

Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit. Ergebnisse des Netzwerks Vulnerabilität

Effects of climate change on human health. Results of the Network Vulnerability

Inke Schauser¹, Birgit Habedank¹, Hans-Guido Mücke¹, Carola Kuhn¹, Hildegard Niemann², Mareike Buth³, Walter Kahlenborn³, Stefan Greiving⁴, Mark Fleischhauer⁴, Stefan Schneiderbauer⁵, Marc Zebisch⁵

Abstract

The network vulnerability, an association of 16 federal public authorities and a scientific consortium, has developed a national vulnerability assessment for the 15 sectors of the German National Adaptation Strategy. The results for the human health sector show that climate change, especially heat events, already significantly threatens human health. In case of a strong climate change heat effects and breathing difficulties caused by ozone will threaten human health in the middle of the century more often and intensive than today. The likelihood of certain infectious diseases will increase with increasing expansion or establishment of the arthropod or rodent vectors of these pathogens. Until the end of the century will the dangers of human health increase further because of rising temperatures.

Zusammenfassung

Das Netzwerk Vulnerabilität, ein Zusammenschluss von 16 Bundesoberbehörden und -institutionen und einem wissenschaftlichem Konsortium, hat im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie eine deutschlandweite Vulnerabilitätsanalyse für 15 Handlungsfelder durchgeführt. Die Ergebnisse für das Handlungsfeld ‚Menschliche Gesundheit‘ zeigen, dass der Klimawandel, insbesondere Hitzeereignisse, bereits gegenwärtig erheblich die menschliche Gesundheit bedroht. Bei einem starken Klimawandel können Hitzebelastungen und Atembeschwerden durch bodennahes Ozon bereits bis Mitte des Jahrhunderts die menschliche Gesundheit häufiger und stärker als gegenwärtig gefährden. Durch die Ausbreitung beziehungsweise Etablierung von Überträgern von Krankheitserregern wird gegenwärtig wie in Zukunft die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von bestimmten Infektionskrankheiten erhöht. Bis Ende des Jahrhunderts können die Gefährdungen für die menschliche Gesundheit durch steigende Temperaturen noch deutlich zunehmen.

Seit 2011 arbeiten im Auftrag der Bundesregierung 16 Bundesoberbehörden und -institutionen sowie ein wissenschaftliches Konsortium im Netzwerk Vulnerabilität (<http://www.netzwerk-vulnerabilitaet.de>) zusammen, um mittels einer konsistenten, sektorenübergreifenden und deutschlandweiten Vulnerabilitätsanalyse ein Gesamtbild der Vulnerabilität Deutschlands für alle 15 Handlungsfelder der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) zu erstellen.

Die erarbeiteten Ergebnisse fließen in den Fortschrittsbericht zur DAS und die Fortschreibung des Aktionsplans Anpassung (APA) ein, welche derzeit durch die Interministerielle Arbeitsgruppe (IMA) „Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ vorbereitet und im Dezember 2015 dem Kabinett vorgelegt werden sollen. Die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse dienen der Identifizierung von

¹ Umweltbundesamt.

² Robert Koch-Institut.

³ adelphi consult.

⁴ plan + risk consult (PRC).

⁵ Europäische Akademie Bozen (EURAC).

Handlungserfordernissen sowie möglicher Maßnahmen und Instrumente durch die IMA Anpassung.

