändert die chemischen und möglicherweise biologischen Eigenschaften der Lebensräume auf unserer Erde, mit noch unab-



Die Gletscher schmelzen weltweit immer weiter ab, einige sind schon verschwunden. Die Eiskolosse sind Zeitzeugen des Klimawandels.



sehbarer Folgen für die Gesundheit und Ernährung der Menschen. So wird die Lebensmittelproduktion insgesamt eher beeinträchtigt. Wie sensibel die Märkte auf extreme Wetterereignisse schon jetzt reagieren, zeigen die starken Preissteigerungen für Nahrungsmittel und Getreide infolge regionaler Dürren. Der Klimawandel könnte diesen Trend beschleunigen.

### 1. Lufttemperaturen

Beinahe weltweit liegen die Lufttemperaturen über den Land- und Ozeanoberflächen höher als vor 100 Jahren. Die globale mittlere Temperatur stieg seit dem Ende des 19. Jahrhunderts um 0,85 Grad Celsius an. Dabei sind die letzten drei Dekaden die wärmsten drei Jahrzehnte seit dem Beginn der Wetteraufzeichnungen 1850, und die letzte Dekade war zudem auch die absolut wärmste. Auf der Nordhalbkugel lagen die Temperaturen im Zeitraum 1983–2002 so hoch wie seit 800 Jahren nicht mehr. Allerdings steigt die globale mittlere



Hochwasser zerstört Häuser und manchmal die seelische Gesundheit der Opfer.

Temperatur der bodennahen Luftschicht seit 15 Jahren nicht mehr so schnell an wie ursprünglich vom Weltklimarat erwartet. Trotzdem geht der Klimawandel weiter, betont der Weltklimarat ausdrücklich. An den Ursachen für das langsamere Ansteigen wird geforscht.

### 2. Temperaturen in den Weltmeeren

Ebenfalls sind die oberen Schichten der Weltmeere heute deutlich wärmer als noch vor 100 Jahren. Nahe der Wasseroberfläche, in den obersten 75 Metern, nahm die Temperatur in den vergangenen 40 Jahren im Mittel um 0,11 Grad Celsius pro Dekade zu. Auch in Tiefen bis zu 700 Metern, ja möglicherweise sogar bis zu 3000 Metern, wärmte sich das Wasser als eine Folge der Erderwärmung auf. Damit hat der Klimawandel die arten- und formenreiche Tiefsee erfasst, die aber bislang im Vergleich zu anderen Lebensräumen auf der Erde

noch wenig erforscht ist. Die Zusammensetzung der Fischarten hat sich regional infolge der Erwärmung bereits verändert.

### 3. Meeresspiegel

Der Meeresspiegel liegt seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts im globalen Mittel um 19 Zentimeter höher, die Werte fallen regional aber sehr unterschiedlich aus. Generell messen die Forscher einen deutlich schnelleren Anstieg der Meere seit dem Beginn der 1990er-Jahre. Auch entlang der nordeuropäischen Küsten steigt der Meeresspiegel zunehmend schneller an.

Die Ursachen für den globalen Meeresspiegelanstieg sind vielfältig. So dehnt sich das Wasser bei Erwärmung aus. Allein auf das Konto dieses Effektes sollen 3,2 Zentimeter des globalen Meeresspiegelanstiegs in den vergangenen 40 Jahren gehen. Auch das Abschmelzen der Gletscher und der Eisschilde infolge der globalen Erwärmung trägt zum Anstieg des Meeresspiegels bei.

Der höhere Meeresspiegel, so der Weltklimarat im zweiten Teil seines Berichtes, bringt auch größere Sturmfluten mit sich. Sie bedrohen das Leben und die wirtschaftliche Existenz von Bewohnern vieler Küstenregionen und/oder erfordern teure Schutzmaßnahmen, wie die Kosten allein für die Anpassungen der Deiche und die Schaffung neuer Flutungsgebiete in Europa zeigen.

### 4. Extreme Wetterereignisse

Hitzewellen, Starkregen, Stürme oder Fluten – der Klimawandel verändert auch die extremen Wetterereignisse, regional allerdings in sehr unterschiedlichem Ausmaß. Wo sie auftreten, schädigen sie etwa Infrastrukturen der Strom-, Wasser- und Gesundheitsversorgung, das Straßen- oder Schienennetz, technische oder chemische Anlagen.

Die Autoren des Weltklimaberichtes schreiben, dass in den vergangenen rund 60 Jahren die Anzahl der kalten Tage und Nächte abgenommen hat, während die Anzahl der warmen Tage und Nächte weltweit zugenommen hat. Weltweit sind Hitzewellen seit Mitte des 20. Jahrhunderts häufiger und länger geworden. Gerade in Europa, wo Temperaturaufzeichnungen über mehrere Hundert Jahre vorliegen, ist diese Entwicklung belegt. Hitzewellen werden zur Gesundheitsgefahr für die Bewohner großer Städte – und für alle, die im Freien arbeiten müssen, schreibt der Weltklimarat in dem zweiten Teil seines aktuellen Sachstandsberichtes.

Weltweit gibt es mehr Regionen, in denen Starkregenereignisse zugenommen als abgenommen haben. In Europa und Nordamerika nahmen die Ereignisse entweder in ihrer Häufigkeit oder in der Intensität zu. Zugleich traten im Mittelmeerraum und in Westafrika Dürreperioden häufiger auf. Für weltweite Trends bei Hochwasserereignissen können wenig Aussagen getroffen werden: Für Europa und Asien sind in einigen Regionen Abnahmen, in anderen Zunahmen oder keine Veränderungen in der Häufigkeit und Größe der Hochwasserereignisse zu verzeichnen. Außerdem hängt das Auftreten von

Hochwasserereignissen auch stark davon ab, ob bauliche Maßnahmen sie geradezu provozieren.

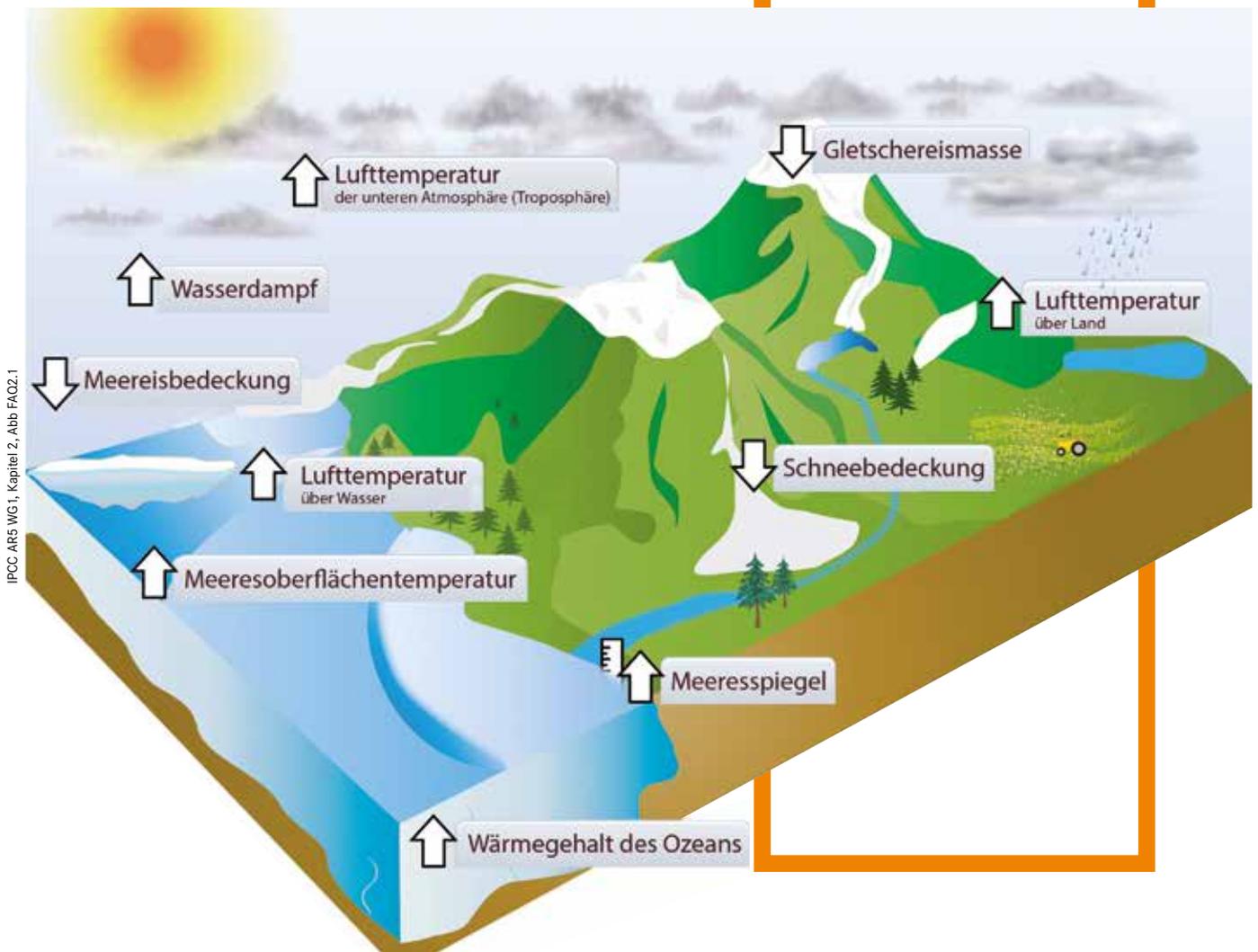
## 5. Eis

Die Eisschilde Grönlands und der Antarktis haben während der letzten beiden Jahrzehnte an Masse verloren. Seit 2002 schmilzt der Eisschild von Grönland schneller: In den Jahren 2002–2012 verlor Grönland ungefähr sechsmal so viel Eis wie in den zehn Jahren zuvor. Auch der Antarktische Eisschild schmilzt hinweg, vor allem auf der nördlichen Antarktischen Halbinsel und der Westantarktis. Auch hier wuchsen die Verluste seit 2002.

Zudem sind rund um den Nordpol die Klimaveränderungen zu sehen. In der Arktis ist das Meereis im Winter dünner geworden. Zudem ist das Meereis dort seit dem Ende der 1970er-Jahre im Jahresmittel etwa um 1,46 bis 1,68 Millionen Quadratkilometer geschrumpft. Das entspricht einer Fläche, die gut viermal so groß ist wie Deutschland.

## Woher wissen wir, dass die Erde sich erwärmt hat?

Der Klimawandel hinterlässt seine Spuren in nahezu allen Lebensräumen der Erde. Das zeigt diese IPCC-Grafik. Die globale Erwärmung erhöhte die Temperaturen in der Atmosphäre über Land und Wasser genauso wie an der Wasseroberfläche und in den Tiefen der Ozeane; sie verringerte das Volumen der Gletscher und die Bedeckung der Erde mit Schnee und Meereis; sie veränderte den Niederschlag. Die Beweise dafür trugen Forscher weltweit und unabhängig voneinander zusammen.



Insgesamt ist die Ausdehnung des Meereises in allen Jahreszeiten zurückgegangen, besonders stark im Sommer und Herbst. Im September 2012 wurde ein Minimum der Ausdehnung des arktischen Meereises mit etwa 50 Prozent geringerer Fläche im Vergleich zu 1979–2000 von Satelliten gemessen.

Rings um die Antarktis hingegen, allerdings regional unterschiedlich, wuchs die Fläche der Meereisausdehnung im Jahresmittel seit Ende der 1970er-Jahre um 0,43 bis 0,66 Millionen Quadratkilometer. Den Eisschild des siebten Kontinents schützt das nicht.

## 6. Permafrostböden

Weltweit tauen Böden, die bislang das ganze Jahr über gefroren waren, in Teilen auf. Dieser Prozess erschüttert nicht nur Bauwerke, weil sie kein festes Fundament mehr haben, er könnte auch den Klimawandel zusätzlich verstärken. Bislang konservieren diese Böden beachtliche Mengen an Kohlenstoff. Wenn der Permafrost taut, kann der Kohlenstoff durch Mikroorganismen in Treibhausgase wie Kohlendioxid und Methan umgewandelt werden. Werden diese Treibhausgase freigesetzt, könnten sie den Treibhauseffekt noch weiter beschleunigen. Besonders betroffen ist der europäische Teil im Norden Russlands. Dort nimmt die Dicke der Permafrostböden ab. Zugleich zogen sich die Permafrostböden dieser Region um bis zu 50 Kilometer nach Norden zurück, ihre Ausdehnung wird also immer kleiner, die Fläche, aus der Treibhausgase entweichen können, hingegen immer größer.

## 7. Schnee

In den mittleren Breiten macht sich im Zuge der Erderwärmung zudem der Schnee rar. Auf der Nordhalbkugel, in Nordamerika und Europa bedeckt im Frühjahr weit weniger Schnee die Berge als noch vor 50 Jahren. Besonders im März und April liegt weniger Schnee und in den Skigebieten weltweit wird Kunstschnee produziert – sofern es dafür noch kalt genug wird und genügend Wasser und Energie zur Verfügung stehen.

