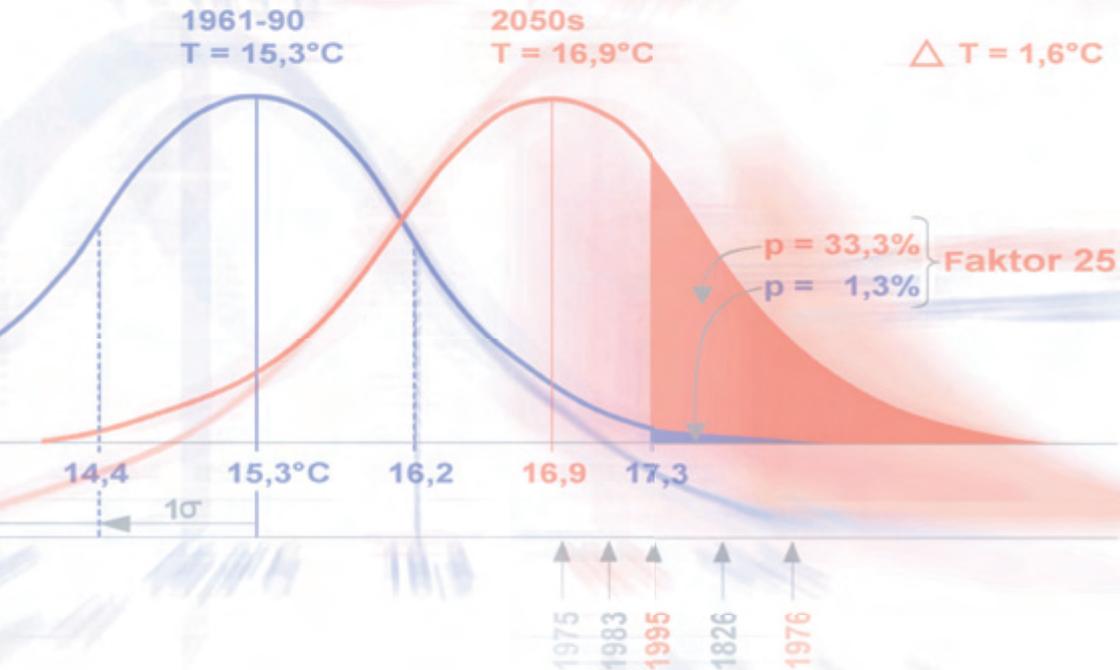


Globaler Klimawandel und Gesundheit



mit Beiträgen von

H. Behrendt, C. Beierkuhnlein, V. Fingerle, K. Fleischer,
J.G. Gostomzyk, V. Hingst, M. Hübler, M. Kohlhuber, B. Liebl,
A. Peters, E. Rauch und U. Stöbel

Herausgeber:

Johannes Georg Gostomzyk, Martina Enke

Globaler Klimawandel und Gesundheit

Impressum

© Landeszentrale für Gesundheit
in Bayern e.V. (LZG), 2008
Pfarrstraße 3, 80538 München
Die LZG wird gefördert durch das Bayerische Gesundheitsministerium

Herausgeber:

Prof. Dr. med. Johannes Georg Gostomzyk, Augsburg
Dr. med. Martina Enke, Augsburg

Redaktion:

Dr. Martina Enke

Gestaltung und PrePress:

Manfred Dilling, Eurasburg

Druck:

MDV Maristen Druck und Verlag GmbH, Furth

ISBN 978-3-933725-28-8

Die auf dem Titelbild verwendete Grafik „Geringe Veränderung von Mittelwerten - Starke Veränderungen bei Extremwerten“ stammt aus dem Beitrag von E. Rauch, S. 54

Hinweis: Die Personenbezeichnungen in dieser Schrift beziehen sich, wenn nicht ausdrücklich differenziert, gleichermaßen auf Frauen wie auf Männer. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde jedoch darauf verzichtet, in jedem Fall beide Geschlechter zu benennen.

Globaler Klimawandel und Gesundheit

Dokumentation eines Symposiums der Landeszentrale für Gesundheit
und des Bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit zum Weltgesundheitstag 2008

München, 2. April 2008

mit Beiträgen von

H. Behrendt, C. Beierkuhnlein, V. Fingerle, K. Fleischer,
J.G. Gostomzyk, V. Hingst, M. Hübler, M. Kohlhuber, B. Liebl,
A. Peters, E. Rauch und U. Stöbel

Herausgeber

Johannes Georg Gostomzyk
Martina Christine Enke

Inhaltsverzeichnis

Globaler Klimawandel und Gesundheit	7
Grußwort	
Prof. Dr. Johannes G. Gostomzyk Landeszentrale für Gesundheit in Bayern e.V.	
Globaler Klimawandel und Gesundheit	11
Grußwort	
Prof. Dr. Volker Hingst Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit	
Globaler Klimawandel und Gesundheit	15
Grußwort	
Prof. Dr. Bernhard Liebl Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz	
Globaler Klimawandel und Migrationsmedizin	19
Prof. Dr. Klaus Fleischer, Dagmar Ludin, PD Dr. August Stich Missionsärztliches Institut Würzburg	
Regionale Aspekte des Klimawandels – Entwicklung und Konsequenzen in Bayern	33
Prof. Dr. Carl Beierkuhnlein, Stephanie Thomas Lehrstuhl für Biogeographie, Universität Bayreuth	
Klimawandel – Risiken und Chancen aus der Wahrnehmung eines Rückversicherers	47
Ernst Rauch GeoRiskForschung, Münchner Rückversicherungs-Gesellschaft	
Soziale und psychische Folgen des Klimawandels	57
Annäherungen aus sozialwissenschaftlicher Sicht	
Dr. Ulrich Stöbel Abteilung Medizinische Soziologie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg	

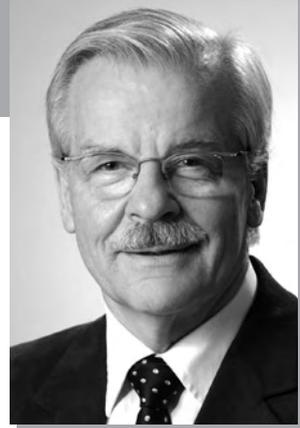
Klimawandel und Allergie	73
Prof. Dr. Heidrun Behrendt Zentrum Allergie und Umwelt, Technische Universität München	
Zur Bedeutung von Umweltzonen in unseren Städten	83
PD Dr. Annette Peters, Dr. Joachim Heinrich, Prof. Dr. Dr. H. Erich Wichmann Helmholtz-Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt	
Klimawandel und zeckenübertragbare Erkrankungen	91
Dr. Volker Fingerle Nationales Referenzzentrum für Borrelien, Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Oberschleißheim	
Gesundheitliche Auswirkungen von Hitze- und Kältewellen	101
Martina Kohlhuber, PD Dr. Hermann Fromme Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit	
Prognose und Bewertung der zukünftigen Hitzebelastung in Bayern	113
Michael Hübler Institut für Weltwirtschaft, Kiel	

Grußwort

Weltgesundheitstag 2008

Globaler Klimawandel und Gesundheit

Johannes G. Gostomzyk



Der Weltgesundheitstag (WGT) wird jährlich am 7. April begangen, am Tag der Gründung der Weltgesundheitsorganisation. „Protecting health from climate change“ lautet das Motto für 2008. Die WGT-Auftaktveranstaltung der Landeszentrale für Gesundheit in Bayern, „Globaler Klimawandel und Gesundheit“, fand am 2. April 2008 in München statt. Das Programm für das gemeinsam mit dem Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit durchgeführte Symposium war darauf abgestellt, dem Thema regionale Perspektiven und damit eine größere Verbindlichkeit zu geben.

Die Bundesvereinigung Prävention und Gesundheitsförderung e.V. (BVPG), Nachfolgeorganisation der Bundesvereinigung für Gesundheit und des Deutschen Forums Prävention und Gesundheitsförderung, formulierte als offizielles WGT-Motto für Deutschland: „Vom Seuchenschutz bis zum Klimawandel – 60 Jahre WHO“. Eine Auftaktveranstaltung fand am 3. April 2008 im Auftrag des Bundesgesundheitsministeriums in Berlin statt.

Die BVPG-Übersetzung weckt die Assoziation, dass Erfolge im Seuchenschutz auch für den Klimawandel zutreffen. Mir scheint, als würde durch diese Übersetzung das eigentliche WGT-Anliegen der WHO eher verdeckt als handlungsleitend offenkundig gemacht. Darin steckt wohl auch der Wunsch, durch Prävention klimabedingte Erkrankungen vermeiden zu können.

Wir leben in der nördlichen, „gemäßigten“ Klimazone der Erde. Aber auch wir erleben zunehmend häufiger extreme Wetterlagen wie starke Niederschläge, orkanartige Stürme, Hitzeperioden, Gletscherschwund und anderes als Symptome eines globalen Klimawandels. In der öffentlichen Debatte werden die Ursachen des Klimawandels und mögliche Reaktionen darauf noch immer kontrovers diskutiert. Die Bürger sind verun-

sichert, insbesondere über die sehr heterogenen Bewertungen der Sinnhaftigkeit von Gegenmaßnahmen. Manche verdrängen die alarmierenden Befunde und auch Hinweise auf neue klimabedingte Erkrankungen werden nicht als reale Bedrohung empfunden. Die globale Perspektive macht ein weiteres Paradoxon offensichtlich: Diejenigen, die vom Klimawandel am stärksten betroffen sind, zählen nicht zu den Hauptverursachern.

Für Javier Solana, den EU-Vertreter für gemeinsame Außen- und Sicherheitspolitik, ist das Risikopotential des Klimawandels bereits sehr real. Die meisten Anrufe um humanitäre Hilfe im letzten Jahr hatten Bezug zum Klima. Die wichtigsten Bedrohungen liegen

1. im Konflikt um Ressourcen: Rückgang landwirtschaftlicher Nutzfläche, ausweitende Wasserknappheit, abnehmende Nahrungs- und Fischbestände, häufige Überschwemmungen, lange Dürreperioden
2. zunehmende Migration: Die Vereinten Nationen sagen bis 2020 Millionen von „Umwelt-Migranten“ voraus.

Jede dieser Bedrohungen bedroht indirekt auch stets die Gesundheit.

Im Folgenden nenne ich drei Beispiele, die meiner Meinung nach den gesellschaftlichen Umgang mit dem Thema „Umwelt und Gesundheit“ charakterisieren.

1. CO₂-Messungen als objektive Wahrnehmung:
Seit genau 50 Jahren wird der CO₂-Gehalt der Atmosphäre auf Hawaii am Mauna Loa gemessen und die Messkurve zeigt in dieser Zeit einen sehr konstant linearen Anstieg von 315 auf 385 ppm (1,55 ppm/a). Forscher rechnen diese 1958 von Charles Keeling († 2005) begonnenen Messungen, die sein Lebenswerk darstellen, zu den drei wichtigsten Experimenten der Wissenschaftsgeschichte. Daneben sind zu nennen:
Tycho Brahe (1546-1601), dänischer Astronom, der die Planetenbewegung beschrieb und damit den Grundstein für Isaak Newtons (1643-1728) Gravitationstheorie legte, und Albert Michelson (1852-1931, Nobelpreis 1907). Seine Messung der Lichtgeschwindigkeit war für Albert Einstein (1879-1955, Nobelpreis 1921) das Fundament für seine Allgemeine Relativitätstheorie (1916).

Christoph Schrader schrieb zu der CO₂-Messung von Charles Keeling in der Süddeutschen Zeitung (29./30. März 2008, S. 24): „Eine Kurve verändert die Welt“. Ist das tatsächlich die Information, die wir subjektiv wahrnehmen? Oder wird unser Bild nicht viel stärker bestimmt durch die Klimakonferenz von Kyoto und Folgekonferenzen, die noch immer nach Sprachregelungen suchen, weitere Messungen fordern und egoistische nationale Interessen mehr oder weniger offen erkennen lassen.

Javier Solana forderte in der FAZ (12. März 2008) sogar eine „CO₂-Diplomatie“.

2. Vom 1. bis 3. April 2008 fand in München die Analytica statt. Das Thema der Analytik-Konferenz lautete: „Nanoanalytik zwischen Physik, Chemie und Biologie“. Die Möglichkeiten der Nanoanalytik sollen zum Schutz des Trinkwassers eingesetzt werden, indem sie Erkenntnisse über das Zusammenwirken natürlicher Kolloide, hergestellt durch Mikroorganismen im Boden, und technisch genutzte Nanopartikel in Oberflächen- und Grundwasser liefert. Im Sediment von Oberflächenwasser finden sich Nanopartikel anthropogenen Ursprungs, beispielsweise das Titandioxyd, es dient als wichtigstes Weißpigment in der Farben-, Lack-, Kunststoff- oder Papierindustrie.

Wir stehen vor dem alten Dilemma der Menschheit. Konkret lautet die Herausforderung in unserem Falle: Nanoanalytik entwickeln und anwenden oder Nanotechnologie mit ihrem bisher für die Umwelt nicht abschätzbaren Folgen vermeiden? Reicht uns nicht bereits die Feinstaubbelastung in der Stadtluft? Darüber werden wir heute diskutieren.

Für die Wissenschaft spektakuläre Ergebnisse, die den Laien unverständlich bleiben, werden sehr schnell verdrängt. Manche verweisen als Alibi auf die im Sinne der kritischen Theorie von Karl Popper durchaus richtige Erkenntnis, die Wissenschaft von heute sei der Irrtum von morgen, und verweisen z.B. auf den postulierten Energiespareffekt der Sommerzeit-Umstellung.

3. Die Augsburger Allgemeine vom 12. März 2008 brachte auf Seite 1 den Beitrag „Sieben neue Sünden“.

Seit dem Mittelalter gelten in der katholischen Kirche sieben Todsünden, die zur ewigen Verdammnis führen: Stolz, Geiz, Neid, Zorn, Wollust, Völlerei und Faulheit. Geiz und Wollust bzw. Geilheit sind derzeit eher zu Tugenden mutiert. Die Werbung sagt uns: Geiz ist geil.

Der im Vatikan zuständige Erzbischof Gianfranco Givotti, Großpönator der Katholischen Kirche, verkündete im L'Osservatore Romano: „Es gibt neue Formen sozialer Sünde“. Er nennt sieben Sünden, dazu zählen Umweltverschmutzung, insbesondere das Einleiten von Giftstoffen in die Natur, sowie soziale Ungerechtigkeit und das Anhäufen von exzessivem Reichtum. Dazu entsteht sofort die Frage: Zählen z.B. Autoabgase zu den sanktionierten Giftstoffen?

Der Erzbischof betonte: „Gestern hatte die Sünde noch eine zeitnahe persönliche

Dimension. Heute hat sie vor allem auch soziale Bedeutung und Resonanz aufgrund des großen Phänomens der Globalisierung“. Die Priester müssten darauf vorbereitet werden, auf neue Formen der Sünde zu achten.

Sünde ist nach theologischer Auffassung, mit Ausnahme der Erbsünde, eine bewusst vollzogene Übertretung göttlicher Gebote und als Voraussetzung für eine Absolution gelten Reue und guter Vorsatz. Wie ist dieser Vorsatz bezüglich der Umwelt zu formulieren?

Haben wir vergessen, die für die Prävention offensichtlich wichtige Gruppe der Theologen zu unserem heutigen Symposium einzuladen? Der Priester im Beichtstuhl als Multiplikator für Umweltfragen ist eine neue Perspektive. Was für Ratschläge soll er als „guten Vorsatz“ geben? Kann er sich bei der Wissenschaft oder beim Öffentlichen Gesundheitsdienst verlässlichen Rat holen?

Wir brauchen verhaltens- und verhältnispräventive Konzepte, aber rationale Einsichten allein garantieren noch nicht ihren Erfolg. Hirnforscher unterscheiden explizites Wissen, d.h. von der Rationalität geprägtes Wissen, das uns sprachlich zur Verfügung steht, und impliziertes Wissen, also gefühltes intuitives Wissen. Letzteres bestimmt unser Handeln mehr als reine Rationalität. Präventives Handeln, auch die Prävention von Gesundheitsbelastungen durch die Umwelt, allein aus der Vernunft heraus funktioniert nicht, 50 Jahre CO₂-Messungen sind ein Beleg. Neue Analytik kann neue Wege weisen, unser Handeln aber wird überwiegend und nachhaltig von Emotionen bestimmt. Hier liegt die in unserer Gesellschaft noch immer nicht hinreichend gelöste Aufgabe, ein positives und tatsächlich auch handlungsleitendes Empfinden unserer existentiellen Abhängigkeit von einer intakten Umwelt noch viel stärker in allen Lebensbereichen zu entwickeln. Unsere Tagung hat das bescheidene Ziel, die Teilnehmer zum Dialog mit dem Bürger über das WGT-Thema „Globaler Klimawandel und Gesundheit“ zu motivieren, fertige Lösungen dazu dürfen sie aber nicht erwarten.

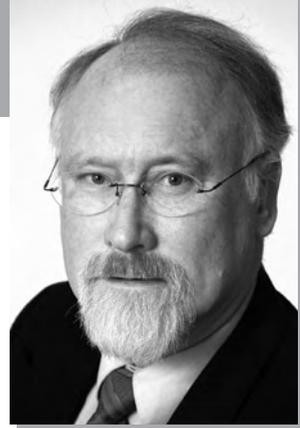
Prof. Dr. med. Johannes G. Gostomzyk
Vorsitzender der Landeszentrale für Gesundheit in Bayern e.V. (LZG)

Grußwort

Weltgesundheitstag 2008

Globaler Klimawandel und Gesundheit

Volker Hingst



„Das Dengue-Fieber könnte nach Europa zurückkehren“ titelte im April 2007 Spiegel online. Ungewohnt viele Menschen seien weltweit mit dieser durch die Mückenart *Aedes aegypti* übertragenen Krankheit infiziert. Seit Mitte März berichten in diesem Jahr die Medien von einer außergewöhnlich starken Dengue-Epidemie in Rio de Janeiro.

Nun wird diese Mücke nicht einfach ins mediterrane Europa zurückkehren, von wo sie in den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts unter massivem Einsatz von Insektiziden vertrieben worden war. Oder doch? Das Virus, das sie in sich trägt, könnte sich schon auf den Weg gemacht haben. Durch den zunehmenden globalen Handel werden Mückenlarven zum Beispiel in Zierpflanzentransporten nach Europa gebracht. In Italien verzeichnete man im vergangenen Sommer den lokalen Ausbruch des Chikungunya-Fiebers, übertragen durch eine andere Vektormücke, die grundsätzlich auch das Dengue-Virus übertragen könnte. Im Jahr 2007 kamen nach der am Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) erstellten Statistik in Bayern übrigens 57 Menschen aus einem Auslandsurlaub mit einer (meldepflichtigen) Dengue-Fieber-Infektion nach Hause. Die Menschen fahren und fliegen zu den Mücken, aber die Mücken kommen vor allem auch zu uns.

Zu nennen wären hier der Vollständigkeit halber auch die Gnitzen, die Vektoren der Blauzungenkrankheit bei Nutztieren. Seit bereits gut zehn Jahren breiten sie sich kontinuierlich über Süd- nach Mitteleuropa aus. 1,5 bis 2 Millionen Schafe verendeten seit 1998 an dieser Viruserkrankung. Dass sie für den Menschen ungefährlich ist, könnte ein Grund dafür sein, dass die Medien sich dieser Infektionskrankheit bisher kaum gewidmet haben.

Anders sieht es aus – und hier komme ich zu unserer Veranstaltung zurück – etwa mit FSME oder Borreliose. Die Medien haben sich heuer ebenso früh zu Wort gemeldet

wie die Zecken, die aufgrund des Klimas eher aktiv sind als in früheren Zeiten. Mit Dr. Volker Fingerle, der heute hier referiert, hat das LGL nun einen Borreliose-Spezialisten im Haus. Er ist der Leiter des Nationalen Referenzzentrums für Borrelien und Ehrlichien, das erfreulicherweise seit Jahresbeginn am LGL in Oberschleißheim angesiedelt ist.

Was Insekten oder Spinnentiere zum Bleiben verlockt, die Wärme, kann im Übermaß für den Menschen gefährlich werden. Bereits im Jahr 2006 hat das Sachgebiet Umweltmedizin des LGL sich der Thematik angenommen. Untersucht wurden neben zahlreichen anderen Faktoren die hitze- und kälteabhängige Erhöhung der Mortalität durch Erkrankungen der Atemwege und des Herz-Kreislauf-Systems. Die daraus entstandene Expertise „Klimaveränderung in Bayern – Gesundheitliche Folgen und Perspektiven“ kommt in ihrer Bewertung zu dem Schluss, dass ein Zusammenhang von Hitze- oder Kältewellen mit der Gesundheit besonders von Risikogruppen wie älteren Menschen, Pflegebedürftigen oder Kleinkindern besteht. Hier sind Akteure aus Forschung, Behörden, Verbänden und Gesellschaft gefordert, gemeinsam in über-regionalen Netzwerken zu planen und zu agieren, um Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit auf den Weg zu bringen. Die Expertise soll in naher Zukunft dazu dienen, eine Auswertung von Langzeitdaten zur weiteren Erforschung des Zusammenhangs von Hitze- bzw. Kältewellen und Gesundheit zu ermöglichen.