Die engagierte und zielführende Zusammenarbeit der 16 beteiligten Bundesbehörden und -institutionen und des wissenschaftlichen Konsortiums im Netzwerk war eine wichtige Voraussetzung für den erfolgreichen Abschluss der Arbeiten. Die Behörden stellten Expertenwissen, Daten und Modelle zur Verfügung und waren aufgrund der Mandatierung durch die Ministerien legitimiert, die Ergebnisse der Analyse hinsichtlich ihrer Bedeutung für Deutschland zu bewerten. Das wissenschaftliche Konsortium sowie die eingebundenen externen Experten entwickelten die Methodik, trugen ihr Wissen bei und stellten die Transparenz und Objektivität des Prozesses sicher, beispielsweise durch standardisierte Abfragen und ein einheitliches Vorgehen in allen Handlungsfeldern. Methodisch zentral ist die Trennung der Wert- von der Sachebene sowie Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse, da eine Vulnerabilitätsbewertung immer auch ein normativer Prozess ist. Auf diese Weise wurde von den Forschenden aus Bundesbehörden und Wissenschaftsbetrieb eine innovative Methodenarbeit geleistet, die es ermöglichte, die wichtigsten, sektoralen und sektorenübergreifenden Folgen des Klimawandels – wie städtische Wärmebelastungen und Hochwassergefahren durch Flussüberschwemmungen oder Sturzfluten – für Deutschland herauszufiltern und zu bewerten.

Die Untersuchung erfolgte in den drei Zeiträumen Gegenwart, nahe Zukunft (2021 bis 2050) und ferne Zukunft (2071 bis 2100). Die Bandbreite der zukünftigen klimatischen und sozioökonomischen Entwicklungen wurde berücksichtigt, indem das 15. und 85. Perzentil eines Ensembles von Klimaprojektionsdaten (bereitgestellt vom Deutschen Wetterdienst) und zwei sozioökonomischen Szenarien (bereitgestellt vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung) zu einem Szenario „starker Wandel“ und einem Szenario „schwacher Wandel“ kombiniert wurden. Für die ferne Zukunft lässt sich die sozioökonomische Entwicklung nur sehr unsicher projizieren. Daher basierte die Einschätzung der Klimawirkungen im Zeitraum 2071 bis 2100 nur auf Klimaprojektionen.

Die sektoralen wie auch die sektorenübergreifenden Ergebnisse zeigen: Mit zunehmendem Klimawandel steigt das Schadenspotenzial für Natur, Gesellschaft und Wirtschaft. Selbst für den Fall ei-

nes schwachen Klimawandels ist schon bis Mitte des Jahrhunderts mit Beeinträchtigungen zu rechnen. Sollte aber ein starker Wandel stattfinden, sind in naher Zukunft Gefährdungen für die Gesundheit der Bevölkerung, ihre Mobilität und ihr Hab und Gut sowie bedeutende Schäden im Bereich der Infrastrukturen und der Umwelt zu erwarten. Weniger betroffen vom Klimawandel in Deutschland in naher Zukunft erscheint die deutsche Wirtschaft. Sie kann zudem Vorteile aus dem Klimawandel ziehen, etwa durch eine steigende Nachfrage nach umweltfreundlichen Technologien.

Von den erheblichen Gefährdungen, die ein starker Klimawandel mit sich bringen kann, sind besonders bedroht (**Abbildung 1**):

- Ballungsregionen in Ostdeutschland und dem Rheintal mit Blick auf Hitzewellen,
- Ballungsgebiete, insbesondere im norddeutschen Tiefland durch Flussüberschwemmungen und
- Ballungsgebiete in Süddeutschland, insbesondere durch Überschwemmungen infolge von Starkregen.

Langfristig werden zudem die Folgen sommerlicher Trockenheit für die Nutzung von Wasser zum Beispiel für Kühlung, Bewässerung und Produktion von Gütern sowie die Bodennutzung durch Land- und Forstwirtschaft und die Folgen des Meeresspiegelanstiegs für den Küstenschutz an Wichtigkeit zunehmen.

Die Zunahme von Heißen Tagen (Tage mit Tagesmaximum der Temperatur $\geq 30^{\circ}\text{C}$) ist das in den Klimamodellen deutlichste und stärkste Klimasignal mit Folgen für die menschliche Gesundheit. Zunehmend belasten Hitzewellen vor allem die Gesundheit von Menschen in Ballungsgebieten, weil die enge Bebauung zu einem urbanen Wärmeinselleffekt führt.