## 8. Gletscher

Die Erderwärmung ist auch an den Gebirgsgletschern ablesbar. Auf vielen Bergketten rund um die Welt sind in den vergangenen Jahrzehnten die Eispanser geschrumpft oder bereits verschwunden. Mehr als 600 Gebirgsgletscher, die einst Berge in Kanada und Patagonien, die Rocky Mountains, die Anden, die Alpen, das Tien Shan in Zentralasien sowie Berge in Südamerika, Afrika und Asien bedeckten, seien inzwischen nicht mehr vorhanden, so die Wissenschaftler des Weltklimarates. Die Gletscher in den Alpen schrumpften in den vergangenen gut 150 Jahren um etwa ein Drittel ihrer Fläche und verlo-

Die Versauerung und die Erwärmung der Meere bedrohen die Korallenriffe und alle anderen maritimen Ökosysteme.





ren zugleich zwei Drittel ihrer Eismasse. Sofern die Gletscher die Menschen mit Trinkwasser versorgen, stellt ihr Schwund die betroffenen Regionen vor existenzielle Herausforderungen.

## 9. Niederschlag

Die Niederschläge veränderten sich regional sehr unterschiedlich, so die Autoren des Weltklimaberichtes. Während die Niederschlagsmengen in den vergangenen 60 Jahren in trockenen Regionen der Subtropen abnahmen, fielen vermehrt Niederschläge in den feuchten Regionen der Tropen und auch in den mittleren Breiten der Nordhalbkugel.

## 10. Versauerung der Ozeane

Die Ozeane, die 70 Prozent der Erdoberfläche ausmachen, nehmen aus der Atmosphäre ständig Kohlendioxid auf. Es löst sich im Meerwasser und liegt dann in Form unterschiedlicher anorganischer Verbindungen vor. Solange die Meere Kohlenstoffdioxid speichern, wirken sie der Erderwärmung entgegen – aber um den Preis, dass sich ihre chemische Zusammensetzung ändert, ihr pH-Wert sinkt. Während Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre physikalisch zu steigenden Temperaturen auf der Erde führt, wirkt es im Meerwasser chemisch.

Direkt betroffen von dieser Versauerung sind zunächst einmal alle die Meeresbewohner, die – wie Muscheln oder Korallen – Kalkschalen beziehungsweise Kalkskelette bilden. Ihre Fähigkeit, kalkhaltige Schutzhüllen zu formen, sinkt mit abnehmendem pH-Wert. Damit ist das Überleben dieser und anderer Tiere bedroht und das komplexe Beziehungsgeflecht der Meeresbewohner und die Nahrungsnetze in den Weltmeeren werden verändert – mit Folgen auch für die Ernährung des Menschen. Die Versauerung der Weltmeere ist neben der globalen Erwärmung der Erde die Hauptfolge der vermehrten Freisetzung des Treibhausgases Kohlendioxid durch den Menschen.

## 11. Artenvielfalt

Die Lebensgemeinschaften zu Land und in den Meeren wandeln sich immens. Schon jetzt wandern Fische aus südlicheren Gefilden immer weiter nördlich, Zugvögel verschieben Reiserouten und Reisezeiten, der Alpenflora fällt die Anpassung an steigende Temperaturen schwer, die Korallenriffe und das Leben in der Arktis sind bedroht. Mit den Ökosystemen, und das gilt weltweit, ist zugleich die Lebensgrundlage der Menschen bedroht. Die Analyse zahlreicher Studien, die ein breites Spektrum von Regionen und Pflanzenarten erfassen, zeigt, dass die negativen Auswirkungen auf die Ernteerträge die positiven übertreffen.



Pinguin-Küken sind extremes Wetter gewöhnt, doch wie reagieren sie auf den Klimawandel?

## Folgen für die Gesundheit

Die Veränderungen des Klimas treffen vor allem Kinder, ältere Menschen, Schwangere, Sportler und Personen, die im Freien arbeiten oder unter chronischen Krankheiten leiden.

Ob Sonne oder Regen, ob Hitze oder Kälte, ob Wind oder Sturm – der Mensch reagiert auf Wetterveränderungen, passt sich den Schwankungen in Luftdruck, Temperatur, Feuchte und Helligkeit an; nicht nur physiologisch, auch psychologisch und sozial. Der Klimawandel, den der Weltklimarat in seinem kürzlich veröffentlichten Fünften Bericht darstellt, wird eine Reihe von Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen in Europa haben. Die Arbeitsgruppe 2 des Weltklimarates beschreibt die Folgen in ihrem 2600 Seiten starken Bericht „Impacts, Adaptation and Vulnerability“. Der Teilbericht, den 309 Wissenschaftler aus 70 Ländern auf der Basis von mehr als 12.000 wissenschaftlichen Studien und mit Unterstützung von weiteren 436 Autoren erstellt haben, enthält auch Kapitel zu den Themen Gesundheit sowie Klimawandel in Europa.

Speziell ältere Menschen, Kinder, Schwangere und Menschen, die im Freien arbeiten oder an chronischen Krankheiten leiden, werden von den klimatischen Veränderungen betroffen sein. Bislang erhöhten insbesondere die steigenden Temperaturen das Krankheitsrisiko. Seit 1950 haben die heißen Tage, die tropischen Nächte und Hitzewellen in Europa zugenommen, während Kälte und Frost seltener auftraten. In dem gleichen Zeitraum wurde in Deutschland registriert, dass insbesondere bei Hitzewellen vermehrt Menschen an Herz-Kreislauf-Erkrankungen litten oder sogar verstarben. Die Erwärmung verlängerte zudem die Pollenflugsaison in den vergangenen 30 Jahren nach Studien des Deutschen Wetterdienstes im Schnitt um zehn Tage. Damit stieg die Belastung der Allergiker.

Der Klimawandel beeinflusst die menschliche Gesundheit, die physische wie die psychische, auf mehreren Wegen, erläutert die Arbeitsgruppe 2 des Weltklimarates: Direkt wirken sich die zukünftigen Temperatur- und Niederschlagsveränderungen, die vermehrt auftretenden Hitzewellen und Überschwemmungen, Dürren und Brände auf die menschliche Gesundheit aus. Indirekt werden zudem Folgen des Klimawandels wie die Einwanderung neuer Krankheitserreger oder die Zunahme von bodennahem Ozon bei sommerlichen Hochdrucklagen der menschlichen Gesundheit zusetzen. Außerdem können im Zuge des Klimawandels soziale Probleme in Europa auftreten, die





mit Konflikten und Stress verbunden sind und zumindest das Wohlbefinden tangieren.

Schon heute führen die hohe Mobilität des Menschen und der weltweite Handel zu einer rapiden Ausbreitung von Erregern, wie die SARS-Pandemie (Severe Acute Respiratory Syndrome) im Winter 2002/2003 zeigte. Die zu erwartende Temperaturerhöhung eröffnet eingeschleppten Krankheitserregern und Krankheitsüberträgern neue Lebensräume in Europa. Lebensweisen, Umweltbedingungen und Wirt-Erreger-Interaktionen beeinflussen dabei die Verbreitungschance, die neue (alte) Krankheiten nach Deutschland bringen können.

### Allergie

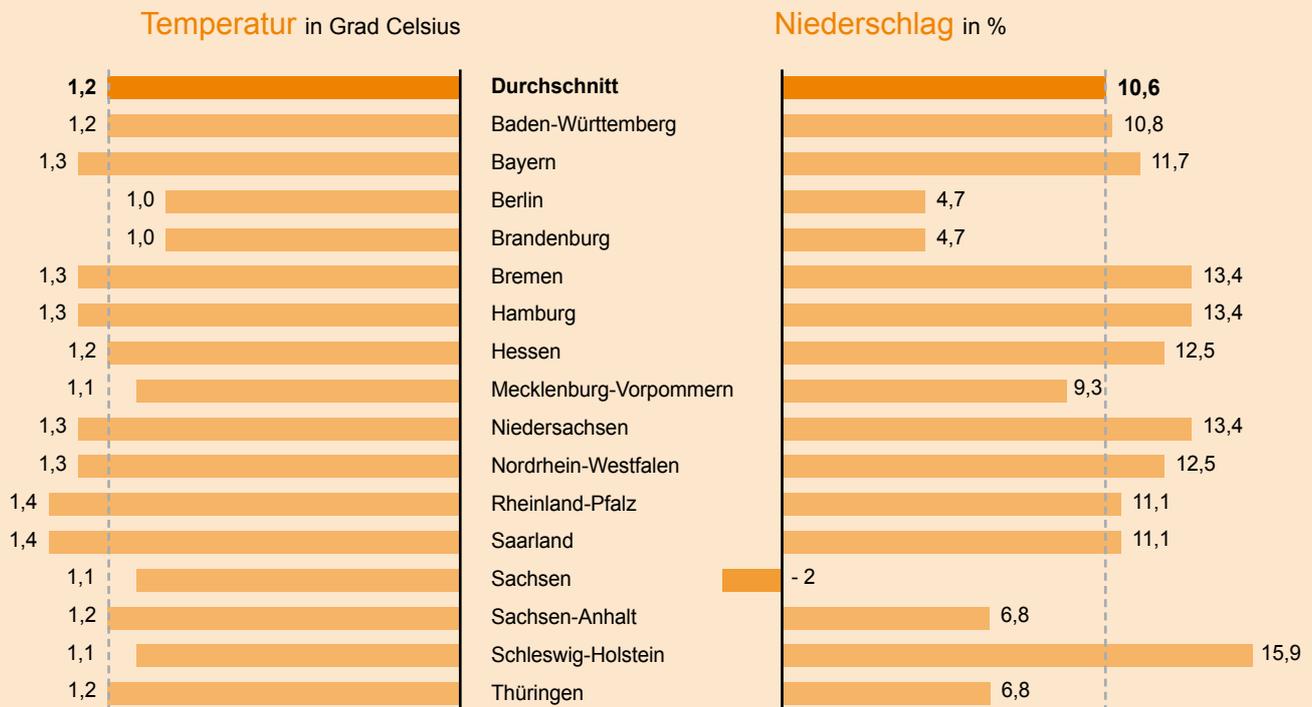
Allergien sind in den vergangenen Jahrzehnten zunehmend häufiger aufgetreten. Die Ursachen dafür sind nicht alle geklärt. Fest steht jedoch, dass zu den Umweltfaktoren, die Allergien begünstigen, auch der Klimawandel mit einhergehender Temperaturerhöhung zählt. Die bisherigen Beobachtungen lassen daher vor allem eine Schlussfolgerung zu: Mit zunehmendem Klimawandel wird sich für Asthmatiker und Allergiker die jährliche Leidenszeit verlängern, da die allergieauslösenden Pflanzen länger blühen. Steigende Temperaturen und die ansteigende Konzentration von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre begünstigen außerdem das Pflanzenwachstum und steigern die Pollenproduktion allergieauslösender Pflanzen. Damit erhöht sich die Belastung der Allergiker zusätzlich.

In den Ballungsgebieten beeinflussen zudem Luftschadstoffe, die unter bestimmten sommerlichen Wetterlagen vermehrt gebildet werden, die Aggressivität der Pollen. So steigern polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs), die in Pollen eingelagert werden, das allergene Potenzial der Pollen. Außerdem entstehen sogenannte Allergen-Aerosole in der Außenluft. Diese Feinstaubpartikel binden Allergene an sich, die die Pollen zuvor in der Atmosphäre freigesetzt haben. Die Allergen-Aerosole besitzen zusätzlich zu den Pollen ein allergenes Potenzial.

Mit den im Zuge des Klimawandels steigenden Temperaturen fühlen sich in Deutschland zunehmend auch Pflanzen wohl, die in wärmeren Regionen Europas wachsen und ebenfalls ein hohes allergenes Potenzial haben. Dazu zählt insbesondere *Ambrosia artemisiifolia*, das Beifußblättrige Traubenkraut (Ragweed), das aus Nordamerika kommend sich in weiten Teilen Europas ausgebreitet hat und auch in

# Klimawandel in Deutschland

Auch in Deutschland ist der Klimawandel messbar, und er fällt in den einzelnen Regionen unterschiedlich aus, wie die unten stehenden Grafiken zeigen. Sie stellen dar, wie sich die Temperatur und der Niederschlag im Jahresdurchschnitt in den vergangenen 130 Jahren (1881–2012) verändert haben.



## Sonnenscheindauer

Die Temperatur ist, betrachtet man Deutschland gesamt, im Jahresmittel in den vergangenen gut 130 Jahren (1881–2012) um 1,2 °C gestiegen. Die Niederschlagsmenge nahm um etwa 10 Prozent zu, weil vor allem die Winter feuchter geworden sind. Hier errechnete der DWD eine Zunahme von 30 Prozent, während im Sommer die mittlere Niederschlagsmenge um 1,2 Prozent sank.