Das LGL als fachliche Leitstelle für den öffentlichen Gesundheitsdienst und die Gesundheitsämter in Bayern trägt ja gerade in diesem Haus hier in München dazu bei, zum Beispiel mit den Amtsarztlehrgängen, das hohe Niveau des ÖGD in Bayern, der in diesem Jahr sein 200-jähriges Bestehen feiert, zu pflegen und fortzuschreiben. Dazu gehören auch die Bereiche Risikokommunikation und Risikowahrnehmung, beides zunehmend wichtig im Hinblick auf die rasanten Veränderungen, die das sich ändernde Klima für den Menschen mit sich bringt – als Beispiel möge hier das Hantavirus dienen, übertragen durch Mäuse, die sich stärker vermehren als noch vor wenigen Jahren. Die Zahlen zeigen dies deutlich: 294 Neuerkrankungen im Jahr 2007 stehen 12 Neuerkrankungen im Jahr 2006 entgegen. Allerdings: Die Hantavirus-Erkrankung kann schwer verlaufen, es gibt keine Impfung, aber gleichzeitig ist die Gefahr einer Ansteckung gering und an bestimmte Verhaltensweisen wie zum Beispiel das Tragen eines Mundschutzes gebunden, die sich weitgehend vom Einzelnen kontrollieren lassen. Die Medien haben das Thema dankbar aufgegriffen („Achtung vor der Virenmaus“), Anfragen ans LGL zeigen die Besorgnis der Menschen, dennoch ist das gefühlte hohe dem realen sehr geringen Risiko fast diametral entgegengesetzt.

Die Beispiele zeigen die enge Verflechtung der zahlreichen Faktoren, die dem globalen Klimawandel und seinen Auswirkungen auf die menschliche (und tierische) Gesundheit geschuldet sind. Weitere Informationen dazu wird das LGL im Rahmen der diesjährigen

Bayerischen Klimawoche in München am 6. Juni zur Verfügung stellen. Mit Vorträgen, Postern und Infoständen sollen viele gesundheitliche Aspekte rund ums Klima einer interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

Die Landeszentrale für Gesundheit in Bayern und das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit bewohnen ja hier in München sozusagen dasselbe Haus – und wichtiges Ziel von beiden ist der Auftrag und die ständige Herausforderung im Hinblick auf öffentliche Gesundheit und Gesunderhaltung der Menschen in Bayern. Durch interdisziplinäre und kollegiale Symposien wie das heutige multipliziert sich – so wünsche ich es uns – die Wirkung der Arbeit von uns allen, denn das Klima geht jeden an, persönlich und in der Verantwortung für andere.

Prof. Dr. med. Volker Hingst

Präsident des Bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit

Grußwort

Weltgesundheitstag 2008

Globaler Klimawandel und Gesundheit

Bernhard Liebl



Unser Klima hat ein langes Gedächtnis. Die Veränderungen, die wir heute sehen, sind schon vor Jahrzehnten ausgelöst worden. Umgekehrt: Das, was wir an Treibhausgasen heute einsparen, dessen Effekt werden wir frühestens in 20 oder 30 Jahren spüren. Bis dahin müssen wir uns der Tatsache stellen, dass unser Klima sich in jedem Fall verändern wird. Dieser Klimawandel wird erhebliche Veränderungen bringen – für unsere Ökosysteme, unsere Wirtschaft, aber nicht zuletzt auch für unsere Gesundheit. Mit unseren gemeinsamen Anstrengungen zur Klimaanpassung wollen wir die Risiken des Klimawandels für Umwelt und Menschen so gering wie möglich halten. Doch das, was Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung unternehmen, muss für die Menschen verständlich sein. Nur dann können wir diesen notwendigen Weg alle gemeinsam beschreiten.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) erinnert mit dem jährlichen Weltgesundheitstag an ihre Gründung im Jahr 1948. Sie legt für diesen Tag jährlich ein neues gesundheitliches Thema von globaler Relevanz fest. Ziel ist es dabei, dieses aus der Sicht der WHO vorrangige Gesundheitsproblem ins Bewusstsein der Weltöffentlichkeit zu rücken. Das Thema des Weltgesundheitstages 2008, „Globaler Klimawandel und Gesundheit“, stellt die Gesundheit ins Zentrum des weltweiten Dialogs über den Klimawandel.

Die gesundheitlichen Risiken des Klimawandels sind naturgemäß global und vielfältig. Sie reichen von Gefährdungen im Zusammenhang mit extremen Wetterereignissen bis hin zu Veränderungen in der Dynamik von Infektionskrankheiten. Das Auftreten und die Verbreitung von zahlreichen, zum Teil zum Tode führenden Erkrankungen werden von sich ändernden klimatischen Bedingungen mit beeinflusst. Die gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels treten bereits in verschiedener Weise in Erscheinung.

- Zunehmend heiße Sommer bereiten uns zum Teil erhebliche Probleme im Zusammenhang mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen – der Sommer 2003 hat uns bereits einen Vorgeschmack gegeben. Die Zahl der vorzeitigen hitzebedingten Todesfälle dieses „Jahrhundertsommers“ in Deutschland wird auf etwa 7.000 und für ganz Westeuropa auf ca. 35.000 geschätzt. Gefährdet sind vor allem ältere, pflegebedürftige oder kranke Menschen, aber auch Kleinkinder. Bayern hat deshalb zusammen mit dem Deutschen Wetterdienst ein Hitzewarnsystem eingerichtet.
- Verstärkte UV-Einstrahlung erhöht das Hautkrebsrisiko. Mit unserer Präventionskampagne „Sonne(n) mit Verstand“ versuchen wir, die Menschen in Bayern über diese Gefahren aufzuklären und Schutzempfehlungen zu vermitteln, die den aktiven Aufenthalt im Freien nicht einschränken.
- Das Ausbreitungsverhalten von Erkrankungen und Krankheitsüberträgern verändert sich. Zum einen sind in den letzten Jahren bereits potentielle Überträger von Krankheiten auch nach Bayern zugewandert, zum anderen treten bislang tropische Erkrankungen bereits vereinzelt auch in Mitteleuropa auf.
- Auch Allergien nehmen zu: Eine „Vorhut“ dieser Problematik ist die aus Amerika eingewanderte Beifuß-Ambrosie, die wir seit dem vergangenen Jahr mit unserem „Aktionsprogramm Ambrosiabekämpfung“ mit allen Anstrengungen einzudämmen versuchen.

Die gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels können zum Teil vermieden oder zumindest kontrolliert werden. Es gibt bewährte Maßnahmen, die jetzt verstärkt zur Anwendung kommen werden. Beispielsweise sind die Bekämpfung von übertragbaren Erkrankungen, die Reduktion der verkehrsbedingten Luftverschmutzung, effiziente Bodennutzung und Wasserwirtschaft wohlbekannt und erprobte Maßnahmen.

Darüber hinaus bringen viele der Maßnahmen, die nötig sind, dem Klimawandel vorzubeugen, zugleich auch gesundheitlichen Nutzen. Beispielsweise führt eine vermehrte Nutzung von Fahrrad und öffentlichen Verkehrsmitteln an Stelle des privaten Automobils zur Reduktion von Treibhausgasen. Ebenso führt sie zu einer verbesserten pulmonalen Gesundheit und dadurch zu weniger vorzeitigen Todesfällen. Ein Mehr an körperlicher Aktivität durch Radfahren und Laufen führt zu einer Verringerung von Fettleibigkeit und dadurch bedingten Folgeerkrankungen. Mit unserer Bayerischen Gesundheitsinitiative Gesund.Leben.Bayern. verfolgen wir schon seit mehreren Jahren das Ziel, die Bürgerinnen und Bürger für diese Zusammenhänge zu sensibilisieren.

Gerade Bayern ist wegen seiner geografischen Gegebenheiten vom Klimawandel besonders betroffen. In den Alpen sind die Temperaturen in den letzten 100 Jahren doppelt so stark gestiegen wie im weltweiten Durchschnitt, nämlich um 1,5°C Celsius. Deshalb verstärkt die Bayerische Staatsregierung ihre Anstrengungen zum Klimaschutz

in den nächsten vier Jahren noch einmal um weitere 350 Millionen Euro: mit einem auf die spezifischen Verhältnisse in Bayern zugeschnittenen Maßnahmenpaket, dem „Klimaprogramm Bayern 2020“. Bayern investiert damit mehr in den Klimaschutz als jedes andere deutsche Land – insgesamt eine Dreiviertelmilliarde Euro! Ein Teil dieses Etats wird auch speziell für Forschungsvorhaben zu den gesundheitlichen Folgen des Klimawandels abgestellt. Denn, wie Benjamin Franklin einmal gesagt hat: „Eine Investition in Wissen bringt immer noch die besten Zinsen“.

Die Zielsetzung des Weltgesundheitstages 2008 ist es, die Bevölkerung zu einem weltweiten Kampf zum Schutz der Gesundheit vor den negativen Folgen des Klimawandels aufzurufen.

In Bayern sind die Weltgesundheitstage ein Schwerpunkt der Arbeit der LZG seit ihrer Gründung im Jahr 1974. Ihre Veranstaltungen zum Weltgesundheitstag geben regelmäßig Anlass, das von der WHO vorgegebene Motto von verschiedenen Seiten zu beleuchten und in seiner Bedeutung für die Region zu interpretieren. Damit gibt die Landeszentrale nicht nur wertvolle Informationen zum jeweiligen Thema, sondern auch Impulse für praktisches Handeln für ganz Bayern.

In diesem Jahr hat die LZG zusammen mit dem Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit diese heutige Veranstaltung ins Leben gerufen. Dafür danke ich allen daran Beteiligten sehr.

Jetzt hat die Wissenschaft das Wort: Wir in Bayern können uns auf eine exzellente Wissenschaftsgemeinde und Forschungslandschaft stützen, die international in der ersten Liga spielt. Das gibt uns Zuversicht, dass wir die großen Aufgaben im Klimaschutz, die noch vor uns liegen, gut bewältigen werden. In diesem Sinne wünsche ich der heutigen Veranstaltung den besten Erfolg.

Prof. Dr. Bernhard Liebl

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz

Globaler Klimawandel und Migrationsmedizin

Klaus Fleischer, Dagmar Ludin, August Stich



Globale Veränderungen und Migration

Nur eine Minderheit von Fachleuten erkennt den globalen Klimawandel mit seiner zunehmenden Erderwärmung nicht an. Das ‚Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)‘ sagt in seinen detaillierten Szenarien für die Nordhalbkugel eine stärkere Erwärmung mit hohen regionalen Unterschieden als für die Südhalbkugel voraus. In der Südhalbkugel der Erde werden dagegen Dürren und Flutkatastrophen sowie Starkwindereignisse mit großer Verwüstungskraft vorherrschen. Die Folgen für die Menschen in allen Kontinenten einschließlich Europas sind bisher nur in Ansätzen erkennbar. In unseren Medien werden Großschadensereignisse wie Erdbeben mit nachfolgenden Überschwemmungen oder ein Tsunami herausgehoben, besonders wenn Touristengebiete oder Hauptstädte betroffen sind. Die Flutkatastrophe im Deltagebiet von Kambodscha erhält ihre mediale Aufmerksamkeit vor allem aus der Behinderung der internationalen Hilfe durch ein menschenverachtendes Militärregime. Die sich aus der Hitze und Dürre, aus Sturm und Flut immer schneller entwickelnden Landverwüstungen dagegen laufen noch weitgehend außerhalb der öffentlichen Wahrnehmung bei uns ab. Sie werden kaum beantwortet mit dramatischen Spendenaufrufen vieler Hilfsorganisationen, sind allerdings seit dem G8-Gipfel von Heiligendamm zunehmend Ziel internationaler Initiativen.

Gesundheit spielt in diesen Programmen noch eine sehr geringe Rolle: Weniger als vier Prozent des Haushaltes des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) sind diesem Sektor gewidmet. In den Wünschen der betroffenen Menschen steht sie allerdings in allen Umfragen an oberster Stelle. Die Folgen des Klimawandels sind aber nur ein wesentlicher Faktor in der komplexen Veränderung von Gesundheit. Der resultierende Mangel an bebaubarem Land, an sauberem Wasser, die zunehmend unbewohnbaren Niederungen der Großstädte führen zu einem wachsenden Verteilungskampf.

Es ist vorhersehbar, dass der Druck von Krankheit, Hunger und Bedrohung in einer Reihe von Regionen der Südhalbkugel, besonders im Subsahara-Gürtel von West- über Zentralafrika, dem äthiopischen Hochland und Nordkenia, so stark wird, dass er die Menschen in großen Gruppen zu regionaler und dann überregionaler Migration mit aller Gewalt zwingt. Von der westlichen Welt wird dabei für sie eine sehr hohe Anziehungskraft ausgehen, angefeuert durch die koloniale Vorkenntnis und den Trug der Bilder wie auch die relativ möglich erscheinende Erreichbarkeit. Was wir in den letzten Jahren an Bootsflüchtlingen über das Mittelmeer erleben, hat mit den zu befürchtenden Wellen wenig gemeinsam. Noch beruhen sie, wie Befragungen zeigen, weitgehend auf dem Wagemut einzelner, die von nachvollziehbaren, wirtschaftlichen Überlegungen ihres Familienclans geschickt dem Vorbild der Erfolgreichen nacheifern. Diese Migration von Tausenden könnte einmal zur Flucht von Zehntausenden und mehr werden.

Die Verschlechterung der Verflechtung von Armut und Krankheit

Etwa ein Drittel der Menschheit lebt bereits jetzt in Megastädten; dies sind Großkonglomerate von bis zu 20 Millionen Menschen mit einer Bevölkerungsdichte von über 2.000 Personen pro km². Hierbei wird die Versorgung mit sauberem Wasser, die Entsorgung von Abwasser und Fäkalien, die Versorgung mit sauberen Nahrungsmitteln, insbesondere mit tierischem Eiweiß sehr schwierig. Die Trennung von Schlachtvieh und dessen Abfällen vom Wohn- und Wasserbereich ist in vielen Regionen jetzt bereits nicht gegeben und wird sich verschlechtern. Ingesamt ist der Abstand von Mensch zu Mensch als wichtigste Barriere für den Übertritt von Seuchen unterschritten. Die Zunahme der Land-Stadt-Migration ist in Ländern wie Indien, China und anderen Staaten, in denen die ländliche Bevölkerung in Einkommen und Versorgung deutlich benachteiligt ist, ungebrochen und wird zur Verstärkung der Probleme der Großstädte weiter beitragen. Ein weiteres Problem ist die zunehmend starke Luftverschmutzung, die zu einem rapiden Anstieg der Atemwegserkrankungen führt.

In den Megastädten zeichnet sich vielerorts bereits jetzt eine vermehrte Gewaltstruktur um die Verteilung der Ressourcen ab, statt einer demokratischen Entwicklung.

Dies fördert das Wiederauftreten von Massenerkrankungen, insbesondere viraler Natur, aber auch von bakteriellen Erkrankungen, geprägt durch multiresistente Keime. Erkrankungen mit epidemischem Charakter werden in Zukunft mit Wahrscheinlichkeit nicht mehr von den abgelegenen Dschungeln Afrikas oder Südamerikas ausgehen wie einst Gelbfieber, sondern kommen aus den Großstadtdschungeln etwa Asiens. Ein Beispiel ist die SARS-Epidemie von 2003, die sich rasch per Flugzeug von Asien nach Nordamerika und Europa ausbreitete.

Seit mehreren Jahren beobachten wir eine zunehmend rasche Ausbreitung von Denguefieber, das sich aus seiner Heimat Südostasien inzwischen über ganz Asien, Afrika sowie Mittel- und Südamerika ausgebreitet hat. Es ist eine typisch an den Menschen adaptierte Viruserkrankung, übertragen durch die Vektoren *Aedes aegypti* und *Aedes albopictus*, zwei an das menschliche Wohn- und Wasserumfeld hoch adaptierte Moskitoarten. Die Ausbreitung von multiresistenter Tuberkulose ist ein weiteres Beispiel für eine Erkrankung, die in einer Populationsverdichtung entsteht.

Der Brain Drain

Die Versorgung nicht nur der ländlichen Massen, sondern gerade auch der Riesenbevölkerungen der Megastädte in den Slumgebieten ist eine maximale Herausforderung an das Gesundheitswesen. Da in den meisten Ländern zwar in der Verfassung der Anspruch der Bürger auf Gesundheitsversorgung geschrieben steht, dies in der Realität aber nicht geleistet wird, kommt es zu einer extremen Unterversorgung großer Gruppen. Entscheidend ist dabei heute nicht mehr das Fehlen von Gesundheitseinrichtungen wie Krankenhäusern und Gesundheitszentren, sondern der Mangel an Fachkräften. Bei einer massiven Unterbezahlung von Ärzten, Pflegekräften und Laborkräften, bei ausgeprägten Defiziten in der Organisation des Gesundheitswesens, bei hochgradigen Ungerechtigkeiten in der Verteilung der Ressourcen ist die Abwanderung dieser Fachkräfte in Länder, in denen diese Faktoren günstiger sind, verständlich. Dieser „Brain Drain“ findet in hohem Maße statt, sowohl innerhalb der Länder von den ländlichen und den ärmeren Slumgebieten in die reicheren Wohngebiete, als auch international von Land zu Land und von Kontinent zu Kontinent. Beispiele sind die Abwanderung von Ärzten aus Uganda, Tansania, Ghana und Nigeria nach Südafrika und in die anglophonen Gesundheitssysteme Großbritanniens, Kanadas, der USA, Australiens und Neuseelands. Trotz ministerieller Abkommen, dass entsprechende Werbekampagnen nicht mehr stattfinden sollen, wird von den Gesundheitssystemen der nördlichen Länder in den genannten Herkunftsländern intensiv um Gesundheitsfachkräfte geworben. In der Mehrzahl der anglophonen Länder des Nordens deckt die Zahl der ausgebildeten eigenen Fachkräfte nicht den Bedarf. Im Süden wenden die Länder große Mühe auf, in ihren Einrichtungen Ärzte und Pflegekräfte auszubilden, verlieren diese aber zur Weiterbildung meist ohne Rückkehr zu 50 Prozent und mehr rasch nach dem Studienabschluss. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) und die Internationale Arbeitsorganisation (ILO) geben an, dass allein in Afrika etwa eine Million Ärzte und Schwestern fehlen. Damit sind die Basisgesundheitsdienste in den Flächenregionen und in den Armutsgürteln der Städte, die Fachversorgung in den regionalen Zentren und die Lehre in den Universitäten und Pflegeschulen nicht aufrecht zu erhalten. Impfprogramme und spezialisierte Dienste wie AIDS-, Tuberkulose-, Malaria- oder Schlafkrankheitsprogramme sind trotz vorhandener internationaler Mittel nicht durchführbar. Ein besonderes Problem ist die meist

deutlich höhere Bezahlung von Fachkräften durch internationale Hilfsorganisationen, die den regulären Gesundheitsdiensten der Länder, insbesondere den langfristig dienenden kirchlichen Krankenhäusern, das Personal entzieht.

Migrationsmedizin in Deutschland und Europa

Vor dem Hintergrund der ungleichen Chancen in der Bewältigung der Klimafolgen und vor allem der Ungleichheit in der Gesundheitsversorgung in Entwicklungsländern gegenüber dem gut versorgten Norden kommt es zu einem verstärkten Migrationsdruck. Die Menschen werden zunehmend bereit sein, sich auf eine äußerst gefährvolle Reise zu einem erhofften Land zu begeben, in dem sie überleben können. Derzeit geschieht dies noch relativ überschaubar, mit dem Aufwand erheblicher Summen für bandenartige Schleuser zu Land und übers Meer aus Afrika, aus Mittel- und Südasien und aus Osteuropa. Bei einem zunehmenden Anteil von ihnen geht es aber bereits jetzt nicht mehr um relative Vorteile, sondern ums schiere Überleben. In den Aufnahmeländern im Norden und Westen Europas wie vergleichbar in den USA und Kanada haben sich zwei Reaktionsmuster entwickelt, die sich von Land zu Land wie politischer Partei unterscheiden und in Wahlkämpfen beliebte Ausweichthemen darstellen: Einerseits der Abwehrdruck gegen die Fremden mit Argumenten, die bis zur schweren rassistischen Diskriminierung reichen, und andererseits die langsam wachsende Einsicht, dass eine Abschottung nicht möglich, ethisch nicht vertretbar und nicht im Sinne unserer eigenen Bevölkerungsentwicklung ist. Wer auch immer in der Argumentation mehr gehört wird, gibt aber gezwungenermaßen oder bereitwillig zu, dass den nun hier Angekommenen eine Basisversorgung an Gesundheitsdiensten geboten werden soll, vor allem als Schutz der eigenen Bevölkerung vor fremden Infektionen, zum anderen aus menschlichen Motiven.

Die zugewanderten Menschen sind in ihrem Krankheitsspektrum zunächst ein Abbild der in ihrer Heimat vorkommenden, hier oft nicht heimischen Erkrankungen, die kurz unter die Tropenkrankheiten gezählt werden. Diese Menschen sind aber vor allem gezeichnet von der oft extremen Entbehrung der Migration und sie stehen hier unter dem kaum bewältigbaren Stress der Fremde, Ablehnung und Einsamkeit ohne Familie und Sprache. Dieser komplexen Aufgabe widmen sich in Deutschland bisher nur wenige Initiativen, besonders an den Tropeninstituten in Hamburg und Würzburg.