Infrastrukturen, welche sehr große Sachwerte darstellen, können vor allem von Extremwetterereignissen, wie dem Elbhochwasser 2013, schwer beschädigt werden. Prägt sich der Klimawandel bereits in naher Zukunft stark aus, können durch häufigere Starkregen ausgelöste Überschwemmungen, großräumige Flusshochwasser und lokale Sturzfluten zunehmen. Gerade in Ballungsgebieten mit hoher Infrastrukturdichte und vielen empfindlichen Einrichtungen in überschwemmungsgefährdeten Gebieten, wie Hamburg, Bremen und im Rhein-

Abbildung 1: Regionale Betroffenheit und handlungsfeldübergreifende Folgen des Klimawandels in Deutschland (Mitte des Jahrhunderts. Quelle: © adelphi, PRC, EURAC 2015.



Ruhr-Gebiet, kann es dann zu hohen Schäden kommen. Sturmfluten, die bei steigendem Meeresspiegel gegen Ende des Jahrhunderts häufiger erwartet werden, haben ein hohes Schadenpotenzial

für küstennahe Städte und insbesondere die Nordseeinseln. Sturmereignisse, wie der Frühjahrssturm Niklas im Jahr 2015, haben ebenfalls ein hohes Schadenpotenzial für Infrastrukturen sowie für die

Forstwirtschaft und zählen für die Finanzwirtschaft zu den teuersten Extremereignissen in Deutschland. Allerdings kann man aus den Klimamodellen noch keinen klaren Trend für zukünftige Stürme erkennen – es gibt lediglich Indizien, dass Winterstürme häufiger werden.

In der zweiten Hälfte des Jahrhunderts wird es voraussichtlich häufiger zu Frühjahrs- und Sommerdürre verbunden mit verminderter Bodenfeuchte kommen. Dies kann die Erträge in der Land- und Forstwirtschaft negativ beeinflussen und wird die Auswahl geeigneter Nutzpflanzen erfordern. Gleichzeitig kann die deutsche Landwirtschaft durch eine längere Vegetationsperiode durchaus vom Klimawandel profitieren.

Durch eine Veränderung der Artenzusammensetzung wird sich der Klimawandel auch auf die biologische Vielfalt auswirken. So könnten sich beispielsweise gebietsfremde, invasive Arten, wie toxische Blaualgen in Seen (*Cylindrospermopsis raciborskii*), Schädlinge oder Krankheitserreger neu etablieren oder ausbreiten. Langfristig werden besonders Küstenregionen sowie Arten und Lebensräume von dem schleichenden Temperaturanstieg bedroht werden, die an einzigartige und empfindliche Regionen gebunden sind, wie das Wattenmeer und das Hochgebirge.

Alle Veränderungen des Klimas haben eine Auswirkung auf das menschliche Wohlbefinden und die Gesundheit: Hitze und Kälte wirken direkt auf die Mortalität und Morbidität der Menschen, die Globalstrahlung beeinflusst die Gesundheit durch die bodennahe Ozonkonzentration sowie die UV-Strahlung, Temperatur- und Feuchteänderungen beeinflussen die Verbreitung von Vektoren, Krankheitserregern und gesundheitsgefährdenden Stoffen, wie Allergenen oder Luftschadstoffen, aber auch von Schadstoffen in Gewässern. Extremereignisse, wie Stürme, Sturmfluten oder Starkregen, können zu Unfällen mit Verletzungen und Todesopfern führen. Es besteht daher eine Vielzahl von Verknüpfungen des Handlungsfelds ‚Menschliche Gesundheit‘ mit allen anderen Handlungsfeldern.

Wie sich das Klima auf die Gesundheit der Menschen auswirkt, hängt sehr stark von der individuellen Disposition und vom individuellen Verhalten ab, aber auch von vielen anderen Parametern wie der Ausgestaltung der baulichen und natürlichen Umwelt, zum Beispiel Wärmedämmung von Ge-

bäuden, Vorhandensein und Nutzung von Grün- und Wasserflächen. Aber auch die Landnutzung allgemein sowie die Emission von gesundheitsschädlichen Stoffen, zum Beispiel Luftschadstoffen, oder der Personen- und Güterverkehr mit der Folge einer Einschleppung von Krankheitserregern und ihren Überträgern, haben einen großen Einfluss auf die menschliche Gesundheit. Ein wichtiger sozio-ökonomischer Trend für die Zukunft ist insbesondere die Entwicklung der Altersstruktur der Bevölkerung.