In Deutschland scheint, im Vergleich zu 1951, fast überall die Sonne etwas häufiger. Um 4,3 Prozent stieg die Sonnenscheindauer, gemessen in Stunden, deutschlandweit. Nur in **Mecklenburg-Vorpommern** (minus 1,4 %) und in **Schleswig-Holstein** (minus 1,1 %) ist von diesem Trend nichts zu spüren. In **Brandenburg** und **Berlin** nahm die Sonnenscheindauer um 1,9 %,

in **Hessen** um 2 %, in **Bayern**, in **Rheinland-Pfalz** und dem **Saarland** um 2,2 %, in **Baden-Württemberg** um 3,1 %, in **Sachsen** um 3,4 % zu. Überdurchschnittlich stieg die Sonnenscheindauer in **Bremen**, **Hamburg** und **Niedersachsen** (5,9 %) und in **Sachsen-Anhalt** sowie **Thüringen** (7,1 %) und **Nordrhein-Westfalen** (7,8 %).

Deutschland auf dem Vormarsch ist. Die hochallergenen Pollen lösen ab August/September den sogenannten Spätsommerheuschnupfen aus. Bei milden Wintern, die im Zuge des Klimawandels in Deutschland wohl häufiger auftreten werden, können die Pollen noch bis in den Dezember hinein allergische Reaktionen bewirken. Der direkte Kontakt mit dem Blütenstand kann Hautirritationen auslösen.

### Luftverschmutzung

Luftschadstoffe zählen schon heute zu den größten Risikofaktoren für die menschliche Gesundheit, so die Arbeitsgruppe 2 des Weltklimarates in ihrem Bericht. Feinstaub und bodennahes Ozon verursachen jedes Jahr mehrere Millionen Tote weltweit. Mit dem Klimawandel werden die Menschen in Deutschland häufiger heiße Tage erleben, die in der Regel mit einer erhöhten Konzentration von Feinstaub in der Atemluft und der Bildung von bodennahem Ozon vor allem in städtischen Ballungsgebieten einhergehen. Das farblose und giftige Gas bildet sich durch komplexe photochemische Reaktionen aus unterschiedlichen Vorläufersubstanzen (Stickoxiden, Kohlenstoffmonoxid, Methan u. a.) unter Sonneneinstrahlung. Bodennahes Ozon kann die Schleimhäute reizen, entzündliche Reaktionen in den Atemwegen auslösen, die Lungenfunktion einschränken, Kopfschmerzen bewirken. Betroffen sind vor allem Arbeiter und Sportler, die im Freien aktiv sind, und (Klein-)Kinder, die öfter im Freien spielen. Auch Menschen, die bereits unter einer Allergie der Atemwege, unter Asthma oder anderen chronischen Lungenerkrankungen leiden, zählen zu den Risikogruppen. Eine Analyse der Hitzewelle, die Europa 2003 erfasste, kommt zu dem Ergebnis, dass vermutlich 50 Prozent der Todesfälle nicht direkt durch die Hitze, sondern durch die erhöhte Belastung mit bodennahem Ozon bedingt sind. Das schreibt die Arbeitsgruppe 2 des Weltklimarates in ihrem Bericht. Aus Gründen der Prävention ist eine Verminderung der Luftschadstoffe bereits heute geboten. Die Autoren weisen auch darauf hin, dass Waldbrände die Schadstoffbelastung der Luft deutlich erhöhen können. Für einige Regionen in Deutschland, vor allem im Osten und Südosten, wird im Zuge des Klimawandels mit mehr Waldbränden gerechnet.

### Sonnenschein/UV-Strahlung

Vermehrte Sonnen- und UV-Einstrahlung begünstigt nicht nur die Entstehung von bodennahem Ozon, sie erhöht auch das Risiko, an Sonnenbrand, Bindehautentzündungen und („weißem“ wie „schwarzem“) Hautkrebs zu erkranken. „Zugleich hat das Sonnenbaden aber den gesundheitlichen Vorteil, dass vermehrt Vitamin D produziert wird, das für die Gesundheit sehr wichtig ist“, so die Arbeitsgruppe 2 des Weltklimarates. Sie fügt hinzu: Allerdings könnten höhere Außentemperaturen in Ländern, in denen es bislang nicht so warm sei, die Menschen dazu verleiten, sich deutlich mehr im Freien aufzuhalten. Dann seien negative Effekte für die Gesundheit möglich. Wenngleich die mittlere Sonnenscheindauer in den vergangenen Jahren in

Deutschland nur wenig zugenommen hat, wie die Tabelle auf Seite 12 zeigt, gilt es, durch umfassende Aufklärung insbesondere von Menschen, die im Freien arbeiten, und von Menschen, die mit Kindern arbeiten, Vorsorge zu treffen.

### Extremwetter

Sturmfluten und Überschwemmungen, Hitzewellen und Waldbrände, Winterstürme und Starkregen – extreme Wetterereignisse werden an Häufigkeit und Intensität zunehmen. Sie sind wohl die sichtbarsten Gefahren für die menschliche Gesundheit, die mit dem Klimawandel verbunden sind. Ihre Auswirkungen sind vielfältig. Die Betroffenen können sich verletzen, psychisch traumatisiert werden und langfristig



Effektiver Sonnenschutz ist auch in Deutschland angeraten – allerdings nicht so massiv wie bei den Kindern in Australien.

unter Angstzuständen, Depressionen, Aggressionen oder Psychopathologien leiden oder sogar das Leben verlieren.

### Starkregen/Hochwasser

Starkregenfälle im Einzugsgebiet großer Flüsse führten in der Vergangenheit immer wieder zu Hochwasser und Überschwemmungen. Seit dem Beginn der 1990er-Jahre notierten die Hydrologen an Rhein und Neckar, an der Oder und der Elbe mehrfach Rekordhochwasser. Die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge in Deutschland erhöhte sich, wie die Grafik auf Seite 12 zeigt, um etwa zehn Prozent, wobei im Winter etwa 30 Prozent mehr Niederschlag fallen. Der Weltklimarat geht davon aus, dass dieser Trend in Deutschland anhält. Damit Menschen, Gebäude und landwirtschaftliche Nutzflächen vor Hochwasserschäden geschützt werden, sollten hochwasser- und erosionsgefährdete Gebiete möglichst nicht bebaut werden.

Überschwemmungen und Stürme, so die Arbeitsgruppe 2 des Weltklimarates, beeinflussen die menschliche Gesundheit vielschichtig. Neben den oben geschilderten Folgen bestehe zudem eine

erhöhte Gefahr, an Darminfektionen oder Schimmelpilzen zu erkranken. Mit den Überschwemmungen können sich die Erreger von Darm-erkrankungen wie Giardia, Cryptosporidium und Vibrien verbreiten. Und in den Häusern, in denen Wasser stand, können sich in dem durchfeuchteten Mauerwerk Schimmelpilze ausbilden. Asthmatiker, Allergiker und Menschen mit einem geschwächten Immunsystem sind besonders anfällig für Erkrankungen, die durch Schimmelpilze ausgelöst werden können. Daher ist eine sorgfältige Sanierung nach einem Hochwasser schon aus gesundheitlichen Gründen unerlässlich.



**Bauarbeiter** zählen zu den Personengruppen, die der Klimawandel besonders treffen wird, weil sie der Hitze ausgesetzt sind.

Wie tief derartige Extremwetterereignisse die psychische Gesundheit der Menschen beeinflussen, zeigt die Arbeitsgruppe 2 des Weltklimarates an Studien aus England und den USA auf. Demnach traten psychische Krankheitssymptome wie Stress, Depression und Verängstigung bei den Menschen, die 2007 die Hochwasser in England und Wales direkt miterlebt hatten, zwei- bis fünfmal häufiger auf als bei Personen, die nicht von diesem Extremwetterereignis betroffen waren. Und in den USA litten Opfer von Hurrikan „Katrina“ noch fast zwei Jahre nach dem Extremwetterereignis an psychischen Problemen.

Gesundheitliche Risiken bestehen zudem, wenn ein Hochwasser technische oder chemische Anlagen, Tanks oder Rohstofflager flutet. Dann können Chemikalien, Baustoffe, Futtermittel, Treibstoffe, Abfälle, Brennstoffe oder anderes in die hochwasserführenden Flüsse strömen und das Trinkwasser belasten oder sogar verseuchen.

### Steigende Temperaturen/Hitzewellen

Steigende Temperaturen und vor allem Hitzewellen beeinflussen die körperliche Leistungsfähigkeit und das Wohlbefinden der Menschen direkt. Die Ergebnisse der Arbeitsgruppe 1 des Weltklimarates zeigen,

dass es bereits jetzt mehr heiße Tage, tropische Nächte und Hitzewellen als noch vor gut 60 Jahren gibt. Die Wissenschaftler sind sich zudem sehr sicher, dass in Deutschland Hitzewellen zukünftig häufiger auftreten und länger anhalten werden. Das belastet vor allem Menschen, die wie Bauarbeiter, Straßenarbeiter oder Landwirte im Freien arbeiten müssen. Gefährdet sind außerdem ältere Menschen, Säuglinge, Kleinkinder, Schwangere sowie Menschen mit chronischen Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Nierenerkrankungen.

„Am bemerkenswertesten ist der robuste Zusammenhang zwischen heißen Tagen und einer erhöhten Sterblichkeit“, so die Arbeitsgruppe 2 des Weltklimarates. Es sei sehr wahrscheinlich, dass der menschengemachte Klimawandel das Risiko für sommerliche Hitzewellen in Europa im Zeitraum 1999–2008 mindestens vervierfacht hat. So starben nach Hochrechnungen von Epidemiologen im Hitzesommer 2003 etwa 7000 Menschen infolge dieser thermischen Belastung. Es traf vor allem ältere Menschen. In Frankreich waren 80 Prozent der Verstorbenen über 75 Jahre alt. Sie erlitten einen Hitzschlag, Herzinfarkt oder ihre Nieren versagten. Seit 2005 gibt es, als Reaktion auf den Hitzesommer 2003, beim Deutschen Wetterdienst ein spezielles Hitzewarnsystem.

Auch schnelle, häufige Temperaturwechsel können die Thermoregulation des menschlichen Körpers überfordern. Die Autoren des Weltklimarates zitieren eine US-Studie, in der Menschen, die älter als 65 Jahre waren, im Zeitraum von 1985–2006 begleitet wurden. Die Studie zeigt, dass eine größere Variabilität in der Temperatur mit einer geringeren Überlebensrate einhergeht. Inwieweit dieser Befund durch die Lebensgewohnheiten der Teilnehmer beeinflusst wurde, ist unklar. Denn wer immer im Haus bleibt und nur warm duscht, trainiert seine Thermoregulation nur unzureichend.

Ob die milderen Winter, die infolge des Klimawandels häufiger auftreten werden, die Sterblichkeit im Winter senken, ist unklar. „Nach allem, was wir wissen, gehen wir davon aus, dass Mitte des Jahrhun-

### Das Vorsorgeprinzip

Angesichts der Gefahr irreversibler Umweltschäden soll ein Mangel an vollständiger wissenschaftlicher Gewissheit nicht als Entschuldigung dafür dienen, Maßnahmen hinauszuzögern. Bei Maßnahmen, die sich auf komplexe Systeme beziehen, die noch nicht voll verstanden worden sind und bei denen die Folgewirkungen von Störungen noch nicht vorausgesagt werden können, könnte der Vorsorgeansatz als Ausgangsbasis dienen.

Erklärung der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung, 1992 in Rio



Bei Hitze kollabieren manche Menschen, denn sie belastet Herz und Kreislauf stark. Hitzewellen werden in Zukunft häufiger und intensiver auftreten, die gesundheitlichen Folgen auch.

derts die hitzebedingte Sterblichkeit größer sein wird als die Abnahme der Sterblichkeit im Winter“, so der Weltklimabericht. In einer alternativen Gesellschaft wie der deutschen stellt die projizierte Entwicklung eine große Herausforderung für das Gesundheitssystem und seine Akteure dar.

## Infektionen

Wie sich Infektionskrankheiten in Europa im Zusammenhang mit dem Klimawandel ausbreiten, kann gegenwärtig nicht abschließend beantwortet werden, betont die Arbeitsgruppe 2. Gleichwohl wird der Klimawandel die Aus- und Verbreitung von Infektionskrankheiten auf längere Sicht auch in Deutschland beeinflussen. Klimatische Faktoren wirken sich direkt auf die (Über-)Lebensbedingungen der Krankheitserreger, ihrer Überträger, sogenannter Vektoren, und ihrer Reservoir- oder Wirtstiere aus. Nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation beträgt der Anteil der Vektor-übertragenen Krankheiten an den Infektionskrankheiten global etwa 17 Prozent.