Infolge der Erwärmung auf der Nordhalbkugel wandern seit Jahren aber auch Vektoren von Infektionen, vor allem Stechmücken und -fliegen nach Norden und mit ihnen und den reisenden Menschen spezielle Krankheitserreger. Ihr Habitat breitet sich mit früher einsetzenden und immer längeren Sommern aus. Aus nordamerikanischen Untersuchungen lernen wir, dass *Culex* und *Aedes*-Arten unter den Stechmücken

mit 0,75°C Erhöhung der durchschnittlichen Jahresmitteltemperaturen vom Golf von Mexiko nach Norden etwa 100 km gewinnen. In der Realität haben sie sich bereits zwischen 500 bis 1.000 km weiter nördlich neu festgesetzt. Diese Wanderung ist auch in Europa im Gange. Durch Krankheitserreger ergeben sich neue Nischen, die zu endemischen Erkrankungen in bisher nicht betroffenen Gebieten führen können, etwa Malaria tertiana im Mittelmeerraum oder die Ausweitung von Leishmanien nördlich der Alpen und Pyrenäen. Die Infektionserreger werden vor allem durch Menschen und durch den Tierhandel mitgebracht; hierzu zählen auch die besonders hoch ansteckenden Erkrankungen der Hämorrhagischen Fieber. Das Robert-Koch-Institut in Berlin hat in den Jahren 2000 bis 2005 in Deutschland ein tragfähiges Netz von Einrichtungen für die Diagnostik von hochkontagiösen viralen Erkrankungen und die Unterbringung von betroffenen Patienten in sechs Standorten der Bundesrepublik geschaffen. So wird kein Patient mit Verdacht auf eine solche Infektion mehr als 250 km transportiert werden müssen. Es bestehen Trainingsmöglichkeiten mit regelmäßigen Kursen zum Umgang mit hochinfektiösen Erkrankungen im Ausbildungszentrum Würzburg. Mit den Handbüchern „Biologische Gefahrenlagen I und II“ (Auflagen 2007) durch das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe sowie das Robert-Koch-Institut liegen detaillierte Handreichungen vor.

Die Aufgaben der Migrationsmedizin

Die Migrationsmedizin ist bisher noch ein ungenügend definiertes Feld. Sie wird sich aber in der Reaktion auf die genannten Phänomene in den nächsten Jahren als dringend und konkreter erweisen und mit Disziplinen aus der Biologie, der Klimatologie, der Anthropologie und vielen anderen eng zusammenarbeiten. Wesentliche Aufgaben sind derzeit:

- das Studium von Faktoren in den Herkunftsländern im Süden, die zur Wanderung führen,
- Maßnahmen der Entwicklungszusammenarbeit mit dem Ziel, die Gesundheitsversorgung dort zu verbessern und mitzuhelfen, Menschen zum Verbleib in ihrer Heimat zu bewegen,
- gezielte medizinische Versorgung der in unserer Bevölkerung zugewanderten Menschen aus anderen Herkunftsländern,
- die Anwaltschaft für die Akzeptanz der Migranten und für eine würdige und sie fördernde Asylbewerbszeit, die meist zwei bis vier Jahre beträgt,
- die Entwicklung von modellhaften Trainingsangeboten im Gesundheitsbereich, die zur besseren Integration in Deutschland oder zur Reintegration im Heimatland beitragen,
- entomologische Studien von einwandernden Vektoren und ihre Interaktion mit heimischer Fauna und Flora,

- epidemiologische Studien von mitgebrachten Krankheitserregern bei Mensch und Tier,
- Verlaufsstudien zu evtl. Veränderungen heimischer Vektoren und Erreger durch die Erwärmung und andere Klimafaktoren,
- Entwicklung von regionalen Voraussagen zu neuen Gesundheitsgefahren,
- Entwicklung von Empfehlungen und Techniken zur Abwendung oder Milderung heraufziehender Gesundheitsrisiken.

Größenordnung der Migration nach Deutschland

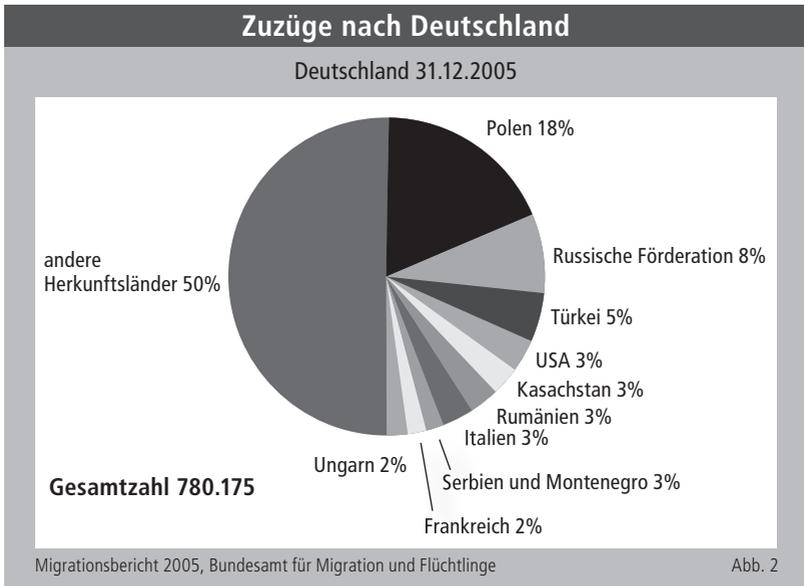
Die Zahl der nach Deutschland zuwandernden Menschen überwiegt erfreulicherweise die Zahl der aus Deutschland auswandernden Personen. Dennoch ist die Zahl der zuwandernden Menschen nicht in der Lage, das Abnehmen der gesamten Bevölkerung Deutschlands auszugleichen. Die Zuwanderung trägt aber vor allem dazu bei, die zunehmend rasche Alterung der deutschen Gesellschaft zu bremsen.

Das Institut für Bevölkerungsforschung und Sozialpolitik (IBS) gibt an, dass im Jahre 1998 von 82,1 Millionen Gesamtbevölkerung 74,6 Millionen Deutsche waren und 9,1 Millionen andere Staatsangehörigkeiten besaßen. Bis zum Jahre 2030 wird jeder fünfte Bewohner Deutschlands aus einem anderen Land stammen (s. Tabelle). Die

Anteil an der Gesamtbevölkerung				
Bevölkerungsvorausberechnung des Instituts für Bevölkerungsforschung und Sozialpolitik (IBS)				
	1998	2010	2030	2050
Deutschland gesamt (Mio)	82,1	82,0	77,5	68,0
Deutsche	74,6	71,5	62,3	49,0
andere Staatsangehörigkeit (%)	9,1	12,8	19,6	27,9

Abb. 1

weiteren Voraussagen sind mit hoher Unsicherheit behaftet. Wichtig ist, aus den Migrationsberichten des Bundesamtes für Migration und Flüchtlinge bereits jetzt zu sehen, dass etwa ein Drittel der Zuwanderer aus Polen, der Russischen Föderation und Osteuropa kommen, 5 Prozent aus der Türkei, ebenso viele aus alten EU-Ländern wie Italien und Frankreich, aber 50 Prozent aus anderen Herkunftsländern in Asien,



Afrika und Lateinamerika. Die Gesamtzahl wird für das Jahr 2005 mit 780.000 angegeben. Diese Menschen mit Migrationshintergrund setzen sich aus sehr heterogenen Gruppen in ihrem Rechtsstatus, ihrer Aus- und Weiterbildung und ihrer wirtschaftlichen Kraft zusammen. Am unteren Ende der offiziellen Skala stehen die anerkannten Asylbewerber. Am wirklichen unteren Ende aber stehen die Menschen ohne Papiere, die – ungerechterweise vielerorts noch immer als „Illegale“ bezeichnet – in unseren europäischen Gesellschaften ein angsterfülltes Schattendasein führen. Ihre Zahl ist schwer zu erfassen, sie wird in der Bundesrepublik aber auf wenigstens 500.000 bis eine Million geschätzt und liegt im EU-Bereich bei mehreren Millionen. Aufgabe der Migrationsmedizin ist es, die Schwelle zu unserem Gesundheitssystem gerade für diese Menschen möglichst niedrig zu halten.

Hilfen zum Verbleib der Menschen in ihren Heimatländern

Die gesamte deutsche und europäische Entwicklungshilfe ist seit der Formulierung der Millennium-Entwicklungsziele durch die UNO im Jahr 2000 auf die Armutsbegrenzung ausgerichtet. Hierbei geschehen durch die staatlichen, humanitären und kirchlichen Anstrengungen der Entwicklungszusammenarbeit punktuelle Verbesserungen. Eine kohärente Trendumkehr in den Ländern ist aufgrund der Größe der Probleme, aber auch aufgrund der in keiner Weise genügenden Hilfsmittel nicht zu erkennen. Im Jahre 2007

sind die sowohl aus Deutschland wie aus Europa und den USA aufgewendeten Mittel der Entwicklungszusammenarbeit zurückgegangen, trotz zahlreicher Zusagen. Diese sind bisher nur minimal umgesetzt worden. Das für 2015 angezeigte Ziel, 0,7 Prozent des Bruttoeinkommens in Deutschland für die Entwicklungszusammenarbeit aufzuwenden, wird bei einem Stand von derzeit 0,37 Prozent nur schwer erreicht.

Ein wesentlicher Ansatz, die Gesundheitssituation zu verbessern und die Migration von medizinischen Fachkräften zu begrenzen, ist die Unterstützung von Aus- und Weiterbildung in den Ländern selbst. Hier sind eine Serie von Partnerschaften zwischen deutschen und afrikanischen Universitätskliniken etwa in Tansania, Kenia, Ghana und Sambia beispielhaft. An einer Universitätsklinik in Tansania arbeiten regelmäßig Professoren und Fachärzte in der Aus- und Weiterbildung von Studenten und Fachärzten. Neben der Verbesserung von Techniken vor Ort hat das Missionsärztliche Institut in Würzburg einen langjährigen Schwerpunkt in der Ausbildung von Gesundheitsfachkräften im Bereich AIDS, Malaria und anderen Tropenerkrankungen und im Bereich Labortechniken mit angepasster Methodik. Die Deutsche Lepra- und Tuberkulosehilfe engagiert sich nachhaltig im Ausbau von Diagnose- und Therapiezentren für diese Erkrankungen. Insgesamt hat aber der Gesundheitssektor in der deutschen staatlichen wie nichtstaatlichen Entwicklungszusammenarbeit noch keine genügend starke Position.

Gesundheitsversorgung von Menschen mit Migrationshintergrund in Deutschland

Nach den Ergebnissen des IBS zeigt sich, dass bei Kindern aus Familien mit Migrationshintergrund mehr Infektionskrankheiten, erhöhte Unfallzahlen und ein höherer Grad an Behinderungen vorkommen. Es besteht insgesamt eine höhere Kindersterblichkeit mit 11,1 Todesfällen pro 1.000 Lebendgeburten, etwa in NRW, gegenüber 4,9 bei Deutschen. Das Müttersterblichkeitsrisiko ist mit 4,8 pro 100.000 Geburten gegenüber 2,5 bei Deutschen fast doppelt so hoch. Je nach Arbeitsbereich besteht ein 50 bis 100 Prozent häufigeres Vorkommen von meldepflichtigen Arbeitsunfällen. Bei Heimatbesuchen unterschätzen Migranten häufiger als Deutsche die gesundheitlichen Gefahren in ihren Heimatländern und verlassen sich auf ihre „Immunität“. Sie nehmen reisemedizinische Beratung deutlich seltener in Anspruch und haben dabei in der Regel ein deutlich höheres Expositionsrisiko als Touristen. Ihr Impfstatus ist im Durchschnitt schlechter als bei Deutschen. Sowohl bei der Einreise als auch nach der Rückkehr von Reisen sind sie häufiger Träger von chronischer Virushepatitis B und C. Ihr Anteil am Vorkommen von HIV/AIDS in Deutschland ist langsam steigend und liegt derzeit um 20 Prozent der in Deutschland infizierten Menschen.

Gesundheitsschulung als Hilfe zur Bewältigung der Asylzeit, ein Beispiel aus Würzburg/Veitshöchheim

An den beiden infektionsmedizinisch tätigen Zentren Würzburgs, der Abteilung für Infektionskrankheiten der Universität und der Tropenmedizinischen Abteilung der Missionsärztlichen Klinik, werden seit 2005 gemeinsam die Gesundheitsprobleme von Menschen mit Migrationshintergrund studiert und erfasst. In der Gemeinschaftsunterkunft (GU) für Asylbewerber in Würzburg/Veitshöchheim sind derzeit etwa 450 Asylbewerber aus Asien, Afrika und Lateinamerika untergebracht; das Verhältnis von Männern zu Frauen beträgt 4:1, die Mehrzahl der Frauen hat Kinder.

Aus einer Initiative von MitarbeiterInnen aus der Missionsärztlichen Klinik und dem Missionsärztlichen Institut entstanden 2006 zweiwöchige Basiskurse zu Gesundheitsfragen für die Menschen in der GU. Das anfängliche Zögern war erheblich, konnte aber durch hier integrierte Personen aus den Sprachgruppen langsam überwunden werden. Inzwischen fanden sieben Basiskurse in den Sprachen Amharisch (Äthiopien), Tigrinya (Eritrea), Arabisch, Armenisch, Russisch und Chinesisch statt, mit Deutsch und Englisch als Schlüsselsprachen. Übersetzer waren Muttersprachler,



Erste-Hilfe-Kurs in der Gemeinschaftsunterkunft Würzburg/Veitshöchheim. Der Kurs ist Teil der Gesundheitsschulung für asylsuchende Menschen, die auf Initiative von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Missionsärztlichen Klinik und des Missionsärztlichen Instituts in Würzburg entstand.

die in Deutschland nicht mehr im Asylverfahren waren oder dieses nie durchlaufen mussten. Inhalte waren ein Ersthilfekurs, Themen zu Hygiene, Ernährung, Frauengesundheit, Kindergesundheit, Zahngesundheit, Malaria, Suchterkrankungen und Infektionskrankheiten. Die Kurse wurden von freiwilligen Fachkräften, die sich aus allen Gesundheitseinrichtungen der Region gewinnen ließen, gestaltet und durch den Europäischen Flüchtlingsfonds (EFF) und das Bayerische Sozialministerium teilfinanziert. Wichtig war das Ansprechen der Teilnehmer mit Namen gegenüber einer bisherigen Nummer. Das gemeinsame Kaffeetrinken und die Ausstellung eines Kurszertifikates in Deutsch und einer gewünschten Sprache mit Unterschrift der Kursleiter sowie die Bescheinigung des Erste-Hilfe-Kurses durch die Johanniter-Unfallhilfe steigerte die Anerkennung.

Auf die Basiskurse bauen inzwischen weitere Kurse auf. Hier sind zunächst Gesundheitslotsen zu nennen, die Patienten aus ihren Herkunftsländern durch das deutsche Gesundheitssystem begleiten. Viele der Bewohner in der GU haben massive psychische Probleme in der Bewältigung ihrer Entwurzelung von zu Hause, traumatischen Lager- und Fluchtereignissen und dem Verlust der Selbstachtung unter den schwierigen Lebensbedingungen hier. Sie sind verstrickt in undurchschaubare Behördenvorgänge, der Ablehnung in der deutschen Nachbarschaft und dem Arbeitsverbot. Ihr Verständnis von Krankheitszusammenhängen entspricht häufig nicht unseren Vorstellungen. Hier sind sprachgewandtere und besser ausgebildete Einzelpersonen als Lotsen gesuchte



Brustkrebsvorsorge: Im Rahmen der Gesundheitsschulung finden in der Gemeinschaftsunterkunft Würzburg/Veitshöchheim zweimal monatlich Kurse zur Selbstuntersuchung der Brust statt, angeleitet von einer „Mamma Care Trainerin“.



„Focus Group Discussion“: Im Rahmen eines von Ehrenamtlichen regelmäßig angebotenen Frauenfrühstücks in der Gemeinschaftsunterkunft werden auch gesundheitsbezogene Themen besprochen, etwa Hilfen in der Schwangerschaft, bei der Kindererziehung oder bei häuslicher Gewalt.

Vertrauenspersonen. Besucht ist inzwischen auch die Multiplikatorenschulung in deutscher und englischer Sprache. Diese besteht in einem einwöchigen Intensivkurs zu HIV/AIDS und wird in monatlichen Treffen zu unterschiedlichen Gesundheitsthemen fortgeführt. Die Gruppen umfassen fünf bis acht Personen, die vorher erfolgreich einen Basiskurs besuchten. Für Frauen ist die Selbstuntersuchung der Brust als einfache Methode der Brustkrebsvorsorge in jeweils zwei Kursen pro Monat, angeleitet von einer „Mamma Care Trainerin“, von großer Wichtigkeit. Alle Fragen zur weiblichen Gesundheit werden hier besprochen. Hieraus entwickeln sich Fokusgruppen im Rahmen eines wöchentlich von Ehrenamtlichen angebotenen Frauenfrühstücks. Einmal pro Monat wird dieses Treffen einem Thema unterstellt, etwa über Organisationen, die Hilfestellungen geben bei der Kindererziehung, in der Schwangerschaft, bei häuslicher Gewalt und anderen gewünschten Themen. Begonnen ist inzwischen ein Zahnputzkurs für Kinder, der gerne angenommen wird, einschließlich der Verteilung von Zahnbürste und Zahnpasta für die Kinder. Offiziell müssen Kinder unter sieben Jahren aus dem monatlichen Hygieneetat ihrer Mutter von € 7,49 mit diesen Mitteln versorgt werden. Zahnbürsten sind jedoch wiederum gar nicht Bestandteil des mütterlichen Hygienepakets und werden daher den Kindern von behördlicher Seite also gar nicht zur Verfügung gestellt. Windeln für Kleinkinder wurden inzwischen in begrenzter Menge gesondert zugestanden.



Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Gesundheitsschulung erhalten nach erfolgreichem Abschluss ein Zertifikat. Mit dem erworbenen Wissen und den begleitenden Bescheinigungen verbessert sich nicht nur die Gesundheitssituation der Asylbewerber, sondern auch ihre Chance auf eine anerkannte und bezahlte Tätigkeit bei der Rückkehr in ihr Heimatland.

Ingesamt tragen die Gesundheitskurse inzwischen wesentlich zur gestiegenen Selbstachtung der Asylbewerber, der verbesserten Kommunikation untereinander und zur deutschen Leitung der Gemeinschaftsunterkunft bei. Mit dem erworbenen Wissen und den begleitenden Zertifikaten verbessern sich nicht nur die Gesundheitssituation der teilnehmenden Asylbewerber, sondern auch ihre Chancen auf eine anerkannte und bezahlte Tätigkeit bei der Rückkehr in ihr Heimatland.

Öffentliche Förderung

Das strukturierte Kursprogramm zu Gesundheit wurde in den ersten Jahren von der freiwilligen und ehrenamtlichen Arbeit von vielen Organisationen und Einzelpersonen getragen. Inzwischen ist die Arbeit von den Behörden anerkannt und findet eine begrenzte Unterstützung durch das Bayerische Sozialministerium sowie den Europäischen Flüchtlingsfonds. In Workshops zur Migrantenmedizin in Würzburg wird die Arbeit in der

Öffentlichkeit vorgestellt, mit den Erfahrungen anderer Gruppen in Deutschland verglichen und verbessert. Die Migrationsmedizin oder auch ‚Migrantenmedizin‘ wird in den kommenden Jahrzehnten eine wichtige Rolle in der Bewältigung der internationalen Migration spielen.

Quellen

Internationale Arbeitsorganisation, www.ilo.org

Institut für Bevölkerungsforschung und Sozialpolitik (IBS), <http://www.uni-bielefeld.de/fb19/17.htm>

Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung Wiesbaden, www.bib-demographie.de

Bundesamt für Migration und Flüchtlinge Nürnberg, www.bamf.de

Deutsches Ärzteblatt vom 26.10.2007: „Armut und Gesundheit“. Vergleich der Kindersterblichkeitsraten von Migrantenkindern mit denen von deutschen Kindern.

European Network of Origin Information Network, www.ecoi.net

Pro Asyl, www.proasyl.de

Amnesty International, www.amnesty.de

Hubert Heinhold: Recht für Flüchtlinge. Ein Leitfaden durch das Asyl- und Ausländerrecht für die Praxis. Herausgegeben von Pro Asyl, Loeper Literaturverlag.