Im Rahmen des Netzwerks Vulnerabilität wurden vier Klimawirkungen im Handlungsfeld ‚Menschliche Gesundheit‘ durch Proxyindikatoren und Expertengespräche untersucht: (1) Hitzebelastung, (2) Atembeschwerden durch bodennahes Ozon, (3) Überträger von Krankheitserregern sowie (4) Belastung der Rettungsdienste, Krankenhäuser und Ärzte.

1) Eine bedeutende klimatische Auswirkung, die bereits in der Vergangenheit zu einem deutlichen Anstieg der Mortalität geführt hat, ist das Auftreten von Hitzewellen. Die mittlere Anzahl der heißen Tage in Deutschland hat bereits von drei auf acht pro Jahr von der Mitte des letzten Jahrhunderts zur Gegenwart zugenommen und kann in ferner Zukunft auf 15 bis 35 heiße Tage steigen. Durch die starke Zunahme kann es in Zukunft vermehrt zu negativen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit kommen. Besonders empfindlich sind ältere Personen. Da aufgrund des Wärmeinseleffekts in Ballungsgebieten die Temperatur nachts im Vergleich zum Umland schon heute um bis zu 11 Grad höher ist, sind städtische Regionen mit einer hohen Anzahl von älteren Personen überdurchschnittlich von Hitzeeffekten bedroht. Dies trifft bereits heute etwa auf die Städte Berlin, Karlsruhe, Ludwigshafen/Mannheim, Mainz/Wiesbaden, Nürnberg, Frankfurt sowie Köln und Düsseldorf zu und kann sich unter der Annahme eines starken Wandels in naher Zukunft auf ganze Regionen insbesondere in Ost- und im westlichen Teil Westdeutschlands sowie vereinzelte Regionen im Südwesten Deutschlands ausweiten, wobei die Alterung der Gesellschaft das Problem verschärft. Gleichzeitig kann eine Abnahme der Frosttage dazu führen, dass kältebedingte Todesfälle in Zukunft abnehmen werden.

- 2) Die sommerliche bodennahe Ozonbelastung entsteht durch photochemische Prozesse aus Vorläuferstoffen wie den Luftschadstoffen Stickstoffoxiden (NO_x) und flüchtigen organischen Verbindungen (NMVOC) und führt zu Atembeschwerden. Da zukünftig häufiger Strahlungswetterlagen auftreten können, steigt die Wahrscheinlichkeit von kritischen Ozonkonzentrationen. Besonders betroffen sind großstadtnahe, bevölkerungsreiche Regionen. Jedoch steht dieser Entwicklung der gegenwärtige Trend der Verbesserung der Luftqualität, insbesondere der Reduktion von Stickstoffdioxid (NO_2), entgegen, vor allem aufgrund geringerer Stickstoffoxid-Emissionen von Verkehr, Industrie und der Stromerzeugung.
- 3) Heimische Überträger von Krankheitserregern, wie Nager und Schildkröten können von einer Temperaturzunahme und Luftfeuchtigkeitsänderungen innerhalb eines Komfortbereiches profitieren. So ist die Ausbreitung einer früher in Deutschland seltenen Schildkrötenart bereits zu beobachten. Auch für andere potentielle Überträger von Krankheitserregern ist eine Ausbreitung bei einem starken Wandel zu erwarten. Auch eingeschleppte Arten, beispielsweise bestimmte Mückenarten, können sich zukünftig unter wärmeren und feuchteren Bedingungen leichter etablieren und ausbreiten.
- 4) Eine Überlastung der Rettungsdienste, der Krankenhäuser und Ärzte wird im Zuge des Klimawandels nicht erwartet. Erhöhte Anforderungen werden im Zuge von Hitzewellen an die Gesundheitsinfrastruktur gestellt.