Stechmücken sind mit mehr als 3500 Arten weltweit, von denen rund 50 in Deutschland vorkommen, die größte Gruppe blutsaugender Insekten und medizinisch die relevantesten Krankheitsüberträger. „Die weltweit bedeutendsten Stechmücken-assoziierten Erkrankun-

gen sind Virus-bedingte Erkrankungen durch Dengue-, Chikungunya- oder West-Nil-Virus, aber auch Infektionen mit Parasiten wie Malaria und Filariosen gehören dazu“, stellen die Autoren des kürzlich im Bundesgesundheitsblatt erschienenen Artikels „Stechmücken als Überträger exotischer Krankheitserreger in Deutschland“ fest. Bis vor wenigen Jahren seien diese Infektionen fast ausschließlich in Afrika und Asien übertragen worden, doch in den vergangenen zehn Jahren habe sich die Situation verändert. Invasoren wie die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*), die Asiatische Buschmücke (*Ochlerotatus japonicus*) und die Gelbfiebermücke (*Aedes aegypti*) werden in Europa in absehbarer Zukunft wohl eine bedeutende Rolle bei einer möglichen Neuausbreitung von Krankheiten spielen.

Um das Risiko einer Ausbreitung abschätzen zu können, laufen seit mehreren Jahren in Deutschland Projekte zur Erfassung von Stechmücken und ihren Pathogenen. Daran beteiligt sind das KABS, das Friedrich-Löffler-Institut und das Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin; das Robert Koch-Institut wertet die Daten aus. Bekannt ist, dass in Stechmücken aus Deutschland zoonotische Arboviren (arthropod-borne viruses) mit humanpathogener Bedeutung wie Usutu-, Sindbis-, Tahyna- und Batai-Viren vorkommen. In Stechmücken aus Brandenburg fanden die Forscher wiederholt Filarien wie den Hunde-

hautwurm, und in Baden-Württemberg tauchten Krankheitserreger der Leishmaniose auf. Mit weiteren viralen und parasitären Erregern muss gerechnet werden.

Das Dengue-Fieber ist unter den von blutsaugenden Insekten übertragenen Infektionskrankheiten diejenige, die sich weltweit am schnellsten ausbreitet. In den vergangenen 50 Jahren, so die Weltgesundheitsorganisation, wurde ein 30-facher Anstieg der Erkrankungshäufigkeit beobachtet. Studien belegen, dass der Klimawandel die Ausbreitung des Dengue-Fiebers fördert. In Europa trat das Dengue-Fieber 2012 zum ersten Mal in Madeira (Portugal) auf. Die Arbeitsgruppe 2 des Weltklimarates weist in ihrem Bericht darauf hin, dass die Mückenarten *Aedes aegypti* und *Aedes albopictus*, die Dengue-Viren übertragen, klimasensitiv sind und durchaus in neue Gebiete einwandern. In den vergangenen zwei Jahrzehnten seien, so die Experten, die klimatischen Bedingungen für die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*) in Nordwesteuropa besser geworden. Die Asiatische Tigermücke, die neben den Dengue-Viren auch die Chikungunya-Viren überträgt, „könnte sich im Zuge des Klimawandels nach Osten und Norden ausbreiten“.

Chikungunya-Fieber ist in den vergangenen Jahren bereits in Europa beobachtet worden. Der Chikungunya-Ausbruch im Jahr 2007 in Norditalien sowie der erstmalige Nachweis der Asiatischen Tigermücke im gleichen Jahr in Süddeutschland zeigen, dass der Klimawandel und davon beeinflusste ökologische Faktoren auch in Deutschland autochthone Ausbrüche von Infektionskrankheiten ermöglichen können, die früher nur in tropischen und subtropischen Regionen verbreitet waren.

### Exotische Erreger brauchen Wärme

„Selbst die *Malaria tertiana*, die in Europa seit den 60er-Jahren des letzten Jahrhunderts als ausgerottet galt, ist 2011 in Griechenland wieder aufgetaucht und hat zu zahlreichen Erkrankungen geführt“, berichten die Autoren von „Stechmücken als Überträger exotischer Krankheitserreger in Deutschland“. Gleichwohl gibt es gegenwärtig keine Studien, die eine Rückkehr der Malaria nach Europa nahelegen. Allerdings zeigten die Erfahrungen in Südeuropa, so warnen die Experten des Weltklimarates, wie schnell diese Krankheit zurückkehren könne, wenn Gesundheitsdienste nicht optimal arbeiteten.

Die andauernde West-Nil-Fieber-Epidemie in Nordamerika und West-Nil-Fieber-Ausbrüche in mehreren europäischen Ländern, unter anderem in Frankreich, Griechenland, Italien oder Ungarn, seit Ende der 2000er-Jahre zeigen, dass auch dieses Virus in gemäßigteren Klimazonen übertragen werden kann. Als 1999 erstmals Fälle in Nordamerika, konkret New York auftraten, wurde die Krankheit weltweit bekannt. Das West-Nil-Virus, dessen Tierreservoir (Zug-)Vögel sind, wird durch Mücken übertragen, vorzugsweise von Arten der Gattung *Culex*. Diese kommt auch in Deutschland vor. Das Virus selber wurde bislang nicht in Deutschland nachgewiesen, wohl aber





in Vögeln in Österreich und Ungarn entdeckt. Im Zuge des Klimawandels ist ein Auftreten des West-Nil-Virus in Überträgermücken in Deutschland daher denkbar.

Nicht nur Mücken, sondern auch Zecken übertragen Infektionen. Zahlreiche Studien zeigen, so berichten die Experten des Weltklimarates, dass es einen Zusammenhang zwischen dem Klimawandel und der Ausbreitung der Erreger der Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) sowie der Lyme-Borreliose gibt.

### Milde Winter begünstigen Zecken

Die FSME, deren virale Erreger durch Zeckenstiche (vor allem des Gemeinen Holzbocks, *Ixodes ricinus*) übertragen werden, ist in Deutschland längst heimisch. Das Robert Koch-Institut listet für 2014 insgesamt 142 Kreise als FSME-Risikogebiete auf. 80 Kreise davon liegen in Bayern, 43 in Baden-Württemberg, neun in Hessen, sieben in Thüringen, jeweils einer in Rheinland-Pfalz und im Saarland und – seit 2014 neu dabei – ein Kreis in Sachsen. Allerdings muss auch außerhalb der Risikogebiete damit gerechnet werden, dass Zecken FSME-Viren übertragen. Lediglich in Hamburg und Bremen sei bislang kein Fall bekannt geworden, so das Robert Koch-Institut. Auch die Lyme-Borreliose, die durch spiralförmige Bakterien ausgelöst wird, ist weit verbreitet. Im Unterschied zur FSME ist sie nicht auf spezielle Regionen in Deutschland beschränkt, sondern es ist, so das Robert Koch-Institut, von einer Infektionsgefährdung in allen Teilen Deutschlands (auch in den Städten) auszugehen.

Weiter steigende Temperaturen eröffnen den Krankheitsüberträgern, den Zecken, neue Lebensräume. Zudem begünstigen milde Winter möglicherweise die Vermehrung der Zecken sowie das Überleben einer größeren Anzahl von Kleinsäugern wie Mäusen und von Vögeln, den Wirts- oder Reserviertieren der Erreger. Die Folgen: mehr Erreger, mehr Überträger, ein größeres Verbreitungsgebiet und ein längerer Übertragungszeitraum für FSME und Lyme-Borreliose. Betroffen von dieser Entwicklung im Rahmen des Klimawandels sind vor allem die Menschen, die sich viel im Freien aufhalten, wie Bau- und Straßenarbeiter, Landwirte, Tierbesitzer, Sportler oder auch kleinere Kinder. Die komplexe Ökologie dieser Krankheiten (die Interaktionen von Wirtstier, Vektor und Erreger mit der Umwelt) erschwert es allerdings, die Häufigkeit ihres Auftretens und die Verbreitung von FSME und Lyme-Borreliose nur einem einzigen Umweltfaktor wie dem Klimawandel zuzuordnen. Weitere Forschung ist daher nötig.

Eine Reihe von Krankheitserregern wird mit der Nahrung oder beim Kontakt mit Wasser übertragen. „Höhere Temperaturen können das Wachstum von Krankheitserregern in Pflanzen oder Verunreinigungen begünstigen“, warnen die Experten des Weltklimarates.

Schutzkleidung ist unverzichtbar, leiden Patienten an hochansteckenden Krankheiten. Mit dem Klimawandel können neue Infektionen in Deutschland auftreten.

Leitsymptom	Komplikationen	Erreger	Überträger/Vektor	Verbreitung	
Fieber	Keine	Zika-Viren	Mücken (Aedes ssp.)	Afrika, Asien	
		Batai-Viren	Mücken (Anopheles ssp.)	Afrika, Asien, Europa, vereinzelt Deutschland	
		Tahyna-Viren	Mücken (Aedes ssp.)	Europa, Asien	
	Arthritis (häufig)	Chikungunya-Viren	Mücken (Aedes ssp.)	Afrika, Asien, Amerika	
		Sindbis-Viren	Mücken (Culex ssp.)	Deutschland, Europa, Afrika, Asien, Australien	
	Meningoenzephalitis (selten)	West-Nil-Viren	Mücken (Culex ssp.)	Südost-Europa, Afrika, Nordamerika	
		Usutu-Viren	Mücken (Culex ssp.)	Afrika, Europa	
		Sandmückenfiebertviren	Sandmücken (Phlebotomus ssp.)	Afrika, Asien, Europa, vereinzelt Deutschland	
		Frühsommer-Meningoenzephalitis-Viren	Zecken (Ixodes ssp.)	Süddeutschland, Mittel-Nordeuropa, Asien	
		Lymphozytäre Choriomeningitis-Viren	Nager	Weltweit, auch in Deutschland	
		Rifttal-Fieber-Viren	Mücken (Culex u. Aedes ssp.)	Afrika, Mittlerer Osten	
	Hämorrhagien, renales oder kardiopulmonales Syndrom (gelegentlich)	Hantaviren	Nager	Mittel-, Nordeuropa, Russland, Amerika, Asien, Afrika	
		Leptospiren			
	Hämorrhagien (gelegentlich)	Krim-Kongo-Hämorrhagische Fieber-Viren	Zecken (Hyalomma ssp., Ixodes ssp.)	Balkan, Türkei Mittlerer Osten, Afrika	
	Hepatosplenomegalie, Hautpapeln, Knochenmarkversagen (selten)	Leishmanien	Sandmücken (Phlebotomus ssp.)	Afrika, Naher Osten, Südamerika, Indien, Südeuropa	
Exanthem, Pneumonie	Rickettsia typhi, Rickettsia felis	Katzenfloh (Ctenocephalides felis), Rattenfloh (Xenopsylla cheopis)	Weltweit, v. a. Tropen/Subtropen, urbane Gebiete und Hafenstädte		
Fieber, Myalgien, Arthralgien	Hämorrhagien, Schock (selten)	Dengue-Viren	Mücken (Aedes ssp.)	Weltweit	
Fieber, Lymphknotenschwellung	Pneumonie, Sepsis	Francisella tularensis	Nager	Europa, nördliche Hemisphäre	
	Pneumonie	Rickettsia conorii/africae/honei u. a. Rickettsien der Zeckenbissfiebergruppe	Schildzecken (Hyalomma, Amblyomma, Rhipicephalus)	Weltweit Subtropen/Tropen	
Meningoenzephalitis		Tollwutviren	Haus-, Wildtiere	Weltweit, vereinzelt Deutschland	

	Kompetente Vektoren in Deutschland	Import der Erreger	Risiko einer Ausbreitung bzw. eines Ausbruchs
	In Süddeutschland	Infizierte Personen, Vektoren	Gering, langfristig größer
	Vorhanden	Infizierte Personen, Vektoren, Infizierte Haus- und Wildtiere	Gering
	Vorhanden	Infizierte Personen, Vektoren	Gering
	In Süddeutschland	Infizierte Personen	Gering, langfristig größer
	Vorhanden	Infizierte Personen, Vektoren	Gering, langfristig größer
	Vorhanden	Infizierte Personen, Vektoren	Gering, langfristig größer
	Vorhanden	Infizierte Personen, Vektoren	Gering, langfristig größer
	Lokal vorhanden, Rheingraben	Infizierte Personen, Vektoren	Gering, langfristig größer
	Vorhanden	Infizierte Haus- und Wildtiere	Groß (vorhanden)
	?	Infizierte Nager	Gering
	Vorhanden	Infizierte Personen, Vektoren, Infizierte Haus- und Wildtiere	Gering, langfristig größer
	Lokal vorhanden, Bayerischer Wald, Schwäbische Alb	Infizierte Haus- und Wildtiere	Groß
	Vorhanden	Infizierte Personen, Vektoren, Infizierte Haus-/Wildtiere	Gering
	Lokal vorhanden, Rheingraben	Infizierte Personen, infizierte Hunde, Vektoren	Gering, langfristig größer
	Lokal vorhanden	Infizierte Personen, Vektoren	Gering
	Lokal vorhanden	Infizierte Personen, Vektoren	Gering, langfristig größer
	Vorhanden	Nager	Gering
	Nicht im Detail bekannt	Infizierte Personen, Vektoren, zeckenbefallene Hunde	Gering, langfristig größer
	Vorhanden	Infizierte Haus- und Wildtiere	Sehr gering

Lebensmittelbedingte Infektionen durch Salmonellen, Campylobacter und andere enterale Erreger zählen zu den häufigsten Infektionskrankheiten. Durch Salmonellen und Campylobacter verursachte Magen-Darm-Erkrankungen zeigen einen ausgeprägten saisonalen Verlauf. Sie treten umso häufiger auf, je wärmer es wird. Die Gründe dafür sind mehrschichtig, gleichwohl ist bei fortschreitender Erwärmung mit mehr Erkrankungen zu rechnen. Vermehrter Niederschlag kann Infektionen beispielsweise durch verunreinigtes Blattgemüse begünstigen; Überschwemmungen können die Erreger von Darminfektionen (z. B. Giardia, Cryptosporidien und Vibrionen) verbreiten.