Korrespondenz:

Professor Dr. med. Klaus Fleischer

Missionsärztliches Institut

Salvatorstraße 7, 97074 Würzburg

E-Mail: luitgard.klaus.fleischer@t-online.de

Regionale Aspekte des Klimawandels – Entwicklungen und gesundheitliche Konsequenzen in Bayern

Carl Beierkuhnlein, Stephanie Thomas



Einleitung

Der Klimawandel geht mit vielfältigen Auswirkungen auf die Umwelt einher. Um die Konsequenzen des Klimawandels möglichst einzugrenzen, sind erhebliche Anstrengungen zur Eindämmung und Reduzierung der durch den Menschen freigesetzten klimarelevanten Gase vonnöten. Da aber selbst bei optimistischen Prognosen zum Kohlendioxid-Ausstoß schon heute Klimaveränderungen im Verlauf des 21. Jahrhunderts nicht mehr zu verhindern sind und durch Klimaschutzmaßnahmen lediglich besonders extreme und mithin Risiko behaftete Abläufe vermieden werden können, müssen sich Politik und Praxis auf mögliche Entwicklungen einstellen und Strategien aufzeigen, um negativen Folgen präventiv entgegenzuwirken. Es gilt folglich, sich auch über eine Anpassung an zu erwartende Abläufe Gedanken zu machen.

Unter Anpassung verstehen wir die Konzeption und Umsetzung aktiven Handelns im Hinblick auf einen neuartigen Zustand. Anpassungsbedarf entsteht in verschiedensten Bereichen der Gesellschaft. Nicht zuletzt ist das Gesundheitswesen betroffen. Es sind sowohl direkte als auch indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit zu erwarten. Vor allem alte Menschen, Kinder, Kranke und Behinderte werden verstärkt direkten Beeinträchtigungen durch sommerliche Hitze ausgesetzt sein. Extremereignisse wie Stürme, Überschwemmungen oder Blitzschlag führen ebenfalls zu einer erhöhten Gefährdung der Bevölkerung. Der Anstieg der sommerlichen Temperaturen kann negativ auf die Hygiene der Lebensmittelproduktion, auf die Lebensmittelsicherheit und die Trinkwasserqualität und -versorgung wirken. Bezüglich der UV-A- und UV-B-Strahlung ist mit einer Zunahme der Strahlungsbelastung zu rechnen.

Weitgehende Unklarheit besteht vor allem im Hinblick auf die indirekten Folgen des Klimawandels, sprich auf die Wirkungsketten über Organismen und ökologische Systeme. Aus diesem Grunde konzentrieren wir uns hier auf diese Aspekte und stellen direkte Wirkungen hintan (z.B. Hitzestress beim Menschen), was deren Bedeutung aber nicht schmälern soll. Es ist zu erwarten, dass die Veränderung der klimatischen Rahmenbedingungen künftig die Ausbreitung bislang nicht in Bayern vorkommender Infektionskrankheiten ermöglicht. Die Einwanderung wärmeliebender Insekten, die als Überträger von Krankheiten in Frage kommen, ist hierbei ein wichtiger Faktor.

Wenn mitunter hervorgehoben wird, dass es in der Erdgeschichte schon des Öfteren drastische Klimaveränderungen gegeben habe und dass es auch schon deutlich wärmer war, dann ist dies naturwissenschaftlich betrachtet korrekt. Entscheidend ist hier aber die Zeitskala! Die Phasen deutlich höherer globaler Temperaturen und höherer Kohlendioxidgehalte liegen größtenteils viele Millionen Jahre zurück. Klimabedingte globale Aussterbeereignisse als Folge von Meteoriteneinschlägen oder lange anhaltenden Vulkaneruptionen (Deckenbasalte) wurden durch die Evolution ebenfalls wieder ausgeglichen oder sogar überkompensiert, allerdings benötigte dies jeweils etwa 10 Millionen Jahre. Diese Ereignisse und Entwicklungen liegen also weit außerhalb der menschlichen Bezüge.

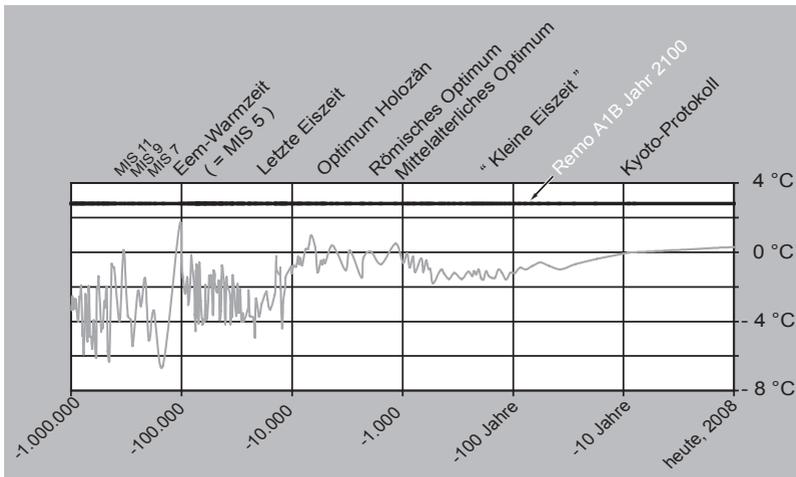


Abb. 1: Relativer globaler Temperaturverlauf der letzten 1.000.000 Jahre (grau) im Vergleich zum Temperaturmittel im Jahr 2000 (als 0°C definiert) mit logarithmischer Zeitachse. Die schwarze Linie entspricht der prognostizierten Temperatur im Jahr 2100 nach dem Klimaszenario REMO A1B. Verschiedene Quellen. (MIS = „Marine Isotope Stage“) (aus Beierkuhnlein & Foken 2008).

Aber auch kurz nach der letzten Eiszeit herrschten im Vergleich zu den heutigen Bedingungen, im so genannten holozänen Klimaoptimum, etwas wärmere Bedingungen. Damals waren die Ökosysteme Mitteleuropas jedoch noch nicht entwickelt. Das später folgende römische Klimaoptimum und auch das mittelalterliche Klimaoptimum haben wir inzwischen schon überschritten.

Entscheidend ist allerdings der Blick in die nahe Zukunft. Alle aktuellen und mit unglaublichem Aufwand berechneten Klimaprognosen sagen für alle Szenarien der globalen industriellen und sozialen Entwicklung eine weitere Erwärmung voraus. Schon in 20 bis 40 Jahren werden wir auf der Erde Mitteltemperaturen erreicht haben, wie sie im Verlauf der letzten Million Jahre und damit im Zeitalter von Homo sapiens, den es seit ca. 150.000 Jahren gibt, nicht existierten (Abb. 1). Auch die meisten anderen Organismen, und damit auch Vektoren und Krankheiten, entwickelten sich in dieser Zeit. Es liegen für diese Organismen und Ökosysteme folglich schlicht keine „Erfahrungswerte“ bezüglich ihrer Reaktion auf die in naher Zukunft zu erwartenden klimatischen Verhältnisse vor. Die Ungewissheit bezüglich der biologischen Reaktionen ist groß, Überraschungen sind gewiss.

Erwartete Klimaentwicklung in Bayern

Es gilt als wahrscheinlich, dass Bayern, im globalen Vergleich betrachtet, einer überproportionalen Erwärmung im 21. Jahrhundert ausgesetzt sein wird. Nimmt man das so genannte A1B Szenario des Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, welches als realistisches Szenario eingeschätzt wird, dann wird erwartet, dass eine globale Erwärmung bis Ende des 21. Jahrhunderts um 2,8 Grad in Bayern in der Fläche zu einer Erwärmung von circa 4 Grad und in den Alpen sogar von circa 5 Grad führen wird!

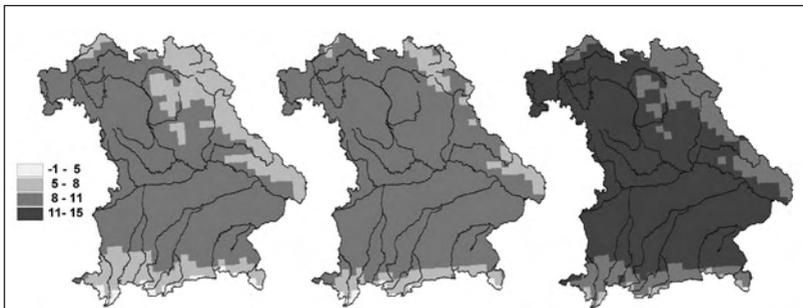


Abb. 2: Mittlere Jahrestemperatur in Bayern für den Zeitraum 1951–2000 aus der Datenanalyse und den Modellrechnungen (UBA, 2006) für die Jahre 2001–2050 und 2051–2100 unter Nutzung des Szenariums A1B. Die 10x10 km² Rasterdaten wurden über fünfzig Jahre gemittelt.

Damit entsteht für Bayern ein besonderer Handlungsbedarf bezüglich der Anpassung an diese erwarteten Abläufe.

Die Klimaprognosen zeigen, dass für die Jahresmitteltemperaturen der Anstieg in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts zunächst noch relativ langsam erfolgt (Abb. 2), zum Ende des Jahrhunderts aber dramatisch zunimmt. Relativ betrachtet werden insbesondere die Alpen eine starke Erwärmung erfahren. Die Erwärmung wird sich auf Sommer- und Wintermonate konzentrieren (Abb. 3). Im Herbst wird kaum eine Veränderung erwartet (geringer als 3 Grad).

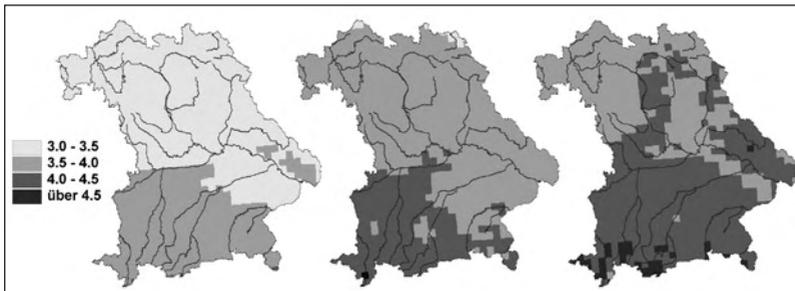


Abb. 3: Änderung der mittleren Temperatur in 2 m Höhe in Bayern im REMO-A1B Szenario zwischen den Perioden 1961-1990 und 2071-2100. Die 10x10 km² Rasterdaten wurden über 30 Jahre gemittelt. Dargestellt wird die Erwärmung im gesamten Jahr, im Sommer (Juni bis August) und im Winter (Dezember bis Februar), welcher sich unproportional stark erwärmt.

Die Klimaentwicklung in Bayern wird auch Veränderungen der Frostereignisse, des Niederschlagsregimes und der Anzahl und des Ausmaßes an Extremereignissen mit sich bringen. Im Mittel wird sich die Anzahl der Frosttage (Tage mit einer Minimumtemperatur unter 0°C) in Bayern um rund 25% gegenüber dem derzeitigen Klima reduzieren und die Anzahl der Eistage (Tage mit einer Maximaltemperatur unter 0°C) sogar noch deutlicher mit durchschnittlich 50% abnehmen (KLIWA-Projekt, 2005a).

Es wird erwartet, dass in den Sommermonaten besonders in den Talräumen und im Südwesten bzw. Süden Bayerns die Niederschläge zurückgehen. Im Westen werden in den Wintermonaten mehr Niederschläge fallen als bisher.

Das Auftreten zeitlich begrenzter, außergewöhnlicher Ereignisse wie Dürrephasen und Starkregenereignisse wird zunehmen (Schönwiese et al., 2003). Berechnungen zeigen, dass sich die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Hitzewelle, wie sie 2003 in Europa zu beobachten war, inzwischen verdoppelt hat.

Klimabedingte Entwicklung vektorübertragener Krankheiten

Ein sich erwärmendes Klima bringt das Risiko der Etablierung und Ausbreitung von Krankheiten und Krankheitsüberträgern mit sich. Milde Temperaturen im Winter und wärmere Sommer beeinflussen die Ausbreitung von Vektoren und Krankheitserregern (Ebert & Schleicher, 2005; Höppe, 2005; LGL, 2006). Krankheiten, die bisher in eher südlichen Regionen endemisch waren, treten in den letzten Jahren auch außerhalb ihrer bisherigen Verbreitungsgebiete auf. Überträger solcher Krankheiten breiten sich ebenfalls aus. Beispiele für Vektoren, welche in den letzten Jahren in den Süden Deutschlands vorgedrungen sind oder kurz davor stehen, sind die Tigermücke (*Aedes albopictus*) und Sandmückenarten (*Phlebotomus spec.*).

Die Zunahme von zeckenübertragener Frühsommer-Meningoenzephalitis FSME (2004: 274 Fälle, 2006: 541 Fälle, davon 179 in Bayern) und Lyme-Borreliose ist über die beim Robert-Koch-Institut (RKI) gemeldeten Fälle belegt. Bislang in den Tropen bekannte Krankheiten treten zum Teil vereinzelt in Mitteleuropa auf. Malaria, Dengue-Fieber, Leishmaniose und West-Nil-Fieber werden als mögliche zukünftige Gesundheitsgefahren für die deutsche Bevölkerung angesehen (Hibbeler, 2007).

Die kurzen Zeiträume von Flügen von den Tropen oder Subtropen in eine europäische Metropole ermöglichen das Überleben von Vektoren außerhalb ihres Habitats. Treffen infizierte Tiere in Sommermonaten ein oder profitieren sie von einem aufgeheizten Stadtklima, können sie eine Weile außerhalb ihres Areals aktiv sein und lokale Populationen aufbauen. Bislang ist dies eine sehr begrenzte Problematik. Wird nun aber künftig das Klima insgesamt wärmer, könnte es zur dauerhaften Etablierung und zur seuchenartigen Entwicklung von Krankheiten kommen.

Die traditionelle Unterscheidung zwischen wiederkehrenden oder sich verstärkenden Krankheiten (z.B. Leishmaniosen (Hunde/Sandmücken als Vektor), Malaria (Anopheles-Mücken), Fleckfieber, Q-Fieber, Schützengrabenfieber, Tularämie und Lyme-Borreliose) und neuartig auftretenden Krankheitserregern (West-Nil-Virus, Dengue-Fieber und evtl. Chikungunya mit *Aedes albopictus* als Vektor) erscheint nur bedingt sinnvoll. Sie ist nur dann hilfreich, wenn bezüglich potenziell neuartig auftretender Krankheiten keinerlei Erfahrungshintergrund vorliegt oder keine Medikamente verfügbar sein sollten. Entscheidend ist das Ausbreitungspotenzial der Erreger und der Vektoren unter den künftig erwarteten Klimabedingungen. Hierbei sind nicht nur die Sommer, sondern bezüglich des Überlebens von Vektorpopulationen auch die zunehmend milden Winter zu betrachten.

Auf europäischer und auf nationaler Ebene (z.B. ENRICH) laufen erste Erfassungen

von Problemarten. Eine umfassende biogeographische Arealanalyse liegt jedoch nicht vor. Im Folgenden werden mit Bezug auf die Studie „Klimaanpassung Bayern 2020“ (Beierkuhnlein & Foken, 2008) einige Beispiele von Problemarten vorgestellt. Es soll aber unterstrichen werden, dass die Beziehung zwischen Vektor, Wirt und Pathogen ein außerordentlich komplexes System darstellt, in welchem vor allem der Vektor und die Entwicklung der Pathogene im Vektor umweltabhängig sind und insbesondere durch thermische und hygrische Gegebenheiten beeinflusst werden können.

Leishmaniosen, Chikungunya und West-Nil-Fieber sind Beispiele für bislang kaum wahrgenommene Risiken mit großem Gefährdungspotenzial in der Zukunft. Vektoren von Leishmaniosen sind die oft gelblich gefärbten, sehr temperaturbedürftigen bzw. kälteempfindlichen Sandmücken (Phlebotomus-Arten) aus der Gruppe der Schmetterlingsmücken (Psychodidae). Ihr Existenzminimum liegt bei 10°C. Nach Deutschland werden die parasitären Erreger bislang sporadisch durch infizierte Hunde oder Menschen importiert. Leishmanien sind obligat intrazelluläre protozoische Parasiten, die sich in den weißen Blutkörperchen (Makrophagen) vermehren. Der Erstnachweis einer als Vektor geeigneten Sandmückenart wurde für Deutschland in Baden-Württemberg 1999 erbracht. Hierbei handelte es sich um *Phlebotomus mascittii* (Naucke & Pesson, 2000). *Phlebotomus mascittii* kommt als möglicher Vektor der viszeralen Leishmaniose (*Leishmania infantum*, innere Organe und Eingeweide betreffend) in Frage. Auch für *Phlebotomus perniciosus* ist nachgewiesen, dass diese Art als Vektor der viszeralen Leishmaniose in Frankreich, Italien (incl. Sardinien), Spanien, auf Malta und in Nordafrika wirkt. Diese Art wird sich vermutlich klimatisch bedingt über die Schweiz weiter nach Norden ausbreiten. *Ph. perniciosus* ist außerdem nachgewiesener Vektor verschiedener Phlebovirus-Serotypen in Italien und Portugal. *Phlebotomus neglectus* ist u.a. in Italien südlich der Alpen, im ehemaligen Jugoslawien, in Albanien, Griechenland, Bulgarien und Süd-Rumänien und in der Türkei verbreitet (Bosnic et al., 2006; Leger et al., 2000; Orndorff et al., 2002; Velo et al., 2005) und wird auch in Österreich als Vektor humaner viszeraler Leishmaniose in Betracht gezogen. *Phlebotomus neglectus* ist nachgewiesener Vektor viszeraler Leishmaniose in Griechenland (Leger et al., 1988). Aufgrund der Erwärmung in Mitteleuropa wird für die nächsten Jahre erwartet, dass sich eine weitere Sandmückenart, *Phlebotomus perfiliewi*, ebenfalls Überträger von *Leishmania infantum*, in Mitteleuropa bis zum 49. Breitengrad ausbreitet (dies entspricht Regensburg).

Der ursprünglich tropisch verbreiteten Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) ist es durch die unbeabsichtigte Ausbreitung mittels menschlicher Vektoren (Flugzeuge, Transport von Gütern) inzwischen gelungen, ihr Areal massiv auszuweiten. In Europa ist sie heute für Österreich, Italien, Griechenland, Frankreich, Belgien, Holland, Teile der Schweiz und Albanien nachgewiesen. Welche Rolle das in den letzten Jahrzehnten

insgesamt deutlich mildere Klima für die Ausbreitung der Art spielt, ist unklar, doch ist zu erwarten, dass eine Kombination von menschlicher Verschleppung und günstigeren Lebensbedingungen die Ausbreitung fördern wird.

Im Mittelmeergebiet haben sich inzwischen dauerhaft Populationen einer relativ kälteresistenten Form der Tigermücke etabliert. Sie wird für die Übertragung des im Sommer 2007 erstmalig in Norditalien aufgetretenen Chikungunya-Virus verantwortlich gemacht. Das Chikungunya-Virus, ein Alphavirus aus der Familie der Togaviren, wurde dort aus der seit ca. 1990 dort etablierten Asiatischen Tigermücke isoliert. Diese tagaktive Mückenart ist vor allem in den Ebenen, an den Küsten und im Inland Italiens bis in eine Höhe von ca. 500-600 m ü. NN präsent (Beltrame et al., 2007). Das ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control) geht davon aus, dass eine Wiederholung des Chikungunya-Ausbruchs in anderen Gebieten Europas aufgrund der vorgefundenen Rahmenbedingungen in Norditalien möglich erscheint. Am ehesten gefährdet sind Gebiete Südeuropas, in denen potente Vektoren vorkommen und über längere Zeiträume hohe Temperaturen herrschen (RKI, 2007). Bisher sind die klimatischen Bedingungen für die Etablierung und Vermehrung der Vektormücken, vor allem aber für die Vermehrung des Erregers in der Mücke, in Deutschland ungünstig. Systematische entomologische Untersuchungen fehlen bisher (RKI, 2007).

Eine ganz überraschende Ausbreitungswelle ist vom West-Nil-Virus in den USA in den letzten Jahren zu beobachten gewesen. Das Bernhard-Nocht-Institut hat zusammen mit dem Robert-Koch-Institut und dem Paul-Ehrlich-Institut bereits im April 2007 die Gefahr einer Epidemie oder der dauerhaften Ausbreitung dieses Virus in Deutschland als unwahrscheinlich eingeschätzt. Diese Einschätzung erfolgte aber im Hinblick auf die heutigen Gegebenheiten. Die Infektion mit dem West-Nil-Virus verläuft bei ca. 80% der Patienten ohne Krankheitszeichen. Die Häufigkeit einer komplizierten Erkrankung liegt unter 1% aller Erkrankten. Von Komplikationen betroffen sind allerdings vorwiegend ältere Personen. Diabetiker und Patienten mit stark beeinträchtigtem Immunsystem bilden ebenfalls eine Risikogruppe. Eine ursächliche Behandlung (d.h. eine Therapie, die sich direkt gegen das Virus richtet) existiert nicht.