Die abschließende Bewertung der Ergebnisse für die Gegenwart und die nahe Zukunft durch die Behördenvertreter im Netzwerk Vulnerabilität zeigt, dass der Klimawandel, insbesondere Hitzeereignisse, schon gegenwärtig erheblich die menschliche Gesundheit bedroht. Bei einem starken Klimawandel können Hitzebelastungen und Atembeschwerden durch bodennahes Ozon bereits in naher Zukunft die menschliche Gesundheit häufiger und stärker als gegenwärtig gefährden. Jedoch kann der gegenwärtige Trend der verbesserten Luftqualität der Ozonbelastung entgegenwirken. Durch die Ausbreitung beziehungsweise Etablierung von Überträgern von Krankheitserregern wird gegenwärtig wie in Zukunft die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von bestimmten Infektionskrankheiten erhöht. Bis

Ende des Jahrhunderts können die Gefährdungen für die menschliche Gesundheit insbesondere durch steigende Temperaturen noch deutlich zunehmen.

Im Handlungsfeld ‚Menschliche Gesundheit‘ sind mit Blick auf bestimmte Gefährdungen kurzfristige Anpassungen möglich, beispielsweise durch öffentliche Warnsysteme oder Verhaltensinformationen. Der Ausbau von Gesundheitsinfrastruktur, Rettungs- und Hilfsdiensten braucht im Gegensatz dazu etwas mehr Zeit. Unter Berücksichtigung der mittleren bis hohen Anpassungskapazität des Gesundheitssektors ergibt sich eine mittlere Vulnerabilität des Handlungsfelds ‚Menschliche Gesundheit‘.

Die Anpassungskapazität im Bereich der Gesundheitsversorgung ist dadurch gekennzeichnet, dass Kapazitätsgrenzen noch nicht erreicht werden und eine gute Grundversorgung besteht. Die zukünftige Entwicklung wird allerdings von der demographischen Entwicklung und der Ausgestaltung der medizinischen und pflegerischen Grundversorgung beeinflusst werden. Hinsichtlich des Auftretens und der Bekämpfung von Krankheitsüberträgern besteht ein hoher Forschungsbedarf. Darüber hinaus sind viele Zusammenhänge bezüglich der Vektoren, der durch sie übertragenen Erreger und das Auftreten der entsprechenden Krankheiten nicht hinreichend geklärt. Beispielsweise sollte ein Langzeitmonitoring von Vektoren etabliert werden und ein Monitoring auf möglicherweise neu auftretende Erreger (z. B. West-Nil-Virus) im Fokus stehen, um eine Gefährdung für die menschliche Gesundheit frühzeitig erkennen zu können. Weiterhin gilt es, Untersuchungs- und Analysemethoden für eine verbesserte Abschätzung der Allergie-Risiken, ausgelöst durch bereits angesiedelte aber vor allem auch neu einwandernde Arten, auszubauen und weiter zu entwickeln. Auch der Zusammenhang zwischen klimabedingten Gesundheitsproblemen und der Arbeitsproduktivität muss noch genauer erforscht werden. Hinzu kommt, dass aufgrund der heterogenen Verteilung und unterschiedlicher Betroffenheit verschiedener Bevölkerungsgruppen unter Berücksichtigung des demografischen Wandels Bedarf an spezifischen kleinräumigen Vulnerabilitätsanalysen im Bereich Gesundheit und Hitze besteht. Hier sind Innenstädte deutlich stärker betroffen als Randbezirke und das Umland von Städten.

Der Abschlussbericht des Netzwerks Vulnerabilität wurde im November 2015 veröffentlicht

(<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem>).

Weitere Informationen zur Arbeit des Netzwerks Vulnerabilität finden Sie auf der Internetseite <http://www.netzwerk-vulnerabilitaet.de>.

Kontakt

Inke Schauser
Umweltbundesamt
Fachgebiet I 1.6 „Kompass – Klimafolgen
und Anpassung in Deutschland“
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau
E-Mail: [inke.schauser\[at\]uba.de](mailto:inke.schauser@uba.de)

[UBA]