### Wärme begünstigt das Wachstum von Blaualgen

Schon im Hitzesommer 2003 wurden Ostseeestrände teilweise gesperrt, weil die „Blaualgen“, korrekt Cyanobakterien, vermehrt auftraten. Diese Bakterien produzieren unterschiedliche Toxine, sie können bei direktem Hautkontakt Irritationen auslösen. Zudem reichern sie sich beispielsweise im Gewebe von Muscheln an. Der Verzehr von belasteten Muscheln kann dann zu Magen-Darm-Erkrankungen führen, das Nervensystem beeinträchtigen und in seltenen Fällen einen Atemstillstand auslösen. Die mit dem Klimawandel einhergehende Temperaturerhöhung könne direkt „das Wachstum, die Überlebensfähigkeit, die Widerstandsfähigkeit, die Übertragung oder die Virulenz der Erreger beeinflussen“, schreiben die Experten des Weltklimarates. Indirekt können sich die Überlebensbedingungen für die Wirtstiere in lokalen Ökosystemen verändern. Steigende Temperaturen begünstigen dabei Algenblüten sowohl im Frisch- wie im Meerwasser. Diese Algenblüten könnten sich in Zukunft auch in Monaten entwickeln, in denen sie bislang nicht beobachtet wurden. Der Weltklimabericht zitiert eine US-Studie, die das Auftreten von Algenblüten für eine Meeresbucht im Nordwesten der USA modelliert. Sie kommt zu dem Schluss, dass am Ende dieses Jahrhunderts die Algenblüte dort zwei Monate früher beginnt und einen Monat länger anhält. Geschieht das auch hierzulande, ist die Regel, Muscheln könne man unbedenklich von September bis März verzehren, hinfällig.

Insgesamt, resümieren die Experten des Weltklimarates in ihrem Bericht, beeinflusse der Klimawandel die menschliche Gesundheit in Europa gegenwärtig im Vergleich zu anderen Ländern noch wenig. Das aber, so die Autoren, werde sich in den kommenden Jahrzehnten sicherlich ändern. Die gesundheitlichen Folgen des Klimawandels werden das Gesundheitssystem und seine Akteure vor neue Herausforderungen stellen. Vorsorge ist der beste Weg, sie zu bewältigen.

Stechmücken sind medizinisch die wichtigsten Krankheitsüberträger.



## Die Aussichten für die Zukunft

Wie sich das Klima ändern wird, hängt davon ab, was wir heute tun. Ohne einen raschen und ambitionierten Klimaschutz kann bis zum Ende des Jahrhunderts der Meeresspiegel global um bis zu 82 Zentimeter ansteigen. Klimaschutz ist zudem Gesundheitsschutz.

Selbst bei einer engagierten und konsequenten Klimaschutzpolitik wird der Klimawandel die Lebensbedingungen der Menschen in Europa spürbar beeinflussen. Die vielfältigen Folgen werden die Menschen dieses Kontinents unterschiedlich treffen. Menschen, die an den Küsten oder in den Städten leben, die in den Bergen oder im Mittelmeerraum wohnen, werden den Wandel deutlich zu spüren bekommen, so die Arbeitsgruppe 2 des Weltklimarates in ihrem neuen Bericht. Auch in Deutschland werden die Auswirkungen des Klimawandels unübersehbar sein und Folgen für die menschliche Gesundheit und das Wohlbefinden haben.

Ohne einen raschen und ambitionierten Klimaschutz können bis zum Ende des Jahrhunderts die globale Temperatur um vier Grad Celsius und mehr gegenüber dem vorindustriellen Niveau und der Meeresspiegel global um bis zu 82 Zentimeter ansteigen. Venedig läge dann unter dem Meeresspiegel. Zu diesen Ergebnissen kommt die Arbeitsgruppe 1 des Weltklimarates in ihrem Worst-Case-Szenario. Doch selbst bei einem engagierten Klimaschutz, beim Einhalten des Zwei-Grad-Zieles also, wird beispielsweise der globale Anstieg des Meeresspiegels bis zum Ende dieses Jahrhunderts 29 Zentimeter betragen und die Temperaturen werden steigen. Die Kinder, die heute in Europa geboren werden, werden im hohen Alter von 80 bis 85 Jahren in einem anderen Klima als heute leben. In jedem Fall kommen auf die Gesundheitssysteme in Europa neue Herausforderungen zu, die bereits jetzt erkannt und erforscht werden müssen, um ihnen adäquat zu begegnen (Kapitel 4).

### Warme Sommer – milde Winter

Im Sommer wird es vor allem in Südeuropa wärmer werden, und zwar so warm, dass Tourismus, Landwirtschaft und Energieversorgung in Zukunft darunter leiden können. In Nordeuropa werden die Sommer zwar auch wärmer, aber im Vergleich zu Südeuropa nur moderat. Das könnte Touristen zukünftig, in 30 bis 40 Jahren, im Sommer eher an Nord- und Ostsee locken, zumal auch die Wassertemperaturen steigen. Im Norden Europas werden, so der Weltklimarat, die Winter milder. Damit verringert sich die Anzahl der schweren Autounfälle, das ist

**Steinschlag häufte sich** im extrem heißen Sommer 2003. Eis, das die Felsen zusammenhält, indem es das Eindringen von Wasser verhindert, war aufgetaut.





ein großer Vorteil. Die milden Winter und der vermehrte Niederschlag, der im Herbst, Winter und Frühjahr fallen soll, begünstigen aber auch die Überlebenschancen von Erregern, Krankheitsüberträgern und ihren Wirtstieren. Das ist ein deutlicher Nachteil. Bereits jetzt hat der Klimawandel die Ausbreitung von Krankheitserregern und ihren Überträgern in Europa befördert.

In Südeuropa hingegen sinkt die Niederschlagsmenge. Diese Entwicklung stellt den Süden vor große Schwierigkeiten, da gleich mehrere Wirtschaftszweige (Energie- und (Ab-)Wasserwirtschaft, Landwirtschaft und Tourismus sowie das Gesundheitssystem) dort unter den Folgen von großer Hitze und Trockenheit leiden werden. Die Übergangszone zwischen den Gebieten mit zunehmendem und abnehmendem Niederschlag verläuft im Sommer von Dänemark über Deutschland, Tschechien, dem Süden Polens, dem Norden der Ukraine bis nach Russland. In den anderen drei Jahreszeiten liegt sie weiter südlich. Der abnehmende Niederschlag im Sommer in Europa

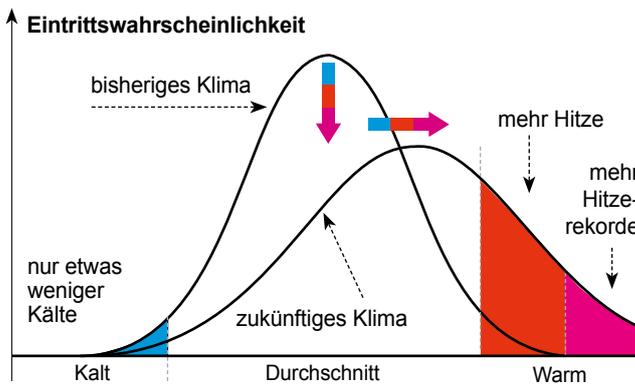
gen von Wasser verhindert, taut bei den steigenden Temperaturen. Wanderer müssen in Zukunft nicht nur Zecken, sondern vermehrt auch Steinschlag fürchten. Einige Regionen in den Alpen müssten vielleicht sogar für Wanderer und Landwirte gesperrt werden.

## Extreme Wetterereignisse

Die Starkregen, die in Nordeuropa das ganze Jahr über häufiger auftreten werden, lassen die Flüsse noch öfter als in der Vergangenheit über die Ufer treten. Und während sie in Nordeuropa Felder mit Getreide oder Gemüse unter Wasser setzen und so vernichten, gehen die Pflanzen im Süden wegen des Wassermangels und der Hitze ein, sofern die Felder nicht massiv bewässert und mit technischen Tricks vor zu intensiver Sonneneinstrahlung geschützt werden. Schon heute verbraucht die Landwirtschaft in einigen Ländern Südeuropas 80 Prozent des Frischwassers, der europäische Durchschnitt liegt bei 24 Prozent. Insbesondere im Süden, aber auch in einigen Regionen Deutschlands, kann sich der Grundwasserspiegel absenken, sodass zusätzlicher Wasserbedarf nur schwerlich gestillt werden kann. Generell wird der Klimawandel den Getreideanbau in Nordeuropa begünstigen, während er sich im Süden negativ auswirkt. Wie sich die landwirtschaftliche Produktion in Europa – auch Tiere leiden unter extremen Wetterverhältnissen – insgesamt verändern wird, muss weiter erforscht werden. Zumal die Erhöhung von Kohlendioxid in der Atmosphäre nicht nur das Wachstum der Pflanzen beeinflusst, sondern auch die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe von Getreide und Gemüse verändert. Welche Auswirkungen das für die menschliche Ernährung und die Gesundheit hat, wird aktuell ergründet.

Der Klimawandel verändert außerdem die Artenvielfalt und damit die Nahrungsnetze in den marinen Ökosystemen Europas. Die Erwärmung von Nord- und Ostsee vertrieb bereits Fische in kältere nördliche Gewässer, während Arten aus wärmeren Gefilden einwanderten. Auch Aquakulturen geraten unter Druck. In den wärmeren Gewässern vermehrten sich tierische Schädlinge bereits so erfolgreich, dass sie beispielsweise in französischen Austernfarmen ein Massensterben auslösten. Egal ob Feuchtgebiete, Gezeitenräume oder auch Meeresströmungen, der Klimawandel wird alles erfassen.

Keinen Zweifel haben die Experten des Weltklimarates, dass Hitzewellen von Mai bis September Europa, auch Nordeuropa häufiger heimsuchen werden. Sie werden zu größeren gesundheitlichen Problemen führen. Das Umweltbundesamt errechnete, dass in spätestens 55 Jahren allein in Deutschland jährlich 5000 Menschen mehr sterben werden, weil sie die Hitze nicht vertragen und keine Rückzugsgebiete haben. Denn viele Wohnungen, Schulen und Krankenhäuser seien für derartige Hitzebelastungen nicht geplant und gebaut worden. Um Abhilfe zu schaffen, werden – wie heute bereits in einigen südlichen Ländern – vermehrt Klimaanlagen eingebaut werden. „Der Klimawandel wird in Europa den Bedarf an Energie zur Kühlung von Gebäuden erhöhen“, folgern die Autoren des Weltklimarates.



Das zukünftige Klima wird global wärmer, es werden vermehrt Hitzewellen und Hitzerekorde auftreten. Zugleich werden die Kältephasen schwächer.

Erstellt nach Grafik des DWD

– auch in Norddeutschland wird der Sommer spürbar trockener – wird überall die Verfügbarkeit von Wasser, die Arbeit von Kraftwerken und anderen Industrieanlagen und die Binnenschifffahrt beeinflussen.