Das West-Nil-Virus gehört zu der von Mücken übertragenen Gruppe der „Flaviviren“. *Culex pipiens* und *Culex univittatus* gelten als mögliche Vektoren für das West-Nil-Virus in Europa (Esteves et al., 2005). Die Gemeine Stechmücke oder Nördliche Hausmücke (*Culex pipiens*) findet Brutstätten in verschiedensten Wasserstellen. Mit West-Nil-Virus infizierte *Culex pipiens* wurde in Israel nachgewiesen. Eine Einschleppung des West-Nil-Virus in Mitteleuropa wird auf Zugvögel zurückgeführt, die sich in den Verbreitungsgebieten Afrikas infizieren und das Virus in gemäßigte Zonen übertragen. In Osteuropa scheint das Virus zumindest in einigen Gegenden saisonal heimisch

zu sein. In Italien (Toskana) und Südfrankreich wurden in den Jahren 1998 und 2000 Infektionen bei Pferden diagnostiziert. Es werden zwei Zyklen der Virusvermehrung beschrieben, eine ländliche über Wildvögel bzw. Wasservögel und Stechmücken (z.B. *Culex*) sowie eine städtische über Krähen, Tauben und Hausvögel (Hühner, Gänse, Zootiere) und Stechmücken, die sowohl an Säugetieren als auch an Vögeln saugen. Grundlegende Voraussetzung für die dauerhafte Vermehrung und Verbreitung des Virus sind hohe Tagesdurchschnittstemperaturen über einen längeren Zeitraum. Voraussetzung für eine Übertragung von West-Nil-Viren beim Stich ist eine bestimmte Infektionsform der Mücke. Die Tagesdurchschnittstemperaturen der Orte, aus denen größere West-Nil-Virus-Ausbrüche berichtet wurden (New York, Bukarest, Wolgograd) betragen im Juli bis August 22 bis 27°C. Epidemien traten stets in besonders heißen Sommern auf. In besonders warmen Jahren kann für Bayern mittelfristig die Möglichkeit bestehen, dass es zu einer Übertragung des West-Nil-Virus auf den Menschen kommt, wenn lokal über einen Zeitraum von mehr als 12 Tagen Tagesdurchschnittstemperaturen über 22°C oder Juli-Mittelwerte über 18°C erreicht werden und gleichzeitig in der Nähe der Menschen ein Virusreservoir vorhanden ist und geeignete Überträgermücken in hoher Zahl vorhanden sind. Eine dauerhafte Einschleppung des Virus ist heute noch wenig wahrscheinlich. Da die sommerlichen Tagesdurchschnittswerte der Temperatur aber Ende des Jahrhunderts deutlich über 20°C liegen können, wäre dann eine neue Situation gegeben (Abb. 4).

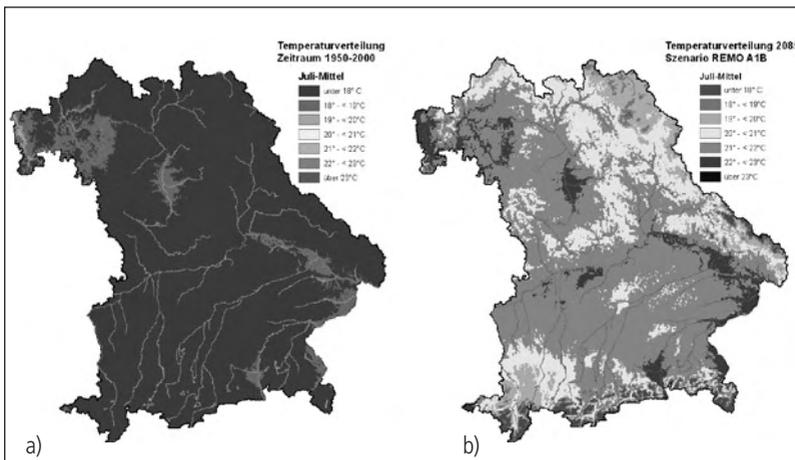


Abb. 4: West-Nil-Fieber tritt ab Juli-Mittelwerten größer 18°C gehäuft auf. Grafik a) zeigt, dass bisher solche Temperaturen in Bayern nicht relevant sind! Betrachtet man aber die Prognose der Veränderung der mittleren Julitemperaturen in Bayern b) (Szenario REMO A1B), dann sind Ende des 21. Jahrhunderts kaum noch Bereiche Bayerns als diesbezüglich sicher einzuschätzen.

Auch eine Zunahme von Infektionen mit dem Hanta-Virus wird im Zusammenhang mit dem Klimawandel befürchtet. Das Hanta-Virus (gehört zur Gruppe der Bunyaviridae) tritt in verschiedenen Formen auf, die oft nach dem Ort des ersten medizinisch dokumentierten Auftretens benannt sind (in Deutschland v.a. Puumala, seltener Dobrava; Hantaan, Korea, Sin-Nombre). Die Häufigkeit von Hantavirus-Infektionen beim Menschen hängt mit der Populationsgröße der jeweiligen Hanta-Virus-Reservoir-Wirte (Nagetiere) und deren Durchseuchungsrate zusammen. Hier spielen komplexe ökosystemare Wechselwirkungen eine entscheidende Rolle. Beispielsweise kann eine überdurchschnittlich starke Vermehrung der Rötelmaus-Population (*Myodes glareolus*, häufigster Virus-Reservoir-Wirt) in Folge einer besonders ausgeprägten Fruchtbildung bei Buchen und Eichen („Mastjahre“), wie sie im Herbst 2003 und 2006 (Hautmann, 2005, RKI, 2007a) beobachtet wurde, die Gefahr erhöhen. Außerdem ist aufgrund der Zunahme der Zahl und Größe forstlicher Schadflächen und der Verlichtung der Wälder durch Sturm oder Borkenkäferbefall mit einer Zunahme der Rötelmaus-Population zu rechnen.

Von Hantavirus-Infektionen sind zu fast 90% Männer im berufstätigen Alter betroffen. In Deutschland wird ein Großteil der Erkrankungen aus Baden-Württemberg (v.a. Schwäbische Alb) gemeldet, gefolgt von Unterfranken (z.B. Main-Spessart, Würzburg), Niederbayern (Freyung-Grafenau) und Landkreisen in Schwaben, die an die Schwäbische Alb angrenzen (Abb. 5) (LGL 2007; Triebenbacher, 2007).

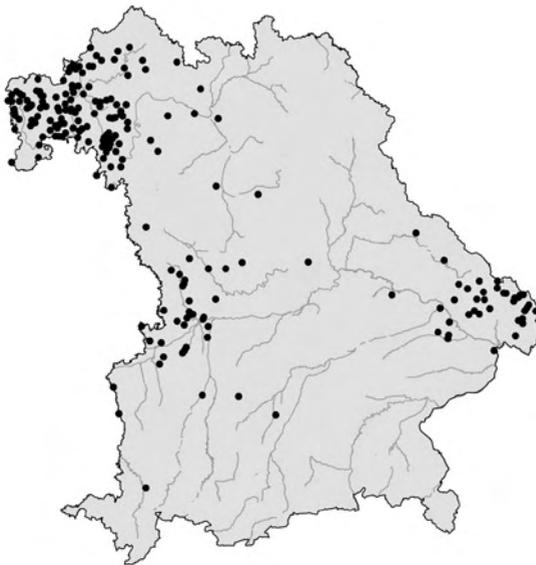


Abb. 5: Hantavirus-Erkrankungen in Bayern im Jahr 2007 (n=296) (Stand: 01.03.2008, Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit)

Zwischen den Nagern erfolgt die Übertragung durch aggressives, mit Bissen verbundenes Verhalten. Der Kot der Säuger, die selbst oft nur latent erkranken, enthält das Virus, so dass eine Infektion überall dort erfolgen kann, wo Nager aktiv sind. Die menschliche Aufnahme erfolgt vorwiegend über Aerosole (Staub) aus Kot und Urin der Mäuse und kann daher nur durch Vermeidung von Staubentwicklung, vorhergehende Verwendung von Desinfektionsmittel oder Tragen von Atemschutzmasken reduziert werden. Zunehmende sommerliche Trockenheit könnte die Infektionsrate erhöhen.

Die Klinik der symptomatischen Hantavirus-Infektionen ist durch Fieber, Nierenfunktionsstörungen, Glieder-, Kopf- und Muskelschmerzen sowie Übelkeit und Erbrechen gekennzeichnet. Oft bestand bei den Betroffenen direkter oder indirekter Kontakt zu Nagetieren bzw. deren Ausscheidungen (z.B. Reinigen von Scheunen, Ställen oder Holzschuppen mit Nagetierverunreinigungen, Beseitigen toter Mäuse, Arbeiten an Holzstapeln u.ä.) (Hautmann 2008, Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit).

Zusammenfassung und Ausblick

Die Konsequenzen des Klimawandels für das Gesundheitswesen sind vielfältiger Natur. Baldmöglichst sind deshalb Strategien zum präventiven Umgang mit sich abzeichnenden Gefährdungen zu entwickeln. Insbesondere für Risikogruppen (alte Menschen, Kleinkinder, Kranke, Behinderte) sollte abgeschätzt werden, inwieweit durch verlängerte Hitzeperioden eine Gefährdung besteht und wie hier präventiv vorgegangen werden kann. Die Lebensmittel- und Trinkwasserhygiene muss ebenfalls im Lichte veränderter Klimabedingungen auf den Prüfstand.

Grundsätzlich ist zwischen der Verstärkung bereits bestehender Gesundheitsgefahren und dem Auftreten, zumindest für Bayern, neuartiger Krankheiten zu unterscheiden. Insbesondere letztere sind bislang nur als Reisekrankheiten in Erscheinung getreten. Klinische Forschung war mangels Patienten kaum möglich.

Ein erhöhter Wissensbedarf ist bei der Ermittlung der Gefährdungszunahme durch vorhandene wie neu eingeschleppte Krankheiten (Leishmaniose und West-Nil-Virus) und Vektoren festzustellen. Verbunden mit der Zuwanderung neuer Arten ist deren gesundheitsgefährdendes Potenzial zu ermitteln, deren Entwicklung kritisch zu beobachten und frühzeitig Abwehrstrategien zu entwickeln.

Allein über bekannte Ausbreitungsgeschwindigkeiten und natürliche Populationsdynamik kann die Prognose künftiger Ausbreitungspotenziale nicht erfolgen. Vielmehr sind hierzu auch sprunghafte Ausbreitungen in künftig geeignete Lebensräume mit

Hilfe des Vektors Mensch zu bedenken. Die Ausbreitung von Vektoren und Krankheiten geschieht nicht nur rein diffusiv, sondern auch abrupt, wie die Einschleppung der Tigermücke nach Italien oder das Auftreten von Chikungunya zeigten.

Dabei ist zu bedenken, dass die Ausbreitung von Vektoren (z.B. Insekten, Milben) anderen Regeln folgt als die Ausbreitung der von diesen übertragenen Krankheitserregern. Wir konzentrieren uns daher auf die Ermittlung von potenziell gefährdeten Räumen und von potenziell sich ausbreitenden Organismen. Dieses Potenzial kann unter Umständen erst mit gewisser Verzögerung umgesetzt werden, beispielsweise dann, wenn Ausbreitungsbarrieren nicht überwunden werden können. Die Studie wird aber einen Beitrag zur präventiven Begegnung der sich künftig ergebenden Risiken und zur Identifizierung von Risikogebieten leisten.

Neuartige Gesundheitsgefahren machen eine Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen der medizinischen bzw. epidemiologischen Forschung und der naturwissenschaftlich ausgerichteten Ökosystemforschung erforderlich.

Referenzen

Beierkuhnlein C, Foken T (Hrsg.). Klimawandel in Bayern. Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten, Bayreuther Forum Ökologie 2008, 113.

Beltrame A, Angheben A, Bisoffi Z. Imported Chikungunya infection, Italy Emerg Infect Dis 13 (2007): 1264-1266.

Bosnic S, Gradoni L, Khoury C, Maroli M. A review of leishmaniasis in Dalmatia (Croatia) and results from recent surveys on phlebotomine sandflies in three southern counties. Acta Tropica 2006, 99(1): 42-49.

Ebert B, Fleischer B. Globale Erwärmung und Ausbreitung von Infektionskrankheiten, Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin, Hamburg 2005.

Esteves A, Almeida APG, Galao RP, Parreira R, Piedade J, Rodrigues JC, Sousa CA, Novo MT. West Nile virus in Southern Portugal, 2004. Vector-Borne and Zoonotic Diseases 2005, 5(4): 410-413.

Hautmann W, Essbauer S, Ulrich R. Gehäuftes Auftreten von klinisch apparenten Hantavirus-Infektionen in Niederbayern im Jahr 2004. Epidemiologisches Bulletin 2005, 10.

Hibbeler B. Globale Erwärmung birgt lokale Gesundheitsrisiken. Deutsches Ärzteblatt 2007, 7: 353-355.

Höppe P. Malaria und Gelbfieber in Deutschland? – Gesundheitliche Risiken der Klimaänderung. Klimawandel und Wetterextreme, München 2005.

IPCC 2007a. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group I. Summary for Policymakers.

IPCC, 2007b. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group II. Summary for Policymakers.

IPCC, 2007c. Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group III. Summary for Policymakers.

IPCC, 2007d. Climate Change 2007: Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers.

KLIWA. Der Klimawandel in Bayern für den Zeitraum 2021-2050, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 2005.

Leger N, Depaquit J, Ferte H, Rioux JA, Gantier JC, Gramiccia M, Ludovisi A, Michaelides A, Christophi N, Economides P. Phlebotomine sandflies (Diptera psychodidae) of Cyprus. II – Isolation and typing of *Leishmania (Leishmania) infantum* Nicolle, 1908 (zymodeme MON 1) from *Phlebotomus (larrousius) tobbi* Adler and Theodor, 1930. *Parasite-Journal De La Societe Francaise De Parasitologie* 2000, 7(2): 143-146.

LGL 2006. Klimaveränderung und Gesundheit in Bayern. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, 2006.

LGL 2007. Hantaviruserkrankungen in Bayern. <http://www.lgl.bayern.de/gesundheit/hantavirus.htm>. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit 2007.

Naucke TJ, Pesson B. Presence of *Phlebotomus (Transphlebotomus) mascittii* Grassi, 1908 (Diptera: Psychodidae) in Germany. *Parasitology Research* 2000, 86(4): 335-336.

Orndorff GR, Maroli M, Cooper B, Rankin SE. Leishmaniasis in Sicily (Italy): An investigation of the distribution and prevalence of phlebotomine sandflies in Catania province. *Military Medicine* 2002, 167(9): 715-718.

Robert-Koch-Institut (RKI), 2007b. Zu einem Ausbruch von Chikungunya-Fieber in Italien. *Epidemiologisches Bulletin* 2007, 36: 336-337.

Schönwiese CD, Grieser J, Trömel S. Secular change of extreme monthly precipitation in Europe. *Theoretical and Applied Climatology* 2003, 75: 245-250.

Triebenbacher C. 2007 – Ein Mäusejahr. Blickpunkt Waldschutz. Bayerische Waldschutz Nachrichten 17. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2007.

Velo E, Papparisto A, Bongiorno G, Di Muccio T, Khoury C, Bino S, Gramiccia M, Gradoni L, Maroli M. Entomological and parasitological study on phlebotomine sandflies in central and northern Albania. *Parasite-Journal De La Societe Francaise De Parasitologie* 2005, 12(1): 45-49.

Prof. Dr. Carl Beierkuhnlein
Stephanie Thomas
Lehrstuhl für Biogeographie
Universität Bayreuth
Universitätsstraße 30, 95447 Bayreuth
Tel. (09 21) 55-22 87
E-Mail: carl.beierkuhnlein@uni-bayreuth.de

Klimawandel – Risiken und Chancen aus der Wahrnehmung eines Rückversicherers

Ernst Rauch



Änderungsrisiko Klimawandel

Neu ist das Thema Klimaänderung in der wissenschaftlichen Forschung schon lange nicht mehr. Seit mehr als 20 Jahren werden weltweit an führenden akademischen Einrichtungen die Veränderungsprozesse in der Atmosphäre aufgrund der steigenden Konzentration an klimarelevanten Spurengasen untersucht. Viele dieser Studien waren im Hinblick auf die Konsequenzen aus einem sich ändernden Wettergeschehen auch für die Versicherungswirtschaft von Relevanz. Doch hatten die Ergebnisse oft noch sehr qualitativen Charakter und waren bezüglich ihrer zeitlichen Perspektive weit in die Zukunft gerichtet – zu weit, um von manchem Risikoträger ernst genommen zu werden.

Wendepunkt 2005

Das hat sich 2005 schlaglichtartig geändert. Schon vor dem Rekordschaden aus dem Hurrikan Katrina wurden im gleichen Jahr Studien publiziert, die sich mit der veränderten Hurrikangefährdung im Nordatlantik aufgrund natürlicher und Menschgemachter Einflüsse auf die Meeresoberflächentemperaturen befassten. Die Aussagen in diesen Untersuchungen sind so konkret, dass ein quantifizierbarer Anpassungsbedarf der Hurrikan-Risikomodelle der Assekuranz ableitbar ist.

Große Naturkatastrophen 1950 – 2007 Gesamtschäden und versicherte Schäden

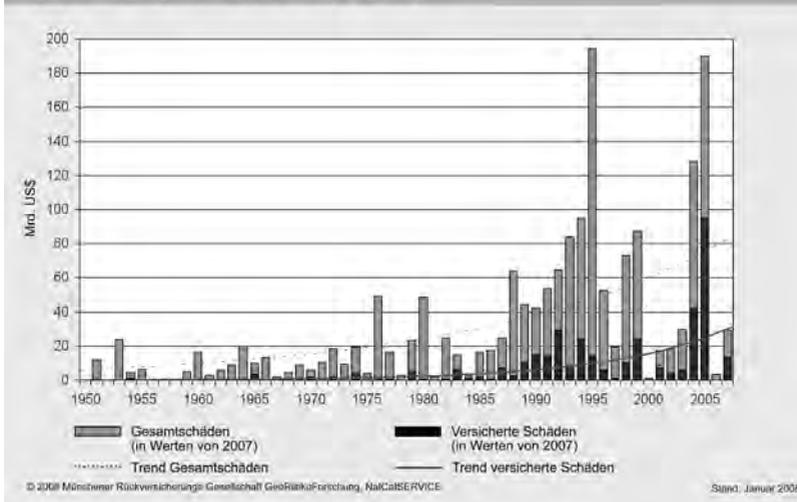


Abb. 1: Seit den 1950er Jahren haben weltweit sowohl die volkswirtschaftlichen wie auch die versicherten Schäden aus großen Naturkatastrophen massiv zugenommen. Für die Versicherungswirtschaft war das Jahr 2005 bis dato (Stand: August 2008) das mit Abstand schadenreichste Jahr. Hauptverursacher der Schadenssumme von über US\$ 90 Mrd. war der Hurrikan Katrina mit über US\$ 60 Mrd. an versicherten Schäden sowie die Hurrikane Wilma und Rita.

Prognosen schneller als erwartet eingetreten?