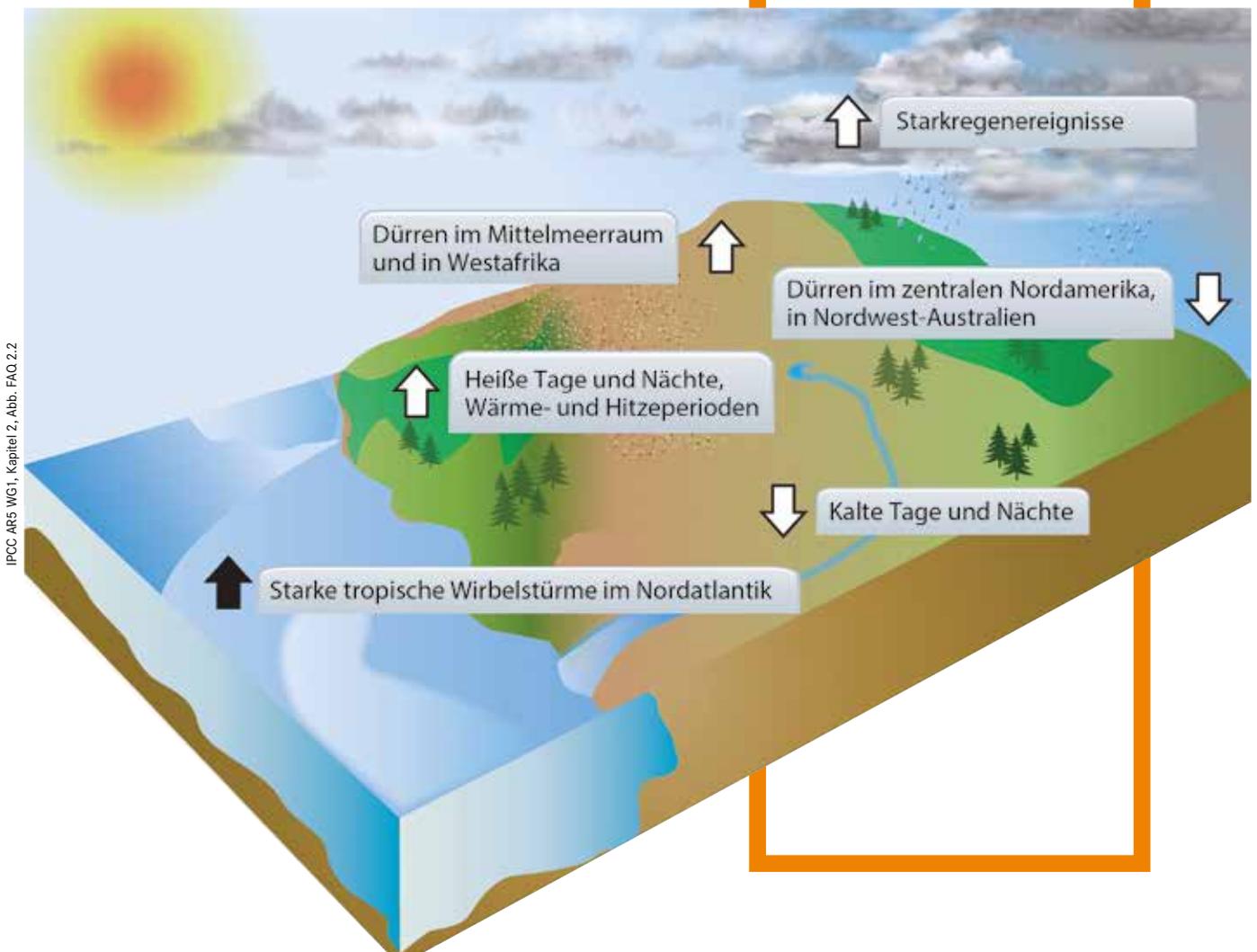
Die steigenden Temperaturen setzen zudem den Alpengletschern zu, sie schmelzen. Auch die heutigen Skigebiete im Bayerischen Wald und in den Voralpen werden immer häufiger grün statt weiß leuchten. Zugleich beobachten die Forscher, dass es in der gesamten Alpenregion immer häufiger zu Steinschlägen und zu Erdbeben kommt; gerade im extrem heißen Sommer 2003 häuften sich Steinschlag und Bergstürze. Eis, das die Felsen zusammenhält, indem es das Eindrin-

Diese Hitzewellen begünstigen auch die Ausbreitung von Waldbränden, die auf Mensch und Natur verheerende Auswirkungen haben. In Südeuropa erstreckt sich in Zukunft die Waldbrandsaison von Juni bis November, in Nordeuropa hingegen könnten vermehrte Niederschläge die Gefahr eindämmen. In Deutschland ist insbesondere der Osten schon heute von Waldbränden betroffen.

Allerdings zeigt der neue Weltklimabericht im Gegensatz zu dem vorangegangenen Bericht auf, dass es in den östlichen Bundesländern im Zuge des Klimawandels nicht noch trockener wird. Im Jahr 2012 hatte die Europäische Union Brandenburg und angrenzende Landkreise zusammen mit Südfrankreich, Korsika und Südspanien in die höchste Waldbrandrisikostufe eingestuft, schreibt der WWF in seiner Studie „Wälder in Flammen“. In jedem Fall, folgern die Experten des Weltklimarates, werden die Waldbrände die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre erhöhen. Waldbrände gehören zudem zu den natürlichen Quellen von Feinstaub, deren Konzen-

### Wie entwickeln sich Extremwetterereignisse?

Extreme Wetterereignisse können im Zuge der globalen Erwärmung häufiger und/oder intensiver werden. Es gibt aber räumlich große Unterschiede. Bereits in der Vergangenheit, das zeigt diese IPCC-Grafik, traten tropische Nächte, heiße Tage, Hitzewellen, Starkregen, tropische Wirbelstürme und vermutlich auch Dürren vermehrt auf. Die Anzahl der kalten Tage und Nächte hingegen nahm ab. Die Belege dafür trugen Wissenschaftler weltweit und unabhängig voneinander zusammen.



## Gespräch mit Daniela Jacob

Die Aussagekraft der Klimamodelle überprüfen die Wissenschaftler, indem sie die Modelle Klimageschichte errechnen lassen. Je genauer die Ergebnisse dieser Berechnungen bekannte historische Klimadaten treffen, umso besser ist das Modell.

### Worin unterscheidet sich der Fünfte Weltklimabericht von seinen Vorgängern?

**Daniela Jacob:** Er bewertet wesentlich umfangreicher die wissenschaftlich, technisch und sozioökonomisch relevante Literatur, die in den vergangenen Jahren erschienen ist. Insgesamt wurden mehr als 31.000 wissenschaftliche Studien ausgewertet. Sie bestätigen nachdrücklich: Wir befinden uns in einem sich verändernden Klima, und diese Veränderungen gehen zum Teil auf das Konto menschlichen Handelns.

### Wie können Sie sich da so sicher sein?

**Daniela Jacob:** Die laufenden Veränderungen des Klimas können an vielen Messungen und Beobachtungen festgestellt werden. Wenn wir zukünftige Veränderungen erfassen wollen, kommen Klimamodelle ins Spiel. Diese sind in den vergangenen Jahren weiterentwickelt und zu Erdsystemmodellen ausgebaut worden, die jetzt auch biogeochemische Prozesse berücksichtigen und somit das Erdsystem und seine Wechselwirkungen besser nachstellen können. Diese Modelle werden zunächst dafür verwendet, die vergangenen Jahrhunderte nachzurechnen. Durch den Vergleich der Modellergebnisse für die Vergangenheit mit Messdaten und Beobachtungen, die uns aus der damaligen Zeit vorliegen, wird die Güte und Treffsicherheit der Klimamodelle geprüft. Ein wichtiger Bestandteil der Modelle ist die Zusammensetzung der Atmosphäre, die sich besonders seit der Industrialisierung verändert hat. Führt man nun Berechnungen mit

und ohne diese Veränderungen der Atmosphäre durch, so kann man zeigen, dass nur in der Berechnung, in der die menschlichen Beiträge berücksichtigt werden, der gemessene Temperaturanstieg auch ermittelt wird.

### Klimawandel hat die Menschheitsgeschichte geprägt. Warum ist das jetzt so dramatisch?

**Daniela Jacob:** Das Klima hat sich immer schon gewandelt, es gab Eis- und Warmzeiten, Gletscher schmolzen oder wuchsen. Aber nie in der Erdgeschichte hat sich das Klima mit diesem Tempo und so weltum-

### Nie in der Erdgeschichte hat sich das Klima global so rasant verändert.

spannend verändert. Diese rasante globale Entwicklung ist neu und sie lässt uns als Wissenschaftler aufhorchen. Um zu verhindern, dass wir im Zuge des Klimawandels mit unumkehrbaren Folgen konfrontiert werden, sollten wir alles unternehmen, um einen Anstieg der durchschnittlichen Temperatur auf zwei Grad zu begrenzen.

### Wie realistisch ist es, dieses Ziel noch zu erreichen?

**Daniela Jacob:** Es gibt keinen Grund für Weltuntergangsszenarien. Vielmehr zeigt der Fünfte Sachstandsbericht, dass wir die technischen und sozialen Instrumente in

den Händen halten, um dem Klimawandel effizient zu begegnen.

Außerdem haben wir im Fünften Weltklimabericht nicht nur die wahrscheinlichsten Veränderungen analysiert, sondern erstmals auch untersucht, was unter extremen Umständen passieren kann. Acht zentrale Risiken haben wir auf Basis dieser Analyse benannt. Zu diesen zentralen Risiken gehören die Nahrungsmittelversorgung, das Trinkwasser, Wetterextreme oder auch Ökosysteme wie die Arktis. Und da dieser Bericht erstmals ganze Regionen wie beispielsweise Europa als ein System betrachtet und alle verfügbaren Studien unter diesem Forschungsaspekt auswertet, öffnet er den Blick darauf, wie sich einzelne Maßnahmen auf die unterschiedlichen Sektoren des Systems wie Landwirtschaft, Tourismus oder Artenvielfalt auswirken. Indem wir die Vor- und Nachteile erfassen und die Nebeneffekte erkennen, können wir gezielt Synergieeffekte nutzen, um die Klimarisiken zu mindern oder noch besser ganz zu vermeiden. Wir haben die Mittel, um die Vielfalt des Lebens auf diesem Planeten, von der wir allen technischen und industriellen Errungenschaften zum Trotz elementar abhängig sind, auch für kommende Generationen zu erhalten.



Dr. Daniela Jacob  
ist Hauptautorin des  
5. Sachstandsberichts.



Hitzewellen und geringerer Niederschlag begünstigen die Ausbreitung von Waldbränden insbesondere in Südeuropa.

tration in der Atemluft bereits heute vielerorts zu gesundheitlichen Problemen führt.

Der Anstieg des Meeresspiegels wird den Alltag in den Küsten- und Hafenstädten verändern, einige Küstenregionen versinken möglicherweise ganz im Meer. In Europa insgesamt werden die ökonomischen Schäden und die Zahl der Menschen, die durch Hochwasser an Küsten und Flüssen betroffen sind, zunehmen.

### Rasanter Klimawandel

Der Klimawandel verläuft gegenwärtig zehnmals schneller als während der vergangenen 10.000 Jahre. Es ist damit zu rechnen, dass bestimmte Arten mit diesem Tempo nicht Schritt halten können und regional zumindest aussterben werden. Wer kann, der weicht den steigenden Temperaturen aus. Fische zogen schon in den Norden, Vögel veränderten ihre Flugrouten. Steigen die Temperaturen aber beispielsweise in den Hochgebirgsregionen der Alpen, können die dort heimischen Pflanzen und Tiere nicht mehr ausweichen. Diese wertvollen Regionen, die Touristen anlocken, Tieren Weiden geben, lokale Wasserkreisläufe erhalten, Überschwemmungen vermeiden helfen, werden möglicherweise unwiederbringlich verloren gehen. Auch die kostbaren Feuchtgebiete an den Küsten, wie das Wattmeer Rastplatz für Hunderttausende von Zugvögeln, können möglicherweise im Zuge des Anstiegs des Meeresspiegels verschwinden. Zudem wird sich möglicherweise der Weinanbau verändern müssen,

schreiben die Autoren der Arbeitsgruppe 2, von Süd- und Mitteleuropa nach Nordeuropa.

### Klimawandel und Konflikte

Doch nicht nur die Folgen des Klimawandels, die sich direkt in Europa bemerkbar machen, werden diesen Kontinent treffen. Weil beispielsweise in Afrika sowie in Mittel- und Südamerika der Klimawandel schon in naher Zukunft die ausreichende Versorgung der Menschen mit Wasser und Nahrungsmitteln gefährdet, können sich soziale Spannungen und gewaltsame Konflikte insbesondere in Afrika verschärfen. Die Europäer müssen darauf gefasst sein, dass dies die Flüchtlingsströme verstärkt. Der Klimawandel kann somit soziale und politische Konflikte in Europa auslösen. Gesundheit ist, definiert die Weltgesundheitsorganisation, „ein Zustand des vollständigen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlergehens“. Wer dieses Ziel ernsthaft verfolgt, wird den Ursachen des Klimawandels auch in Europa entschieden begegnen und Vorsorge treffen – vor allem für die Kinder dieser Welt.

Steigende Temperaturen werden die Erträge der Landwirtschaft mindern.



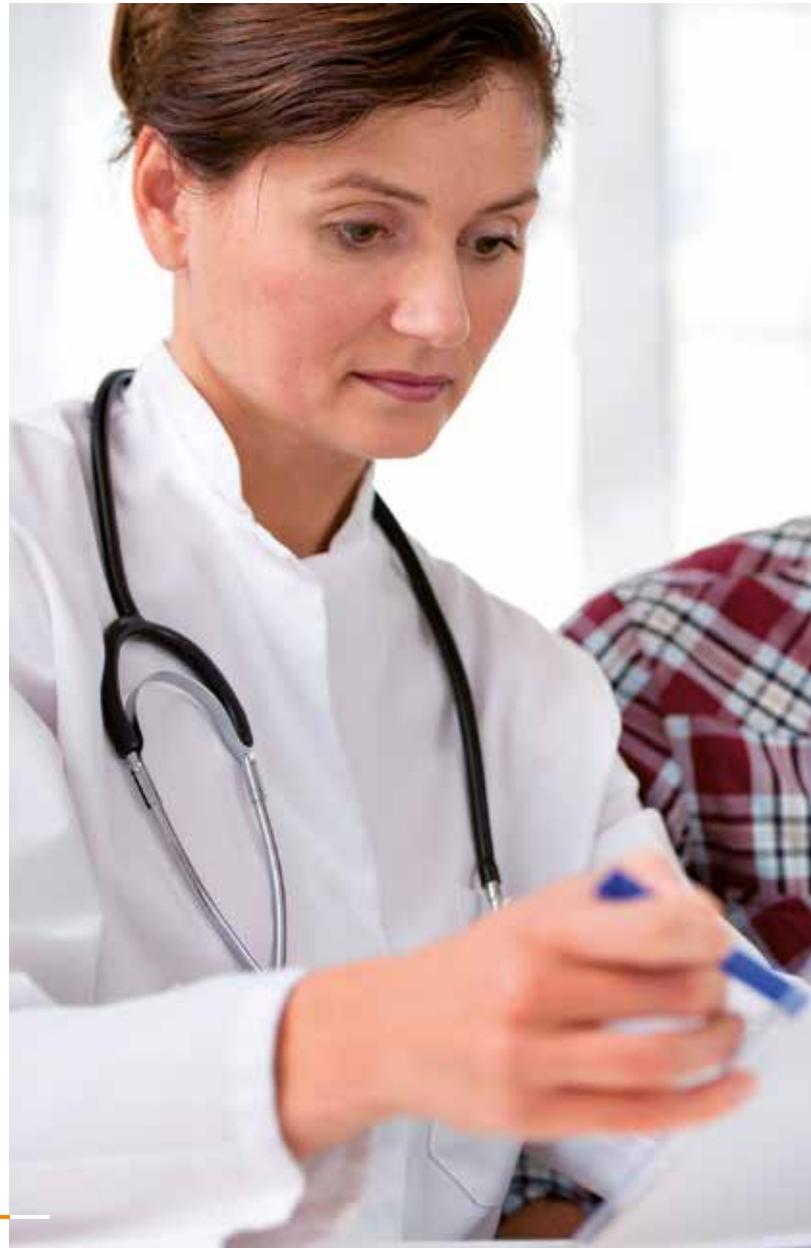
# Gesundheit in Zeiten des Klimawandels schützen

Gesundheitsschutz ist oft auch Klimaschutz und umgekehrt. Fortbildung und Forschung, Dialog und Kooperation zwischen den Akteuren in Gesundheits- und Klimaschutz sind daher nötig.

Es müssen Maßnahmen ergriffen werden, um die Gesundheit der Menschen vor den Auswirkungen des Klimawandels zu schützen, auch wenn diese gegenwärtig in Deutschland verglichen mit anderen Ländern moderat ausfallen. Es geht dabei nicht nur um direkte Gesundheitsvorsorge. Die menschliche Gesundheit profitiert durchaus von Aktionen, die den Klimawandel bremsen und/oder seine Folgen abmildern. Wie umgekehrt Maßnahmen, die direkt auf den Schutz der menschlichen Gesundheit abzielen, das Klima schützen. Der Weltklimarat ermutigt, Entscheidungen in einem Sektor auch auf Auswirkungen in anderen Sektoren zu prüfen, um unerwünschte Nebeneffekte zu vermeiden und positive zu erkennen. Die Synergieeffekte zwischen Klima- und Gesundheitsschutz können beispielsweise die Kosten senken, die mit einer konsequenten CO<sub>2</sub>-Minderungsstrategie einhergehen, da sie die gesundheitlichen Folgekosten minimieren. Folgende fünf Strategien sind für Klima und Gesundheit von Vorteil.

**Feinstaub reduzieren, Energieeffizienz steigern, regenerative Energien nutzen:** Reduziert man lokal und regional den Ausstoß von Feinstaub, der bei Verbrennung von fossilen Energieträgern wie Öl, Kohle oder auch Holz entsteht, durch bessere Energieeffizienz und/oder Umstellung auf regenerative Energiequellen, dann verringern diese Maßnahmen den Ausstoß von Treibhausgasen, sie schonen das Klima und senken das Risiko für Atemwegs- und Allergierkrankungen.

**Weniger Fleisch verzehren, die Gesundheit stärken, Treibhausgase senken:** Verzehren die Menschen weniger tierische Produkte – insbesondere Fleisch von Wiederkäuern – tun sie ihrer Gesundheit und der Umwelt etwas Gutes. Das Umweltbundesamt errechnete, dass die Landwirtschaft in Deutschland im Jahr 2011 etwa 7,7 Prozent der Treibhausgase verantwortete, die meisten stammen aus der Haltung von Kühen und Schafen. Mediziner könnten die Aufklärung der Verbraucher über die negativen Effekte des hohen Fleischkonsums (erhöhtes Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie einige Krebsarten) intensivieren, so die Gesundheit ihrer Patienten fördern und einen Beitrag zum Klimaschutz leisten.





**Integrierte Verkehrskonzepte fördern, Feinstaub reduzieren, mehr Bewegung im Alltag ermöglichen:** Integrierte Verkehrskonzepte, die den Einsatz von motorisierten Fahrzeugen verringern, senken den Ausstoß von klimaverändernden Emissionen. Sie sind in doppelter Hinsicht ein Gewinn für die Gesundheit: Die Luftqualität gerade in den Ballungszentren wird besser und mehr körperliche Aktivität fördert die Fitness der Menschen. Mediziner, die ihre Patienten ermutigen, mehr Fahrrad zu fahren, helfen auch dem Klima.

**Städte begrünen, Hitzebelastung mildern, Allergien vermeiden:** Die Begrünung von Städten erhöht die Lebensqualität in städtischen Gebieten, sofern auf Birke, Hasel, Erle und andere Bäume und Sträucher mit allergierelevanten Pollen verzichtet wird. Grüngürtel spenden Mensch und Tier Schatten und sind zugleich CO<sub>2</sub>-Senken, da sie das Treibhausgas aus der Atmosphäre absorbieren. Zudem verdunsten sie Wasser und fördern die Wolkenbildung. Das hilft, die Erde zu kühlen. Durchlüftungskorridore in städtischen Ballungszentren verhindern, dass sich heiße Luftmassen stauen.

**Energieeffiziente Häuser bauen, Treibhausgase mindern, Luftqualität verbessern:** Der Bau von schadstoffarmen Niedrigenergie- oder Passivhäusern verringert den Energieverbrauch, die Emission von Treibhausgasen und die Entstehung von Feinstaub. Diese Bautechniken verbessern die Luftqualität, senken das Risiko für Atemwegserkrankungen sowie Allergien und schonen die Haushaltskasse der Bewohner. Eine kontrollierte Lüftung hilft zudem, Energie zu sparen, und versorgt die Bewohner zuverlässig mit ausreichend Frischluft.

Wie sich diese Synergieeffekte auf die Kosten des Klimaschutzes auswirken, ob es weitere Maßnahmen gibt, die dem Klima und der Gesundheit helfen können, gilt es zu erforschen. Die großen Datenmengen zur menschlichen Gesundheit aus den Kohortenstudien sind dafür eine gute Basis. Sie können Aufschluss darüber geben, in welchem Umfang der Klimawandel insbesondere die Risikogruppen treffen kann – und welche Kosten damit verbunden sind. Zugleich ist die Beschreibung des gegenwärtigen Gesundheitszustandes der Bevölkerung ein zentraler Baustein, um zu ermitteln, wie sich die gesundheitlichen Risiken entwickeln werden, welche effektiven Anpassungsmöglichkeiten es gibt und wie teuer diese sind.

In Europa beschränkt sich die Anpassung im Gesundheitssektor insbesondere auf die Entwicklung und Etablierung von Frühwarnsystemen, in zwölf europäischen Ländern existieren Hitzewarnsysteme. Seit 2005 gibt es das Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes. Steigt die Temperatur an zwei aufeinanderfolgenden Tagen „gefühl“ über 32 Grad Celsius und kühlt es auch nachts nur gering ab, dann gibt der Deutsche Wetterdienst Hitzewarnungen heraus. Doch der Vorhersagezeitraum beträgt nur sieben Tage. Daher empfahl das Climate Service Center im Juli 2010, als die Hitze Deutschland fest im



Die Suche nach Krankheitserregern ist ein Forschungsschwerpunkt.

Griff hatte, die Vorhersagemodelle zur Prognose extremer saisonaler Wetterereignisse wie Hitzewellen als Basisinstrument für längerfristige Frühwarnsysteme weiterzuentwickeln. Dann könnten sich unter anderem Krankenhäuser, Pflege- und Altenheime längerfristig auf die zusätzlichen Belastungen einstellen.

Die vielfältigen Publikationen und Aktionspläne des Bundes und der Länder zeigen deutlich: Vorsorge ist geboten. Das Hitzewarnsystem und die Pollenvorhersage des Deutschen Wetterdienstes (DWD) seien zwei Beispiele für gut funktionierende Vorher- und Frühwarnsysteme, schreiben die Autoren des Arbeitsdokumentes „Klimawandel und Gesundheit“, erstellt vom Robert Koch-Institut (RKI) und dem Umweltbundesamt (UBA). „Bisherige Formen und Wege zur Kommunikation von Frühwarnungen und Risiken sind jedoch optimierungsbedürftig. (...) Ein Problem besteht unter anderem darin, dass die Warnungen ‚versickern‘, ohne besonders vulnerable Gruppen, z. B. Personen im hohen Alter ohne soziale Unterstützung, Personen mit Vorerkrankungen oder Behinderungen, Kleinkinder (bzw. deren Angehörige) überhaupt zu erreichen.“ Hier gilt es, deutschlandweit ein einheitliches System zu etablieren.

Generell müssen bauliche Maßnahmen ergriffen werden, um die Gebäude, in denen sich insbesondere Menschen aus Risikogruppen aufhalten, vor intensiver Sonneneinstrahlung zu schützen und durch

Klimaanlagen oder auch begrünte Dächer Hitzestaus in ihnen zu vermeiden. Unerlässlich sind solche Maßnahmen in Krankenhäusern, Pflege- und Altenheimen, Schulen und Kindergärten. Für diese Einrichtungen gelte es auch, Hitzeaktionspläne zu erstellen sowie Versorgungs- und Behandlungsstrategien zu entwickeln.

Ohne Aus-, Fort- und Weiterbildung des medizinischen Personals können Vorsorgepläne nicht greifen. Die Autoren vom RKI und UBA fordern, dass in den „Ausbildungsplänen medizinischer und gesundheitlicher Berufe mögliche Beeinträchtigungen der Gesundheit durch klimatische Einflüsse sowie geeignete Anpassungsmaßnahmen integriert werden“. Und Aus- und Weiterbildungsangebote sollen Ärzte befähigen, Krankheiten zu erkennen und differenzialdiagnostisch in Erwägung zu ziehen, die infolge des Klimawandels verstärkt auftreten können. Dazu zählen Fortbildungen, die sich schon heute mit sogenannten Reisekrankheiten befassen, die – wie in Kapitel 2 dargelegt – durchaus auch als Epidemien eingeschleppt werden können.

### Gesundheits- und Umweltmonitoring aufbauen

Mehr Überwachungsprogramme, verstärkte Zusammenarbeit zwischen Human- und Veterinärmedizinern, abgestimmte Aktionsprogramme bei Krankheitsausbrüchen, schnelle und zuverlässige Diagnostik, das fordern nach einer Umfrage des Weltklimarates europäische Infektionsexperten. Erfassung und Überwachung gesundheitsgefährdender Organismen müssen intensiviert werden, fordern unisono alle Experten. Das gilt für Pflanzen- und Tierarten mit allgemeinem Potenzial sowie für virale, bakterielle oder parasitäre Krankheitserreger.

Die Liste der meldepflichtigen Erreger umfasst zahlreiche klimasensitive heimische Erreger wie Hantaviren und das FSME-Virus, zudem die durch Mücken übertragenen, importierten Erreger wie Dengue- oder Chikungunya-Viren oder Campylobacter, Salmonellen und Giardia, die sich mit verunreinigtem Wasser oder Lebensmitteln ausbreiten. Ob die Meldepflicht auf weitere Erreger ausgeweitet werden soll, darüber besteht unter den Experten noch keine Einigkeit.