Aber machen wir zunächst einen Blick zurück: Waren im Lichte der Schadenjahre 2004 und 2005 die Aussagen der Klimaforscher vielleicht sogar zu zurückhaltend? In einem Beitrag zur Klimaänderung und den Auswirkungen auf die Versicherungswirtschaft hat die Münchener Rück in ihrer 1990 erschienenen Sonderveröffentlichung „Sturm“ den damaligen Stand des Wissens so zusammengefasst:

„Eine wärmere Atmosphäre und ein wärmeres Meer führen zu einem intensiveren Energieaustausch und einer Verstärkung der vertikalen Umlagerungsprozesse, die für die Entwicklung von tropischen Wirbelstürmen, Tornados, Gewittern und Hagelstürmen eine wesentliche Rolle spielen. Deren Häufigkeit und Intensität werden ebenso zunehmen wie die Länge ihrer Saison und die Fläche der gefährdeten Gebiete. Letzteres gilt vor allem für die tropischen Wirbelstürme, die dann weiter in die gemäßigten Breiten vordringen werden und damit auch Regionen gefährden können, die bisher

Große Naturkatastrophen 1950 – 2007 Prozentuale Verteilung weltweit

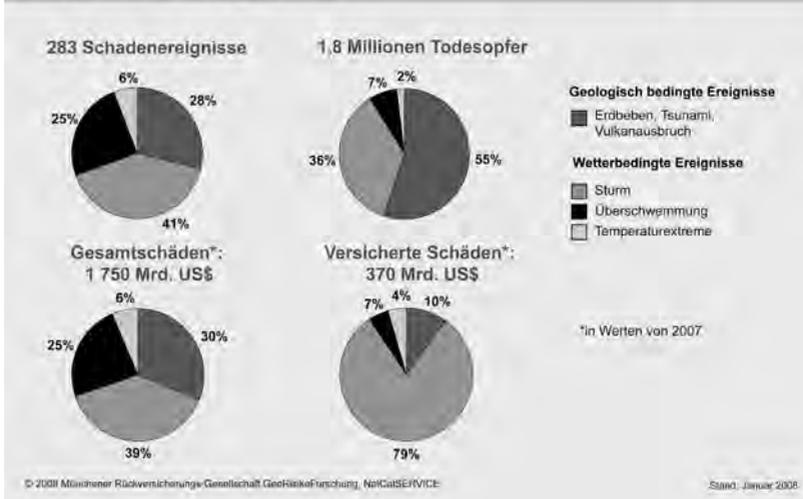


Abb. 2: Im Zeitraum 1950 bis 2007 lagen die volkswirtschaftlichen Gesamtschäden aus großen Naturkatastrophen weltweit bei rund US\$ 1750 Mrd. (inflationsbereinigt in Werten von 2007), die Assekuranz trug davon gut 20% (US\$ 370 Mrd.). Deutlich wird aus dem Tortendiagramm unten rechts, dass atmosphärische Gefahren wie Sturm und Überschwemmung die Hauptschadentreiber für die Versicherungswirtschaft sind.

als frei von diesem Risiko gelten. Damit wächst nicht nur die Gefährdung der schon bisher exponierten Bevölkerungszentren und Industriegebiete an den Nordostküsten der USA, Australiens und Neuseelands oder in ganz Japan, sondern es zeichnet sich auch die Möglichkeit ab, daß der Küstenbereich Westeuropas, der bisher schon von Zeit zu Zeit von Hurrikanausläufern in Form von Starkregenfeldern erfasst wurde, auch einmal von einem voll entwickelten Hurrikan erreicht wird [...] Schließlich werden die Wassertemperaturen auch in einzelnen Gebieten des Südatlantiks den kritischen Wert von 27°C erreichen, der die Entwicklung von dort bisher nicht vorkommenden tropischen Wirbelstürmen begünstigt, die eine außerordentliche Gefahr insbesondere für die brasilianischen Küsten darstellen würden.“

Tatsächlich waren gerade in den letzten Jahren Ereignisse zu beobachten, die diese Prognosen heute schon als optimistisch erscheinen lassen. Zu diesen (meteorologisch) „außergewöhnlichen“ Ereignissen zählen:

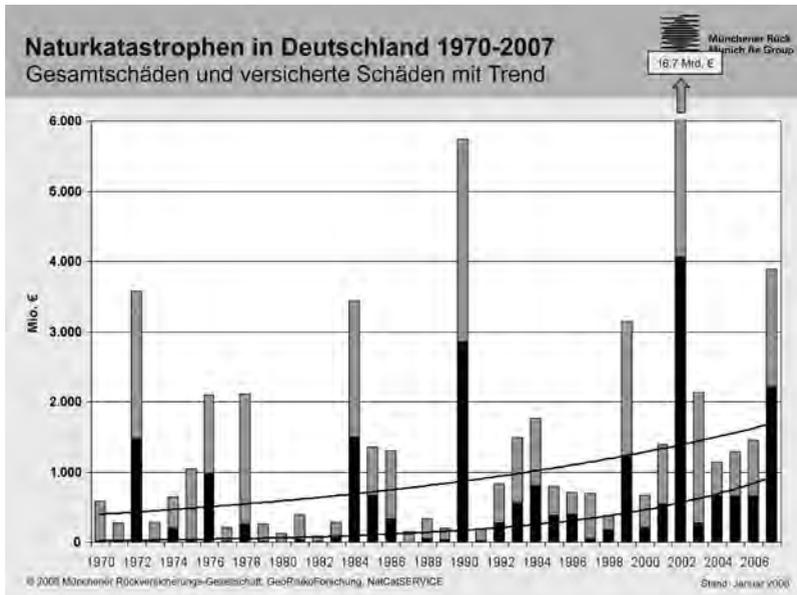


Abb. 3: Für Deutschland sind zuverlässige Naturkatastrophen-Schadenstatistiken ab etwa 1970 verfügbar. Die Schadenentwicklung ist weniger stetig als bei den weltweiten Daten für Großschäden, allerdings ist auch hier (nach Inflationsbereinigung) ein Zunahmetrend bei Naturkatastrophenereignissen feststellbar.

- die Jahrhundertflut im Elbegebiet in Deutschland und Nachbarländern im Sommer 2002,
- der Hitzesommer in Europa 2003 mit über 70.000 Todesopfern,
- die bis dahin höchsten Schäden durch Hurrikane im Nordatlantik in einer Saison (2004),
- die höchste bisher beobachtete Anzahl von tropischen Wirbelstürmen innerhalb eines Jahres mit Landfall in Japan (2004),
- der erste tropische Wirbelsturm überhaupt im Südatlantik mit Landfall in Brasilien (2004),
- die höchste Anzahl tropischer Wirbelstürme (27) und Hurrikane (14) in einer Saison im Nordatlantik (2005),
- der absolut stärkste (Wilma, 882 hPa Kerndruck), der viert stärkste (Rita) und sechst stärkste (Katrina) Hurrikan im Nordatlantik seit Beginn der Messungen in nur einer Saison (2005),

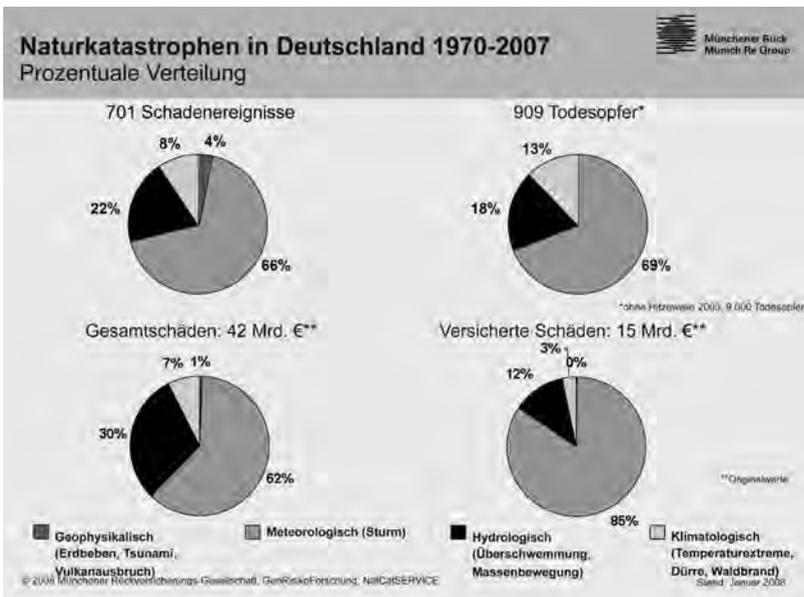


Abb. 4: Ähnlich wie in der globalen Schadenstatistik dominierten für die Versicherungswirtschaft auch in Deutschland in den vergangenen Jahrzehnten Schadenbelastungen aus atmosphärischen Extremereignissen (Sturm/Überschwemmung).

- der nördlichste und östlichste Hurrikan (Vince), der sich im Oktober 2005 bei Madeira bildete,
- der erste Tropensturm (Delta), der die Kanarischen Inseln erreichte (2005).

Diese Ereignisse zeigen auf bemerkenswerte Weise, dass einige der bereits Anfang der 1990er Jahre – und damals eher mittel- bis längerfristig – erwarteten Veränderungen des Wettergeschehens schon wenige Jahre später und besonders gehäuft seit 2002 auftraten.

Enorme Herausforderungen an die Versicherungswirtschaft

Dass Anpassungsbedarf besteht, die veränderten Häufigkeiten und Intensitäten extremer Wetterereignisse in die Risikomessung und als Folge auch in die Preis- und Kumulermittlung mit einzubeziehen, ist inzwischen bei vielen Risikoträgern unstrittig. Zu den großen Herausforderungen gehören jetzt zwei Folgeschritte:

Geringe Veränderungen von Mittelwerten: Starke Veränderungen bei Extremwerten

Zunahme des Mittelwerts – Streuung konstant

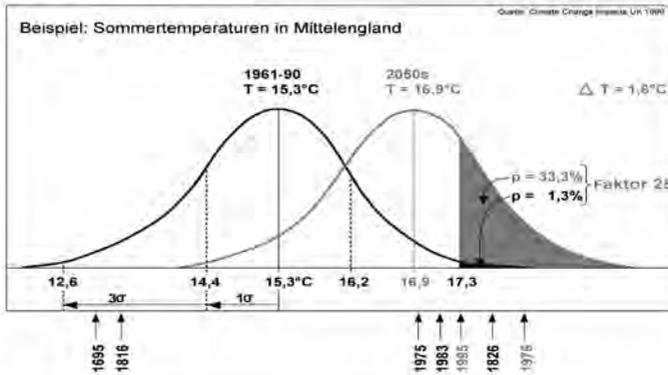


Abb. 5: Bereits eine geringe Veränderung des Mittelwerts eines klimatologischen Parameters (hier: Temperatur) führt zu einem starken Anstieg der Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten von Extremwerten. Das obige Beispiel aus einer UK-Studie zeigt bei einem damals für das Jahr 2050 gegenüber dem Mittelwert von 1961 bis 1990 prognostizierten Temperaturanstieg in Mitteleuropa von $1,6^{\circ}\text{C}$ eine Zunahme der Wahrscheinlichkeit für die Wiederholung des Hitzesommers von 1995 rund um den Faktor 26 (!)

1. Die Differenzierung der Veränderungen nach Gefahren (Sturm, Überschwemmung, Hagel) und Regionen.
2. Die weitere Verbesserung der Quantifizierung der Veränderungen, sowohl bei den kleineren und häufigeren Ereignissen, als auch bei den selteneren und schweren bis katastrophalen (Kumul-)Ereignissen.

Wesentliche Elemente bei der Neubewertung der Risiken müssen dazu aus der Wissenschaft kommen. Doch die Verantwortung für Entscheidungen, die auf Erkenntnissen aus der Klimaforschung basieren, bleibt letztendlich bei den Risikoträgern. Bei Fragen, zu denen die Wissenschaft nur Bandbreiten der zu erwartenden Veränderungen oder Wahrscheinlichkeiten angeben kann, muss die Assekuranz eigene Antworten erarbeiten. Von besonderer Bedeutung wird dabei sein, dass bei der Abwägung der Argumente, die für eine optimistische oder konservative Bewertung von Unsicherheiten sprechen, nicht einer Asymmetrie zu Lasten des Vorsichtsprinzips in der Risikoeinschätzung Vorrang gegeben wird.

Folgen des Klimawandels für Deutschland bis ~ 2040



Wetterelement	Erwartete Änderung	Auswirkungen	Verlässlichkeit
Temperatur	1,7 Grad wärmer als 1900, v.a. Winter und Nächte wärmer	früherer Pflanzenaustrieb, vermehrter Hitzestress, Rückgang des Permafrosts in den Alpen (mehr Felsstürze)	sehr gut
Hitzeperioden	häufiger, stärker	hohe Gesundheitsbelastung und Stress für die Biosphäre, mehr Waldbrände	sehr gut
Trocken-/Dürreperioden	häufiger	Land- und Energiewirtschaft sowie Binnenschifffahrt betroffen, erhöhtes Waldbrandrisiko	befriedigend
Alpengletscher	60% Flächen- und 80% Massenverlust gegenüber 1850	extreme Abflussschwankungen	sehr gut
Gewitter	intensiver	erhöhte Risiken durch Starkregen, Hagel, Sturmböen	befriedigend
Blitze	viel häufiger	erhöhte Schäden	gut
Tornados	häufiger	erhöhte Schäden	gering
Niederschlag	Sommer trockener, Herbst und Winter nasser mit mehr Regen statt Schnee, Ergiebigkeit von Einzelereignissen deutlich höher als bekannt	erhöhte Überschwemmungsgefahr (u.a. wegen unterdimensionierter Entwässerungssysteme)	gut
Meeresspiegelanstieg	ca. 10 cm gegenüber heute	Gefährdung der Nord- und Ostseeküste	sehr gut
Sturmfluten	bis zu 20 cm höher auflaufend	stärkere Gefährdung der Nordseeküste	gut
Ozonschicht	größte Ausdünnung um ca. 2010, nur langsame Erholung	langfristig erhöhte UV-Belastung, erhöhtes Risiko von Hauterkrankungen	gut
Außertropische (Winter-) Stürme	Tendenz zu heftigeren Stürmen, evtl. weniger Stürmen bei veränderten Zugbahnen	erhebliches Schadensrisiko	unsicher
Luftrübung, Aerosole	unsicher		unsicher

Quelle: Deutsche Meteorologische Gesellschaft, 2007

Tab. 1: Die Klimaforschung erwartet nahezu in der gesamten physischen Sphäre der Erde Auswirkungen durch den Klimawandel. Dazu kommen weitere Veränderungen beispielsweise bei Krankheitserregern.

Neue Risiken bedeuten aber auch neue Chancen für die Versicherungswirtschaft

Motiviert durch die Verantwortung als weltweit tätiger Konzern, sich neuen gesellschaftlichen Fragen offensiv zu stellen, und aufgrund der dramatischen Schadenentwicklungen steuert die Münchener Rück konsequent den vom Menschen verursachten Schadenfaktoren entgegen: Wir bündeln unsere Aktivitäten zum Thema Klimaänderung über ein Netzwerk von Experten aus allen unseren Unternehmensbereichen, die vom Klimawandel betroffen sind. Dazu gehört das Angebot von Deckungen einerseits für neue Technologien, um CO₂-Emissionen zu reduzieren, andererseits auch Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel.

Dass es sich auch wirtschaftlich rechnet, in Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels und in die Reduzierung von Treibhausgasemissionen zu investieren, vertritt auch der ehemalige Chefökonom der Weltbank, Sir Nicholas Stern. Eine der Kernaussagen seiner im Herbst 2006 veröffentlichten und weltweit als richtungsweisend anerkannten Studie („Stern Review on the Economics of Climate Change“): Der Klimawandel ist das größte Marktversagen, das es jemals gab – einziger wirtschaftlich sinnvoller Ausweg: sofortiges Handeln!

Das bedeutet:

- Erfüllung der ambitionierten CO₂-Ziele mittels konkreter Gesetzgebungsverfahren und Vorgaben zur Energiegewinnung und -effizienz,
- Einsatz neuer Technologien zur Energiegewinnung und neue Bauweisen zur Energieverbrauchsminderung,
- Nutzung neuer Mechanismen zur (Weiter-)Entwicklung des Handels mit CO₂-Emissionsrechten.

Investoren sind durch diese Entwicklungen mit ganz neuen Risiken konfrontiert. Sofern Sie über umfangreiches Knowhow zu neuen Technologien und Erfahrung mit Änderungsrisiken verfügen, ergeben sich daraus für professionelle Risikoträger weitere Geschäftsfelder. Um diese erfolgreich und nachhaltig entwickeln zu können, bedarf es zweier zusätzlicher Komponenten: Kapital- und Innovationskraft – beides ausgewiesene Stärken der Münchener-Rück-Gruppe.

Wind- und Sonnenenergie sind unverzichtbare Elemente, um CO₂ einzusparen. Zukünftig werden weitere Technologien – beispielsweise Geothermie, Bioenergie, Wasserstofftechnik, Aufwindkraftwerke, Gezeiten- oder Wellenkraftwerke – eine wichtige Rolle spielen. Doch die Anlagentechnik ist noch neu, Investoren und Betreiber benötigen Sicherheit durch neue Risikotransferlösungen. Damit eröffnen sich außeror-

dentliche wirtschaftliche Potenziale in einer dynamischen Wachstumsbranche.

Zwei Beispiele:

- Bereits seit 2001 beteiligt sich die Münchener Rück als Erst- und Rückversicherer am Bau und am Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen. Aufgrund der hohen Risiken und des regulatorischen Umfelds an deutschen Standorten gibt es diese Form des Ökostroms bisher nur im Ausland – mit der Münchener Rück als einem der Marktführer.
- Vulkane, Geysire, heiße Quellen: An manchen Stellen der Erdoberfläche wird besonders sichtbar, welche gewaltige Energie sich im Innern der Erde verbirgt. Moderne Techniken machen die klimafreundliche und regenerative Ressource Erdwärme nutzbar; die größte Hürde für Investoren ist bislang das Fündigkeitsrisiko – auch dafür gibt es aber bereits Versicherungslösungen.

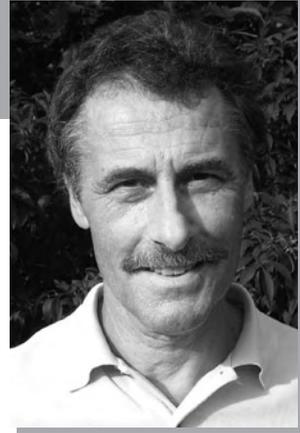
Für die Versicherungswirtschaft bedeutet der Klimawandel also zugleich Risiko und Chance. Die Münchener Rück erklärte diese Herausforderung als strategisches Thema und verfolgt damit einen umfassenden Strategieansatz. Neben der rein ökonomischen Fokussierung auf den Klimawandel nehmen wir aber auch gesellschaftliche Verantwortung wahr: Durch Information und Offenlegung von Schadenentwicklungen, durch unser Wissen im Bereich der Schadenverhütung, aber auch mit dem Ziel, alle Geschäftsaktivitäten am Standort München bis 2009 und in der Rückversicherungsgruppe weltweit bis 2012 klimaneutral zu gestalten.

Ernst Rauch
Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft AG
Geo Risiko Forschung
Königinstraße 107, 80802 München
Tel. (0 89) 38 91-52 86
Fax (089) 38 91-7 52 86
E-Mail: ERauch@munichre.com

Soziale und psychische Folgen des Klimawandels

Annäherungen aus sozialwissenschaftlicher Sicht

Ulrich Stöbel



Einleitung

Glaubt man den in der Tagespresse oft holzschnittartig verbreiteten Meldungen, dann sind drei Viertel aller Deutschen über den Klimawandel besorgt (WWF 2003), 69% der Deutschen erwarten eine Klimakatastrophe (SPIEGEL Online 2006) und auch im benachbarten Österreich wird der Klimawandel von 90% der Befragten als Bedrohung empfunden, die schon persönliche Auswirkungen gehabt habe (2007). In einer Internetumfrage der FAZ-Net vom Juli 2007 hielten indes rund 30% der insgesamt über 50.000 Online-Befragten alles nur für Panikmache, ein weiteres Viertel sah die Politik am Zuge, die endlich handeln müsse, und jeder Fünfte sah unsere Zivilisation auf dem Spiel stehend, jeder Zehnte hielt die Katastrophe noch für abwendbar und immerhin jeder Siebte fand sogar, dass es schön wäre, wenn es endlich wärmer würde.

Im jüngst veröffentlichten „National Survey on Drug Use and Health“ wurde ein interessantes Ergebnis berichtet, das den Zusammenhang von Ereignis (Hurricanes) und Folgen (psychische Störungen und Suchtmittelgebrauch) schon anschaulicher werden lässt:

In den Golfregionen, die 2005 von den Hurricanes Katrina und Rita betroffen waren, lag der Gebrauch von Marihuana (gemessen im zurückliegenden Monat vor der Befragung) ein Jahr nach den Hurricans bei den 18-Jährigen und älteren eher niedriger als im Jahr vor dem Hurrican. Hingegen wurde bei denjenigen, die mindestens zwei Wochen aus ihren Wohnungen ausziehen mussten, erhöhte Raten für illegalen Drogengebrauch, Zigarettenkonsum und ernste psychische Störungen wie schwere Depressionen und eine Unterversorgung mit psychologischen Betreuungs- und Beratungsangeboten festgestellt (NSDUH Report 2008).

Diese wenigen Beispiele mögen genügen, um die komplexe Gemengelage zwischen subjektiv erlebter Bedrohung und von der Klimafolgenforschung tatsächlich prognostizierten Folgen auf die Psyche und die Sozialbedingungen nicht nur in unserer Gesellschaft haben können.

In diesem Beitrag soll deshalb versucht werden, ausgehend vom Begriff des Risikos und dem der Gefahr psychologische und soziologische Konnotationen dieses Begriffes kurz herauszuarbeiten, um dann zu beleuchten, inwieweit diesen Risiko- bzw. Gefahrenfolgen auch ein gesundheitlicher Wert zukommt, der das Handeln der Public Health-Wissenschaftler und -Praktiker schon heute erforderlich macht.

Risiko, Gefahr und Folgenwahrnehmung

Auch wenn die vom Systemtheoretiker Luhmann (2003) getroffene Unterscheidung zwischen dem Begriff des Risikos als der eher bewusst durch menschliche Entscheidungen aufgenommen Gefahr und solchen Gefahren, die aus vom Menschen nicht beeinflussbaren Störungen in Natur oder Technik herrühren, nicht von allen geteilt wird, so ist diese operationale Differenzierung dennoch hilfreich für die Analyse dessen, was man als Risikowahrnehmung und durch Risikokommunikation beeinflussbare Wahrnehmung bezeichnen kann.

In einer verdienstvollen Übersichtsarbeit von Schütz und Wiedemann (2003) wurde herausgearbeitet, welche Einflüsse auf die weitgehend intuitive Risikobeurteilung von Individuen Einfluss nehmen. Der dazu erforderliche wissenschaftliche Zugang über Messungen kann auf die Einschätzung von Risikoquellen, Risikopotenzialen, aber auch auf sog. qualitative Dimensionen des Risikos wie die Freiwilligkeit des Eingehens eines Risikos bezogen werden.

Eine Gruppe um einen der führenden Forscher im Bereich der Risikowahrnehmung (Slovic et al., 1980) ermittelte mittels psychometrischer Verfahren drei wesentliche Faktoren für die Risikowahrnehmung, die eine gewisse Analogie auch zur krankheitsassoziierten Risikowahrnehmung eröffnen:

- Schrecklichkeit des Risikos (Schrecklichkeit, Unkontrolliertheit, Risikoschwere, großes Katastrophenpotenzial)
- Bekanntheit des Risikos (den Betroffenen unbekannt, wissenschaftlich ungeklärt, neuartiges Risiko, nicht wahrnehmbar)
- Zahl der Betroffenen (Anzahl Risikoexponierter)

Die wichtigste Bedeutung wird dabei dem ersten Faktor, also der Schrecklichkeit

des Risikos, zugeschrieben. Allerdings bedarf auch eine solche Operationalisierung der Differenzierung nach Alters- und Geschlechtsgesichtspunkten, da lebens- und möglicherweise auch katastrophenerfahrene Menschen vermutlich eine andere Risikowahrnehmung haben als jüngere Menschen, die bestimmte Risiken noch gar nicht kennen. Dass aber die intuitive Risikowahrnehmung nicht nur aus sich selbst heraus entsteht, sondern sozusagen auch wissenschaftsanthropogen sein kann, lehren uns die zum Teil widersprüchlichen Verlautbarungen von Wissenschaftlern über die möglichen Folgen des Klimawandels, die es dem Laien schwer machen, rational das ihn betreffende Risiko und dessen Folgen für ihn abzuwägen (vgl. Die Zeit Online 2008).

Gleichfalls kann man festhalten, dass in Deutschland die Zahl derjenigen, die sehr besorgt über den Klimawandel sind, überdurchschnittlich hoch ist, wenn man es mit dem engeren und weiteren Kreis der EU-Staaten vergleicht (vgl. Abb. 1).

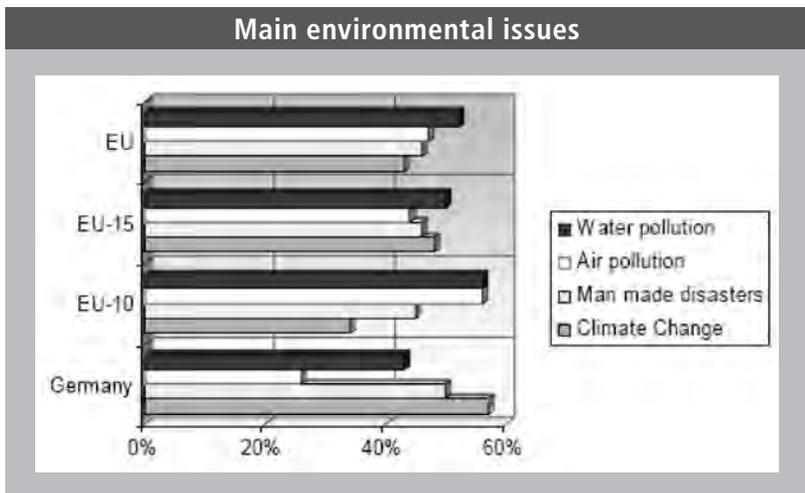


Abbildung 1: Europäischer Umweltsurvey. Die wichtigsten Umweltthemen im Urteil der EU-Bevölkerungen (Quelle: Weber 2006, S. 19)

Insoweit trifft das von der WHO für die Jahre 2008 und 2009 gewählte Leitthema „Klimawandel und Gesundheit“ hier bei uns scheinbar auf eine höhere Sensibilität als in den anderen EU-Staaten. Die Chancen und die Herausforderungen für die Public Health-Gemeinde, dieses Thema für multisektorale Aktionen zu nutzen, um geeignete Umwelt- und Sozialbedingungen für den Erhalt der Bevölkerungsgesundheit zu schaffen, scheinen deshalb weiter entwickelt als in anderen vergleichbaren Ländern.

McMichael (2008) hilft uns, mit der Einblendung der geschichtlichen Entwicklung umweltmedizinischer Fortschritte in den hoch entwickelten Industrieländern besser zu verstehen, auf welcher Grundlage unser heutiges Bewusstsein über eine notwendige Reduzierung gesundheitsgefährdender Zerstörungsmechanismen der geophysikalischen und ökologischen Systeme basiert. Die im späten 19. Jahrhundert erkennbaren Fortschritte in der Sanitärentwicklung, in der urbanen Müllentsorgung, der Lebensmittelsicherheit, der häuslichen Hygiene zur Vermeidung von Infektionskrankheiten und der im späten 20. Jahrhundert sichtbaren Errungenschaften in der Umwelt- und Arbeitsgesetzgebung und sie begleitender Politiken, insbesondere in der Reduzierung der Exposition gegenüber giftigen Chemikalien, der Luftverschmutzung, Schwermetallen sowie industriellen und landwirtschaftlichen Chemieabfällen, gibt uns eine Vorstellung davon, vor welchen Herausforderungen wir jetzt im 21. Jahrhundert stehen. Folgt man dem von der WHO und anderen vorgelegten Modellen der durch den Klimawandel hervorgerufenen Auswirkungen, die sich in regionalen Wetterveränderungen mit zunehmenden Hitzewellen, Extremwetterauschlägen, Temperaturschwankungen und Niederschlägen zeigen können, so können sich diese Wetterveränderungen auf unterschiedliche Weise als Gesundheitseffekte auswirken.

Unter dem hier gestellten Thema interessieren insbesondere solche moderierenden Einflüsse, die über sozioökonomische und demografische Faktoren auf solche Effekte einwirken, die von der WHO in ihrer Modellvorstellung als geistige, ernährungs- und infektionsbezogene sowie andere gesundheitliche Auswirkungen bezogen werden können. Der Begriff der anderen gesundheitlichen Auswirkungen kann implizit auch die psychischen und sozialen Folgen des Klimawandels meinen, wird aber weder in den Verlautbarungen der WHO noch im Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007) direkt adressiert.

„Insofern war das Studium der Klimawahrnehmung in der Klimagemeinschaft kein besonders Thema und wird deshalb auch nicht direkt im Panel zum Klimawandel der IPCC angesprochen. Nichtsdestotrotz bieten aber Geowissenschaftler, Anthropologen, Soziologen und Psychologen interessante Einblicke in die Prozesse menschlicher Wahrnehmung, Interpretation, Kommunikation und Reaktion zum Klimawandel“ (MEZE-Hausken, 2007, S. 1, eig. Übers.).

Annäherung über Erklärungsmodelle

Die hier teilweise angesprochenen Wissenschaftsdisziplinen wie die Soziologie, die Anthropologie, die Psychologie und die Sozialpsychologie, die Politikwissenschaften, Wirtschafts- und Versicherungswissenschaften, aber auch Erziehungswissenschaften, Ethik, Philosophie, Theologie und mögliche andere, werden hier nicht zu Unrecht noch

mit einer gewissen Beliebigkeit aufgezählt, ohne dass es bereits eine interdisziplinäre und paradigmatische Ausrichtung einer Klimafolgenforschung dieser sozial- und geisteswissenschaftlichen Disziplinen gäbe. Insofern lassen sich im Moment auch nur steinbruchartig Erkenntnisse zusammentragen, die uns helfen können, forschungs- und praxisbezogene Herausforderungen der Klimafolgen für die Sozialbedingungen und die Psyche von Menschen zu untersuchen. Dabei hat die WHO selbst (McMichael et al., 2003) in ihrer Beschäftigung mit dem Thema „Klimawandel und menschliche Gesundheit“ bereits eine Reihe von Schlüsselbegriffen benutzt, die für diese Art Folgenforschung und daraus ableitbare Praxiskonsequenzen Orientierung geben können. Diese Begrifflichkeit lässt sich auch aus einer Empfehlung und Weiterentwicklung der von der Enquête-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ bereits 1990 vorgelegten und von Hartmuth (2002) weiter bearbeiteten Systematik herleiten. Danach rechnen die psychosozialen Faktoren zu den sog. distalen, also nicht unmittelbar den Klimawandel auslösenden Faktoren. Im Einzelnen werden zu den distalen Ursachen gerechnet:

- psychosoziale Faktoren (Wahrnehmung, Wissen, Einstellung/Werte, Anreize/Kosten, Handlungsmöglichkeiten, Verhalten Dritter),
- das Bevölkerungswachstum,
- das Wirtschaftswachstum,
- die technologische Entwicklung,
- politische und ökonomische Strukturen (Hartmuth 2002, S. 24)

Die Klimafolgenforschung hätte also für diesen Bereich die Aufgabe, den vom Menschen gemachten anthropogenen Klimawandel auf diesen Wirkungsebenen näher zu untersuchen und durch Verhinderungs- und Abschwächungsmaßnahmen dazu beizutragen, dass die gemutmaßten Klimafolgen nicht oder nur in abgeschwächter Form auftreten. Diese sog. Entlastungsebene (Mitigation) gilt es zu unterscheiden von der Anpassungsebene (Adaptation), die weniger primär- oder sekundär- als tertiärpräventiv versucht, sich eingetretenen, unabänderlichen Veränderungen anzupassen. Als Schlüsselbegriff in diesem Zusammenhang werden dann i.d.R. der Begriff des Anpassungsvermögens und seiner Determinanten, wirtschaftliche und technologische Ressourcen, die Gewinnung und Verarbeitung von klimawandelbezogenen Informationen, die für die präventiven wie anpassungsbezogenen Maßnahmen gleichermaßen wichtigen Infrastrukturen in Kommunen, Regionen und Ländern sowie das Vorhandensein und die Fähigkeiten von einschlägigen Institutionen des Gesundheitsschutzes, auf klimainduzierte Veränderungen mit angemessenen institutionellen Angeboten zu reagieren, genannt.

Aus soziologischer Sicht tritt aber noch ein Schlüsselbegriff hinzu, der solche Veränderungs- bzw. Anpassungsprozesse auch unter dem Gesichtspunkt analysiert, inwie-

weit sie ein Gleichheitsgebot verfolgen und vorbestehende soziale Benachteiligungen bestimmter Sozialgruppen nicht zu einem zusätzlichen Erschwernis für die vom Klimawandel betroffenen Menschen werden lässt. Ein vorbestehender Sozial- und Gesundheitsstatus und vorbestehende Krankheitslasten sind deswegen genauso in den Blick zu nehmen und als Forschungsbedarf zu deklarieren.

Eine andere Annäherung kann gewählt werden mit dem Begriff der sozialen Vulnerabilität durch den Klimawandel.

„Unsere Argumentation ist, dass die für die Vulnerabilität bestimmenden sozioökonomischen und biophysikalischen Prozesse sich auf einer lokalen, nationalen, regionalen und globalen Ebene manifestieren, dass aber das Ausmaß der Vulnerabilität an eine bestimmte Bevölkerung geknüpft ist.“ (Adger&Kelly, 1999, S. 253; eig. Übers.)

Dieses Vulnerabilitätskonzept setzt also auf einer eher sozioökonomischen Ebene an und versucht über die Bildung sog. Vulnerabilitätsindikatoren wie Armut, Ungleichheit und institutionelle Adaptation abbildbar zu machen, welche gesellschaftlichen Gruppen möglicherweise vulnerabler als andere sind.

Flankiert werden könnten solche Überlegungen von Erklärungs- und Forschungsansätzen wie sie zum Teil mit Bezug zu Theorien des gesundheitsbezogenen Risikoverhaltens aufgestellt worden sind. Der wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung über globale Umweltveränderungen hat diese einmal in folgender Weise zusammengestellt:

- Wahrnehmung und Bewertung von Umweltgegebenheiten,
- wahrgenommene Handlungskonsequenzen,
- handlungsrelevantes Wissen und Informationsverarbeitungsprozesse,
- Einstellungen und Werthaltungen,
- Handlungsanreize (ökonomische und soziale Motivation),
- wahrgenommene Handlungsangebote und -möglichkeiten,
- wahrgenommene Handlungen von Bezugsgruppen und Modellpersonen (vgl. Hartmuth 2002, S. 19).

Wie Grothmann (2005) in einer Übersicht über Einflussfaktoren und Theorien der Naturgefahrenvorsorge festgestellt hat, sind für die Art von Anpassungsüberlegungen und die Art der Wahrnehmung zur Abwendung schädlicher Folgen des Klimawandels hypothetisch Konzepte gerechtfertigt, die sich auf folgende psychologische und soziologische Aspekte richten können:

- ‚Locus of Control‘,
- Fatalismus,
- wahrgenommene Verantwortung,
- Schutzmotivationstheorie und ‚Person-relative-to-Event (PrE)‘-Modell,
- Persönlichkeitseigenschaften,
- demografische und sozioökonomische Faktoren,
- Vorerfahrung mit extremen Naturereignissen,
- Informationen aus der sozialen Umwelt,
- Informationssuche,
- objektive Gefährdungslage,
- frühere Vorsorgeaktivitäten,
- Vorsorgeabsichten (vgl. Grothmann 2005)

Risikoperzeptionen als Forschungsgegenstand

Das Wissen um mögliche hypothetische Beziehungen zwischen sozialen Systemen, der Risikoperzeption des Einzelnen und den möglichen sozialen und psychischen Folgen für die Person und ihre soziale Umwelt ist allerdings in Deutschland weitaus weniger Gegenstand wissenschaftlicher Erkenntnis gewesen als etwa in den USA, in denen sehr viel mehr Studien über psychologische Einflussfaktoren der privaten Naturgefahrenvorsorge durchgeführt worden sind.

Ein weiterer kritischen Moment betrifft die Tatsache, dass aussagekräftigere Längsschnittstudien mit der Bildung von Vergleichsregionen mit und ohne Expositionen eigentlich fehlen und wir weitestgehend Erkenntnisse nutzen müssen, die aus querschnittlichen und manchmal eher Stimmungen einfangenden demoskopischen Erhebungen resultieren.

Komplexe Untersuchungsdesigns wie sie beispielsweise Grothmann (2005) mit Bezug zu den durch Hochwasser beeinträchtigten Regionen im Elbegebiet und im Rheingebiet einmal verwendet hat, indem er Kontextbedingungen, innerpsychische Einflussfaktoren und -prozesse sowie das daraus erfolgende Handeln untersucht hat, haben nur bedingt signifikante Bestätigung für einige der hypothetisch angenommenen Wirkzusammenhänge geliefert. Seine Erkenntnisse lassen sich dahingehend zusammenfassen, dass es wohl kein konsistentes Bewertungs- und Bewältigungsmuster prospektiver Art gibt, dass auf die gemutmaßten Folgen des Klimawandels in ausschließlich rationaler Weise angewandt wird.

Die Sozialpsychologie mit ihren Experimentalstudien hat einige Belege dafür gefunden, dass wir Menschen uns in solchen Situationen in einem sozialen Dilemma befinden.

Was gut für uns selbst ist, muss sich in der Summe aller so Denkender und Handelnder nicht als gut für die Gesamtheit erweisen. Individueller und gesellschaftlicher Nutzen und Schaden können in der Wahrnehmung auseinanderfallen.

Im querschnittlich angelegten Risikosurvey Baden-Württemberg (Zwick&Renn 2002; Höhle 2002) wurden 1.500 Personen danach befragt, welchen persönlichen Nutzen und welche persönliche Bedrohung von bestimmten Umweltbedingungen ausgehen könnte. Wie Abb. 2 zeigt, wird der persönliche Nutzen durch Handys, durch Atomkraftwerke und durch den (mit dem Klimawandel assoziierbaren) Kfz-Verkehr für sich selbst höher eingeschätzt als die daraus für einen selbst resultierende Bedrohung. Bezieht man eine solche Fragestellung nicht auf den persönlichen, sondern den gesellschaftlichen Nutzen und die gesellschaftlichen Gefahren, so finden sich hier (vgl. Abb. 3) gerade bei der Einschätzung des Kfz-Verkehrs andere Ausschläge im Bilanzurteil. Die gesellschaftlichen Gefahren durch den Kfz-Verkehr werden deutlich stärker veranschlagt als die persönlichen Gefahren.

Ein solches Ergebnis deckt sich recht gut mit Studienergebnissen aus den USA (vgl. Leiserowitz et al., 2005), die in einem repräsentativen Bevölkerungssurvey verglei-

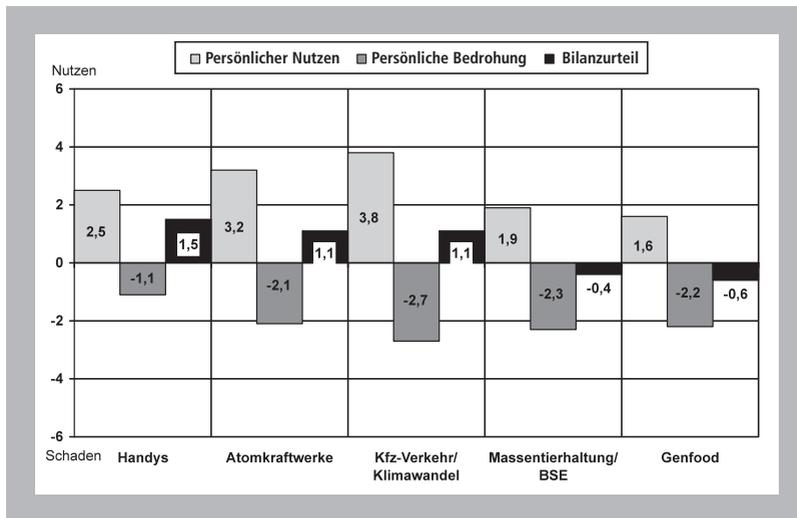


Abbildung 2: Umweltsurvey Baden-Württemberg 2001; Einschätzung des persönlichen Nutzens und Schadens und Bilanzurteil (Differenz) bei n=1.500 Befragten in Baden-Württemberg (Quelle: Renn&Zwick 2002)

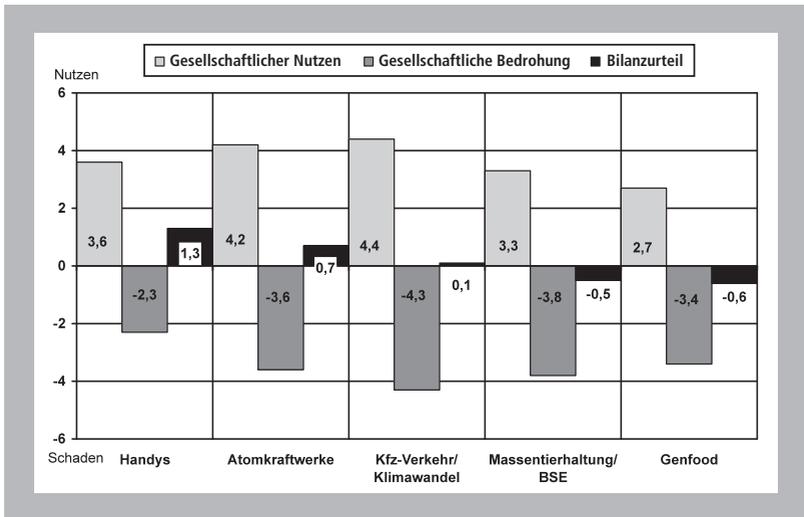


Abbildung 3: Umweltsurvey Baden-Württemberg 2001; Einschätzung des gesellschaftlichen Nutzens und Schadens und Bilanzurteil (Differenz) bei n=1.500 Befragten in Baden-Württemberg (Quelle: Renn&Zwick 2002)

chend die Einschätzung zu globalen und lokalen Bedrohungen durch bestimmte Umwelteinflüsse erfragt haben. Zunehmende Wasserknappheit, eine Zunahme von Erkrankungen oder eine Abnahme des Lebensstandards werden durchgängig eher für ein globales als ein lokales und damit sie selbst betreffendes Risiko angesehen.

Betrachtet man das in Abb. 4 veranschaulichte Ergebnis, so kommt dem Klimawandel in dieser amerikanischen Studie in der Perception der Befragten eine geringere Bedrohlichkeit zu wie z.B. die Eisschmelze, zunehmende Hitze, Naturzerstörung und die Schädigung der Ozonschicht. Interessant wird dieses Ergebnis aber erst dann, wenn man sich nicht nur die gemutmaßte Bedrohung, sondern auch die Stärke dieser Bedrohung genauer anschaut. Interessanterweise ist es hier der Klimawandel, von dem sich die Befragten am wenigsten in negativer Weise affiziert fühlen.

Andere Erhebungen, die europaweit die Wahrnehmung der Auswirkungen von heißen und trockenen Sommern auf das Alltagsleben untersucht haben (vgl. Weber 2006), fanden ebenfalls das erstaunliche Ergebnis, dass die Assoziation zwischen Klimawandel und beeinträchtigter Gesundheit im Bewusstsein der Befragten zum Teil deutlich hinter anderen Folgeassoziationen rangiert.