Allerdings bestehe bezüglich der Infektionskrankheiten Handlungs- und Forschungsbedarf in den Feldern Überwachung/Kontrolle, Epidemiologie und Prävention beim Menschen, schreiben die Autoren des RKI und UBA. Sie fordern, dass ein integriertes Gesundheits- und Umweltmonitoringsystem aufgebaut wird, das auch meteorologische Daten umfasst. Einzelne Systeme, wie das UV-Monitoring, müssten dabei mit Daten aus dem Gesundheitsmonitoring beispielsweise zum Hautkrebs verknüpft werden.

Generell bietet ein integriertes Gesundheits- und Umweltmonitoringsystem bei Infektionskrankheiten die Chance, das Zusammenspiel von Krankheitserregern, ihren Wirten und Überträgern mit dem fortschreitenden Klimawandel zu ergründen, sofern zudem soziale Faktoren erfasst werden, wie der Weltklimarat vorschlägt. Auch hinsichtlich Allergien oder Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen



**Schnelle und zuverlässige Diagnostik** und abgestimmte Aktionsprogramme sind gerade beim Ausbruch von neuen Infektionskrankheiten nötig.

erlauben derartige Erkenntnisse gezieltere Vorsorge. Gleichwohl können sinnvolle Maßnahmen ergriffen werden, bevor alle Forschungsergebnisse zu den gesundheitlichen Auswirkungen vorliegen.

### Stichwort Hitze

Es ist schon jetzt sinnvoll, das Thema „Verhalten bei Hitze“ in die Arbeit von Arbeits-, Sport- und Präventionsmediziner zu integrieren, denn sie alle haben mit den Risikogruppen in ihrem Alltag zu tun. Kinderärzte sollten Eltern bei Vorsorgeuntersuchungen über die Maßnahmen aufklären, die bei Hitze zu ergreifen sind, und Kindergärtnerinnen sollten diese im Rahmen von Fortbildungen kennenlernen.

Hitzeaktionspläne für die Behandlung von Patienten in Krankenhäusern, Altersheimen und Reha-Einrichtungen bei Hitzewellen können bereits jetzt erstellt werden.

### Stichwort UV-Schutz

Es ist durchaus sinnvoll, dass Arbeits-, Sport- und Präventionsmediziner dieses Thema mit ihrer Klientel besprechen. Gerade für Menschen, die im Freien arbeiten, ist es wichtig, sich konsequent vor Hitze und UV-Strahlung zu schützen. Zwar werden wir keine Verhältnisse wie in Australien bekommen, dennoch können Schulen, Unternehmen und Medien von dortigen Kampagnen lernen und sollten sie in Deutschland kopieren und zudem intensiv für das Hautkrebscreening werben.

### Stichwort Allergie

Schon heute können Pflanzen (u. a. Ambrosia), deren Pollen stark allergisierend wirken, konsequent entfernt werden. Außerdem sollte bei der Stadtbegrünung auf Pflanzen verzichtet werden, deren Pollen allergenes Potenzial besitzen.

### Stichwort Luftgesundheit

Allen Schwierigkeiten zum Trotz muss die Luftqualität mit allen technisch und sozial gebotenen Möglichkeiten verbessert werden. Luftreinhaltungspläne müssen realisiert werden.

### Stichwort Aus- und Weiterbildung

Lehrer, Erzieher und Kindergärtner, Mediziner in Praxen und Krankenhäusern sowie Gesundheits- und Krankenpfleger müssen schon jetzt über die gesundheitlichen Risiken des fortschreitenden Klimawandels im Rahmen von Fortbildungen informiert werden. Das gilt auch für die Mitarbeiter des Öffentlichen Gesundheitsdienstes und Betriebsärzte.

Wie gut auch immer die Netze staatlicherseits aufgespannt werden, um die gesundheitlichen Folgen des Klimawandels zu verringern, entscheidend ist, dass die wichtigen Informationen zu den Bürgerinnen und Bürgern gelangen und dass diese entsprechend handeln können. Deshalb sind gute, generationsübergreifende Nachbarschaften gerade in städtischen Ballungszentren von überlebenswichtiger Bedeutung, da in ihnen viele (ältere) Menschen allein leben. Der Klimawandel stellt alle Menschen vor Herausforderungen, die sie schon im eigenen Interesse nur in einer Gemeinschaft bewältigen können. Auch diese sozialen Netze können Mediziner, da sie viele Menschen aus einer Region kennen, befördern.

**Viel trinken** ist bei Hitze wichtig, das gilt insbesondere für Kinder.



## Danksagung

Wir danken Prof. Dr. Volker Harth (Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, UKE) und Prof. Dr. Rolf Horstmann (Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin, BNI) für die kritische Durchsicht der Kapitel 2 und 4. Ihre Anmerkungen und Anregungen haben substantziell zum Entstehen dieser Broschüre beigetragen.

Wir danken Prof. Dr. Rolf Horstmann, Vorstandsvorsitzender des BNI, und seinen Mitarbeitern für die Erarbeitung der Infektionstabelle (S. 18/19).

Ausdrücklich bedanken wir uns bei Dr. Irene Fischer-Bruns, Dr. Diana Rechid und Juliane Petersen (alle Climate Service Center 2.0) für die kritische Durchsicht der Texte und die hilfreichen Anregungen, mit denen sie die Entstehung der Texte begleitet haben.

## Glossar

### Abkürzungen

**BNI:** Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin mit Sitz in Hamburg, Deutschlands größte Einrichtung für Forschung, Versorgung und Lehre auf dem Gebiet tropentypischer Erkrankungen und neu auftretender Infektionskrankheiten, Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

**DWD:** Deutscher Wetterdienst, teilrechtsfähige Anstalt des öffentlichen Rechts im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur

**IPCC:** Intergovernmental Panel on Climate Change. Der Weltklimarat hat 195 Mitglieder; er wurde 1988 von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) als zwischenstaatliche Institution ins Leben gerufen. Er fasst für die politischen Entscheidungsträger den Stand der wissenschaftlichen Forschung zusammen. Der Sitz des IPCC-Sekretariats ist Genf (Schweiz).

**KABS:** Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage e.V., gegr. 1976. Schnake ist im Einsatzgebiet der KABS (Oberrheinebene) die mundartlich gebräuchliche Bezeichnung für Stechmücke.

**RKI:** Robert Koch-Institut mit Sitz in Berlin, zentrale Einrichtung der Bundesregierung auf dem Gebiet der Krankheitsüberwachung und -prävention und die zentrale Einrichtung des Bundes für anwendungs- und maßnahmenorientierte biomedizinische Forschung

**UBA:** Umweltbundesamt; es wurde 1974 gegründet und ist die wissenschaftliche Umweltbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) mit einem vielfältigen Themenspektrum.

### Begriffe

**Extremwetterereignisse:** Aus meteorologischer Sicht versteht man darunter relativ selten auftretende Wetterereignisse wie Gewitter, Starkniederschläge oder Hagel und Witterungsereignisse wie Hitzewellen oder Dürreperioden.

**Kohortenstudie:** Das ist eine prospektive oder retrospektive Längsschnittstudie, bei der eine Stichprobe exponierter und nicht exponierter Personen hinsichtlich ihres Risikos einer Erkrankung untersucht wird. Hierzu werden über den Untersuchungszeitraum hinweg zu unterschiedlichen Zeitpunkten Daten erhoben.

---

## Quellen

- Becker, N.; Krüger, A.; Kuhn, C; Plenge-Bönig, A.; Thomas, S.; Schmidt-Chanasit, J.; Tannich, E. (2014):** Stechmücken als Überträger exotischer Krankheitserreger in Deutschland, Bundesgesundheitsblatt, online 25.04.2014
- Bender, S.; Schaller, M. (2014):** Vergleichendes Lexikon – Wichtige Definitionen, Schwellenwerte und Indices aus den Bereichen Klima, Klimafolgenforschung und Naturgefahren. Climate Service Center
- Bergmann, K.-C.; Zuberbier, T.; Augustin, J.; Mücke, H.-G.; Straff, W. (2012):** Klimawandel und Pollenallergie: Städte und Kommunen sollten bei der Bepflanzung des öffentlichen Raums Rücksicht auf Pollenallergiker nehmen, Allergo J., 21 (2): S. 103–108
- BGU (2012):** West-Nil-Virus, Stellungnahme des Arbeitskreises Blut des Bundesministeriums für Gesundheit, Bundesgesundheitsblatt, 55/2012, S. 1024–1043
- BMU (2011):** Klimawandel, Extremwetterereignisse und Gesundheit, Internationale Fachkonferenz am 29./30. November 2010 in Bonn, Konferenzbericht
- Cramer, J.P.; Schmidt-Chanasit, J. (2014):** Dengue-Virus & Co.: Sind durch Stechmücken übertragene Viren auf dem Vormarsch? DMW, 139 (06), S. 247–250
- DWD (2014):** Zahlen und Fakten zum Klimawandel in Deutschland, Pressekonferenz des DWD am 25. März 2014 in Berlin
- Eis, D.; Helm, D.; Laußmann, D.; Stark, K. (2010):** Klimawandel und Gesundheit – Ein Sachstandsbericht, Hrsg: Robert Koch-Institut, Berlin
- Frank, C.; Faber, M.; Hellenbrand, W.; Wilking, H.; Stark, K. (2014):** Wichtige, durch Vektoren übertragene Infektionskrankheiten beim Menschen in Deutschland, Bundesgesundheitsblatt 5, 2014
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2013):** Working Group I Contribution to the IPCC 5th Assessment Report – The Physical Science Basis
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014):** Working Group II Contribution to the IPCC 5th Assessment Report – Impacts, Adaption and Vulnerability
- McCoy, D.; Watts, N. (2014):** Climate Change: Health Impacts and Opportunities (Im Auftrag: The Global Climate & Health Alliance)
- Robert Koch-Institut (Hrsg.) (2011):** Steckbriefe seltener und importierter Infektionskrankheiten
- Robert Koch-Institut/Umweltbundesamt (2013):** Klimawandel und Gesundheit. Allgemeiner Rahmen zu den Handlungsempfehlungen für Behörden und weitere Akteure in Deutschland
- Schmidt-Chanasit, J.; Schmiedel, S.; Fleischer, B.; Burchard, G.-D. (2012):** Importierte Virusinfektionen – Was muss ein niedergelassener Arzt wissen? Dt. Ärzteblatt, Jg. 109, Heft 41, S. 681–692
- Stark, K.; Niedrig, M.; Biederbick, W.; Merkert, H.; Hacker, J. (2009):** Die Auswirkungen des Klimawandels. Welche neuen Infektionskrankheiten und gesundheitlichen Probleme sind zu erwarten? Bundesgesundheitsblatt 7/2009
- Stark, K. (2013):** Klimawandel und Infektionskrankheiten: Womit ist in Deutschland zu rechnen?, Abstract zum Vortrag, Klimaanpassungsschule, Charité, Berlin

---

## Impressum

**Herausgeber:** Climate Service Center 2.0 des Helmholtz-Zentrums Geesthacht, Fischertwiete 1, 20095 Hamburg  
**v.i.S.d.P.:** Prof. Dr. Guy P. Brasseur

**Konzeption und Redaktion:** Angela Grosse, **Gestaltung:** Hemme Konzept+Design, **Lektorat:** textteam Thomas Künzel

**Projektkoordination:** Dr. Markus Groth, Climate Service Center 2.0 des Helmholtz-Zentrums Geesthacht  
Fischertwiete 1, 20095 Hamburg, Tel.: 040/22 63 38-409, E-Mail: Markus.Groth@hzg.de

**Fotos:** Titel: Maygutyak, S. 8/9: Andrey Kuzmin, S. 9: Ruth Hallam, S. 13: sallydexter, S. 15: tibanna79, S. 16/17: CandyBox Images, S. 19: komandos, S. 25: RW-Design, S. 25: Tom LiMa, S. 26/27: Alexander Rath, S. 28: Manuel Schäfer, S. 29: Darren Baker, S. 29: Wanja Jacob – alle fotolia, S. 4/5: luniversa, S. 6: Dmitry Skalev, S. 10/11: nautilus\_shell\_studios, S. 14: kozmoat98, S. 20/21: BeachcottagePhotography – alle iStockphoto

**Grafiken S. 6 und S. 23:** Hartmann, D.L., A.M.G. Klein Tank, M. Rusticucci, L.V. Alexander, S. Brönnimann, Y. Charabi, F.J. Dentener, E.J. Dlugokencky, D.R. Easterling, A. Kaplan, B.J. Soden, P.W. Thorne, M. Wild and P.M. Zhai, 2013: Observations: Atmosphere and Surface. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

**Druck:** HZG-Hausdruckerei, Geesthacht, Auflage: 2000 Exemplare © Climate Service Center 2.0 2014. Alle Rechte vorbehalten.  
Nachdruck, Aufnahme in Online-Dienste und Internet sowie Vervielfältigung auf Datenträgern nur mit Genehmigung des Herausgebers