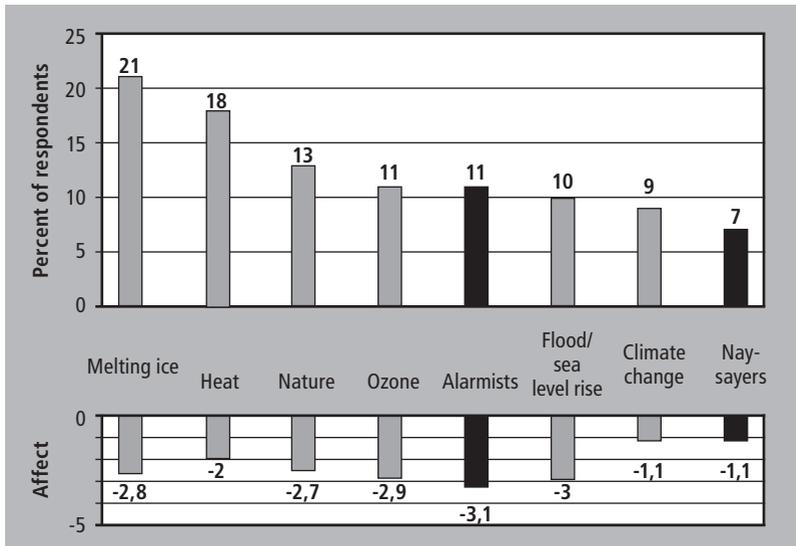


Abbildung 4: Risikoperzeption bestimmter Naturgefahren und Klimafolgen und Ausmaß der persönlichen Betroffenheit in der nordamerikanischen Bevölkerung (1=niedrig bis 4=hoch)
 (Quelle: Leiserowitz 2005, S. 1438)

Auch an anderer Stelle des Eurobarometers wird im Sinne der Ermittlung des Anpassungsvermögens an die Zunahme von heißen und trockenen Sommern ein Phänomen beobachtbar, das im Sinne der Vorbeugung gegen Klimawandel nicht unbedeutend zu sein scheint. Danach gefragt, wie schwer oder leicht es den Befragten fallen würde, Änderungen in ihrer Lebenswelt zu akzeptieren, zeigte sich folgendes Gefälle: Am leichtesten schienen den Befragten die Reduktion des Energieverbrauchs im häuslichen Umfeld zu sein, gefolgt von der Abstandnahme von ferntouristischen Reisen. Vorrangig waren es ökonomische Folgen, die den Befragten Sorgen bereiteten, weil Vorbeugestrategien mit höheren Preisen für Energie und höheren Steuern im Sinne von Ökotonen belegt sein würden.

Damit wird deutlich, dass man die Frage der Beobachtung möglicher Folgen des Klimawandels nicht ausschließlich auf intrapsychische Wahrnehmungs- und Bewältigungsprozesse reduzieren kann, sondern dass auch externe sozioökonomische Anreiz- und Sanktionserwartungen für das eigene Verhalten eine nicht unwichtige Rolle spielen dürften.

Unter den psychosozialen Einflussfaktoren, die für eine Folgenabschätzung wichtig sind, spielen aber auch solche eine nicht unerhebliche Rolle, die benennen, wie wir zu Einstellungen und Werthaltungen sozialisiert werden, die uns letztlich eine bestimmte Urteilsheuristik auf den Klimawandel, seine Verursachung und die daraus ableitbare Verantwortung für sich selbst und andere zur Gegensteuerung wählen lassen.

Im Eurobarometer wurden vier Einstellungshorizonte in Typologien aggregiert, um im Hinblick auf das Adaptationsvermögen bzw. das Verhinderungs- und Vermeidungspotenzial Aussagen treffen zu können. Von den deutschen Befragten, die in dieser Studie an den anthropogenen Klimawandel glaubten, konnte man 31% zu den Fatalisten rechnen, 20% zu den Optimisten, 25% zu denjenigen, die sich für Begrenzungen (seitens der Politik) aussprachen und 10% zu jenen, die den Menschen für adaptierbar hielten.

Die Bedeutung der Risikokommunikation im Public Health-Kontext

Ein solches Bild wirft die Frage auf, welche sozialisatorischen Einflüsse welchen gesellschaftlichen Kommunikationsinstanzen zukommen. Eine jüngst von Brauerhoch und anderen (2008) vorgelegte Studie diskutiert, vor welchen Herausforderungen öffentliche Institutionen in der Risikokommunikation stehen. Die Autoren verweisen darauf, dass entscheidend für eine Annäherung zwischen den von Wissenschaftlern festgestellten und über Wahrscheinlichkeitsannahmen prognostizierten Bedrohungen durch die Folgen des Klimawandels und den von den „Klima-Laien“ wahrgenommenen Bedrohungen Diskrepanzen bestehen, die in der Risikokommunikation von allen Beteiligten wahrgenommen werden müssen.

Die eingangs beschriebene und für eher schädlich gehaltene Form der Risikokommunikation, wie sie von Teilen der Medien mit plakativen und holzschnittartigen Überzeichnungen der Situation gezeichnet wird, muss abgelöst werden von einer Risikokommunikation, die vor allem die „Klima-Laien“ verstehens- und entscheidungsfähiger macht. Hier kommt der Public Health in wissenschaftlicher und praktischer Hinsicht eine Schlüsselfunktion zu, wie sie kürzlich auch vom (nordamerikanischen) Public Health Functions Steering Committee (Frumkin et al. 2008) programmatisch vorgestellt worden ist:

- Monitoring von Krankheiten und Trends in Bezug zum Klimawandel
- Untersuchung der Ausbrüche von durch Wasser, Lebensmittel oder Überträger ausgelösten Infektionskrankheiten
- Informierung der Öffentlichkeit und politischen Entscheidungsträger über den Einfluss des Klimawandels auf die Gesundheit
- Bildung von Public Health-Partnerschaften mit der Industrie, anderen Berufsgruppen

pen und anderen vertrauenswürdigen Gruppen zur Erzeugung und Durchsetzung von Lösungen

- Entwicklung von Vorbereitungsstrategien für Hitzewellen auf Gemeindeebene
- Bereitstellung einer angemessenen Gesundheitsversorgung nach Katastrophen
- Ausbildung von Gesundheitsversorgern über klimabezogene Gesundheitsaspekte
- Abschätzung der Wirksamkeit von Programmen wie z.B. Masterplänen zur Vorbereitung auf den Umgang mit Hitzewellen
- Forschung über Gesundheitsauswirkungen des Klimawandels unter Einschluss von innovativen Untersuchungsverfahren wie Modellbildungen und Forschung zu optimalen Anpassungsstrategien (N. Frumkin et al. 2008, S.438)

Ähnliche Bestimmungen der Handlungsfelder der Public Health finden sich bei Hornberg&Pauli (2008) und Stöbel&Matzarakis (2008).

Das Thema „Globaler Klimawandel und dessen Folgen für die Gesundheit“ mit seinen psychischen und sozialen Anteilen kann aber nicht nur bedeuten, den Blick auf das eigene geographische Territorium und die eigene Kultur zu lenken, sondern muss bewusst machen, dass viele der gedachten Anpassungs- und Präventionsmaßnahmen nur im globalen Kontext denkbar sind. Dies schließt nicht aus, dass der Satz „Global denken, lokal handeln“ auch für die Klimafolgendebeate Gültigkeit hat. Insofern benötigen wir auch Ansätze der Migrationsforschung, der Vulnerabilitätsforschung und nicht zuletzt der kulturwissenschaftlichen Betrachtung der Risikowahrnehmung und des Risikoverhaltens von Menschen und Gesellschaften.

Wie ausgeprägt die Fähigkeit in der Bevölkerung zur Verdrängung ist, ließ uns jüngst Drommet (2008) in der ZEIT wissen:

„Was macht eigentlich das Waldsterben? Was ist aus der Seuche BSE geworden und ihrem schrecklichen Anhängsel, der Creutzfeldt-Jakob-Krankheit, oder aus SARS und der Vogelgrippe, Epidemien, die vor wenigen Jahren noch die Menschheit zu dezimieren drohten? Eben noch übermächtige Risiken, heute Schnee von gestern. Nichts ist so langweilig wie die Apokalypse vom letzten Jahr.“ Der Artikel endet mit dem Satz: „Da stellt sich der Eindruck ein, wir seien ein Volk von tollkühnen Angsthasen.“

Literatur

- Adger WN, Kelly PM. Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 1999; 4: 253-266.
- Brauerhoch F-O, Ewen C, Sinemus K. Risikokommunikation – eine Herausforderung für öffentliche Institutionen. *Umweltmedizinischer Informationsdienst (UMID)* 1/2008: 16-20.
- Drommert J. Die Angsthasen. Verbraucher bewerten Gefahren meist nach Gefühl. *Die Zeit*, 27.3.2008.
- Frumkin H, Hess J, Luber G et al. Climate Change: The Public Health Response. *American Journal of Public Health* 2008; 98: 435-445.
- Grothmann T. Klimawandel, Wetterextreme und private Schadensprävention. Inaug.-Dissertation, Universität Magdeburg, Eigenverlag 2005 (URL: http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=978782518&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=978782518.pdf).
- Hartmuth G. Soziale Repräsentationen des anthropogenen Klimawandels auf Sylt. Inaug.-Dissertation, Universität Magdeburg 2002 (URL: http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=965012603&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=965012603.pdf).
- Höhle E. Der globale Klimawandel im Verständnis der Öffentlichkeit. In: Zwick MM, Renn O (Hrsg.): *Wahrnehmung und Bewertung von Risiken. Ergebnisse des „Risiko-Survey Baden-Württemberg 2001“*. Arbeitsbericht 202 der TA-Akademie, Stuttgart 2002; 120-135.
- Hornberg C, Pauli A. Klimawandel und Gesundheit – Globale Verursachung und lokale Problemfelder. *Impulse – Newsletter zur Gesundheitsförderung* 2008; 58: 15.
- Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (2007) (Seitenaufwurf vom 9.4.2008: <http://www.ipcc.ch/>).
- Leiserowitz AA. American risk perceptions: Is climate change dangerous. *Risk analysis*. 2005; 25: 1433-1442 (DOI: 10.1111/j.1540-6261.2005.00690.x).
- Luhmann N. *Soziologie des Risikos*. De Gruyter, Berlin/New York 2003.
- McMichael AJ. Public Health, the environment and the 21st century: a wider field of vision (Editorial). *European Journal of Public Health* 2008; 18: 101 (DOI: 10.1093/eurpub/ckn008).
- McMichael AJ, Campbell-Landrum DH, Corvalán CF et al. (eds.). *Climate change and health*. WHO, Geneva 2003.
- Meze-Hausken E. Grasping climate perceptions as an issue of measuring climate impacts on society. *Int J Biometeorol* 2007; 52: 1-2 (DOI: 10.1007/s00484-007-0114-7).
- SAMHSA (2008) *Impact of Hurricanes Katrina and Rita on Substance Use and Mental Health*. In: *The NSDUH Report, January 31, 2008* (Seitenaufwurf vom 9.4.2008: <http://www.oas.samhsa.gov/2k8/katrina/katrina.htm>).
- Schütz H, Wiedemann PM. Risikowahrnehmung in der Gesellschaft. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 2003; 46: 549-554.
- Slovic P, Fischhoff B, Lichtenstein S. Facts and fears: Understanding perceived risk. In: Schwing RC, Albers WA (eds.) *Societal risk assessment: How safe is safe enough*. Plenum Press, New York 1980; 181-214.
- Stöbel, U., Matzarakis, A. Soziale und psychische Folgen des Klimawandels sowie ihre Wahrnehmung und Bewertung durch den Menschen. In: Lozán JL, Graßl H, Jendritzky G et al. (Hrsg.) *Warnsignal Klima – Gesundheitsrisiken*. Verlag Wiss. Auswertungen in Kooperation mit GEO, Hamburg 2008; 126-131.

Weber M. The Global Climate Challenge – How does individual action correspond to global climate policy? 2006 (Seitenaufwurf vom 9.4.2008: http://www.sozial-oekologische-forschung.org/intern/upload/literatur/DP_0206_Melanie_Weber_neu.pdf).

Zeit Online (2008) Erbitterter Konkurrenzkampf. Seitenaufwurf vom 9.4.2008: <http://www.zeit.de/online/2007/06/ipcc-report-interview-weingart>).

Zwick M, Renn O (Hrsg.) Wahrnehmung und Bewertung von Risiken. Ergebnisse des „Risiko-Survey Baden-Württemberg 2001“. Gemeinsamer Arbeitsbericht Nr. 202 der Akademie für Technikfolgenabschätzung und der Universität Stuttgart, Stuttgart 2002.

Dr. Ulrich Stöbel

Abt. Medizinische Soziologie

Medizinische Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Hebelstraße 29, 79104 Freiburg

E-Mail: ulrich.stoessel@medsoz.uni-freiburg.de

Klimawandel und Allergie

Heidrun Behrendt



Im Jahre 2005 veröffentlichten Beggs und Bambrick einen Kommentar in der Zeitschrift *Environmental Health Perspectives* [1], in welchem sie der Frage nachgingen, ob der globale Anstieg von Asthma bronchiale ein erster Ausdruck des anthropogen verursachten Klimawandels sein könnte. Ausgangspunkt für diese Hypothese war die Beobachtung, dass der seit 1958 dokumentierte weltweite Anstieg von Asthma bronchiale mit einem kontinuierlichen Anstieg der globalen atmosphärischen CO₂-Konzentrationen und der erdnahen Temperaturen einherging. Sie argumentierten, dass die veränderten klimatischen Bedingungen einen Einfluss auf die Pflanzenwelt hätten, die Exposition gegenüber qualitativ und quantitativ veränderten allergenen Pollen zunehme und damit eine insgesamt „allergenerere“ Umwelt vorherrsche, die nicht nur zum Asthmaanstieg, sondern auch zu erhöhten Prävalenzen von anderen atopischen Erkrankungen – allergische Rhinokonjunktivitis und atopisches Ekzem – beitragen könnten. Tatsächlich ist eine weltweite Zunahme der Prävalenz und Symptommhäufigkeit von Pollen-assoziierten Allergien zu verzeichnen: So ergab etwa die Metaanalyse der Zedernpollen-Allergie in Japan einen 2,6-fachen Prävalenzanstieg zwischen 1986 und 2000 auf 24,5% bei Jugendlichen in städtischen Gebieten (Kaneko et al., 2005 [2]) und die im Rahmen der ISAAC-Studie erhobenen Daten einen Anstieg der saisonalen Rhinokonjunktivitis bei Jugendlichen in Lettland um das Doppelte (Annus et al., 2005 [3]), während ein 3- bis 6-facher Anstieg bei 6-jährigen Kindern aus Ostdeutschland zwischen 1991 und 2000 zu verzeichnen war (Krämer, 2003 [4]). Aktuelle epidemiologische Daten aus Deutschland – die KIGGS-Studie, eine repräsentative Stichprobenuntersuchung des Robert-Koch-Instituts zwischen 2003 und 2006 an 17.641 Kindern und Jugendlichen aus 167 Orten – geben derzeit die Prävalenz atopischer Erkrankungen mit bis zu 23,2% an, wobei Sensibilisierungen gegenüber Inhalationsallergenen mit 37% am häufigsten sind.

Die mögliche enge Verknüpfung von Inhalationsallergien und Klimawandel liegt auf der Hand, wenn man bedenkt, dass Allergien eine klassische Umwelterkrankung sind, bei denen Umweltfaktoren sowohl kausal als auch mittelbar, d.h. allergiefördernd, beteiligt sind. Ohne Exposition gegenüber den Allergenträgern der Außenluft – den Pollen und Schimmelpilzsporen – und des Innenraumes – der Hausstaubmilbe, Tierhaaren u.a. – werden bei genetisch prädisponierten Individuen mit gegenüber Normalpersonen veränderter Reaktionsbereitschaft ihrer Haut und Schleimhäute keine der bekannten Symptome hervorgerufen. Insofern kann man den o.a. Ausführungen der beiden australischen Forscher folgen und eine Verbindung zwischen Parametern des Klimawandels und Exposition gegenüber Allergenträgern annehmen mit der Folge gesundheitlicher Konsequenzen.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf Pflanzen und Pflanzengesellschaften ist vielfältig. Ein Teil von ihnen hat Konsequenzen für Häufigkeit und Schweregrad von Pollenallergien. Man kann diese wie folgt zusammenfassen:

(1) Veränderung der Phänologie: Verlängerung der Vegetationsperiode mit Vorverlegung der Blütezeit und verzögertem Laubfall

In der Tat wird Pollenflug immer früher beobachtet: Haselpollenflug findet häufig schon im Januar statt, ausnahmsweise wird er auch bereits im Dezember detektiert. Bei geeigneten meteorologischen Bedingungen, warmem August und sonnigem September, kommt das beifussblättrige Traubenkraut *Ambrosia artemisiifolia* zur Blüte und emittiert seine Pollen im September und Oktober. Es kann davon ausgegangen werden, dass mit zunehmendem Klimawandel auch in Deutschland aus der derzeitigen Pollen-„Saison“ (siehe Abb. 1) ein ganzjähriger Pollenflugkalender mit den entsprechenden Konsequenzen für Pollenallergiker wird. Mitteilungen aus England geben eine Vorverlegung des Pollenfluges von windblütigen Arten um 15 Tage an (Fitter und Fitter, 2006 [5]), während Rasmussen (2002 [6]) eine Vorverlegung des Birkenpollenpeaks in Dänemark zwischen 1978 und 1999 um 13 (Viborg) bzw. 18 Tage (Kopenhagen) beobachten konnte. Der in Innsbruck zwischen 1980 und 2001 gemessene mittlere Temperaturanstieg um 1,5°C war darüber hinaus mit einer Zunahme der Pollenzahl um das 1,2-fache (Birke) bis 6,5-fache (Esche) assoziiert (Bortenschlager, 2007 [7]). Die Veränderung der Phänologie bedingt also einen früheren Beginn der Pollensaison und einen Anstieg der Pollenzahl. Europaweit wird von einem um 10 bis 12 Tage vorverlegten Beginn der Pollensaison ausgegangen (WHO Report, 2005 [8]).

Neuere Untersuchungen belegen darüber hinaus, dass Pollen einer bestimmten Art im Umweltaerosol bereits vor der lokalen Blüte detektiert werden (Estrella et al., 2006 [9]). Dieser Ferntransport von Pollen, durch Verschiebung größerer Luftmassen bei

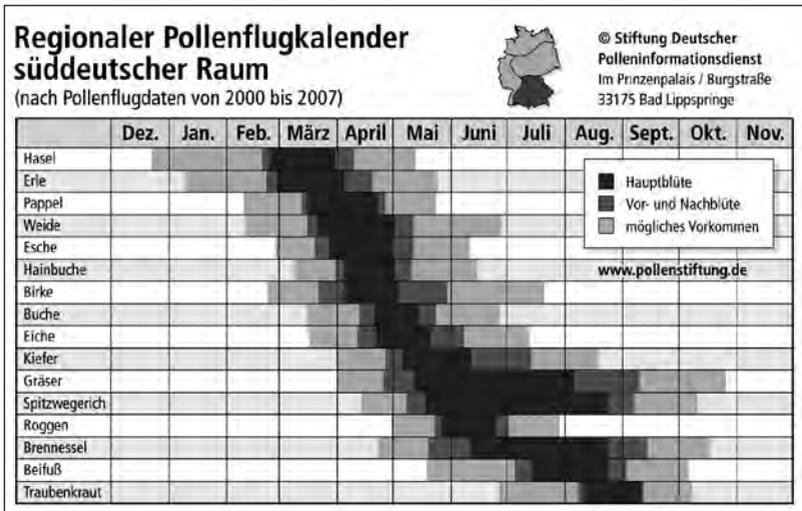


Abb. 1

hohen Windgeschwindigkeiten über weite Strecken bedingt, dürfte zukünftig im Zuge des Klimawandels an Bedeutung gewinnen und ist gegenwärtig Forschungsgegenstand der Aerobiologie und Bioklimatologie.

(2) Verschiebung von Verbreitungsarealen und Vegetationszonen Richtung Norden und aufwärts in der Höhenstufung der Gebirge

Zunehmende Erderwärmung und insbesondere Hitzewellen lassen z.B. Gräser an ihren klassischen Standorten (z.B. norddeutsche Tiefebene) bereits vor der Blüte verdorren (geringer Pollenflug), während in Alpenrandnähe und in höheren Regionen zur gleichen Zeit eine intensivere Gräserblüte stattfindet (starker Pollenflug). Diese Situation war im Hitzejahr 2006 gegeben. Eine deutschlandweite „Umverteilung“ des Pollenfluges einzelner bekannter allergener Arten könnte damit zukünftig zu Problemen von Betroffenen führen und bedarf, insbesondere unter präventiven Aspekten, der sorgfältigen Beobachtung. Zusätzlich ist mit dem Auftreten neuer Arten (s.u.) an Standorten zu rechnen, an denen sie sich bisher aufgrund der klimatischen Bedingungen nicht ansiedeln konnten, so z.B. von *Ambrosia artemisiifolia* in Schweden und Finnland, aber auch in Deutschland.

(3) Lokales Aussterben von Arten und Pflanzengesellschaften

Dieser Aspekt berührt nur mittelbar allergologische Probleme, da Quantität und Qualität des regionalen Pollenfluges vielfältigen klimatischen und meteorologischen Bedingungen, global und regional, unterliegen und nur die Peak-Konzentrationen durch lokale Emissionen determiniert sind.

(4) Veränderte Pflanzeigenschaften durch erhöhten CO₂-Gehalt in der Luft

Untersuchungen von Ziska et al. (2003 [10]) zum Wachstumsverhalten von *Ambrosia artemisiifolia* unter natürlichen Bedingungen in innerstädtischen Bereichen belegen, dass mit steigendem atmosphärischen CO₂ und Temperaturerhöhung ein beschleunigtes Wachstum und eine frühere Blüte zu verzeichnen ist. Die Pollenproduktion ist darüber hinaus mit CO₂-Konzentration und Temperatur direkt assoziiert. Bereits früher hatten dieselben Autoren unter Gewächshausbedingungen nachgewiesen, dass

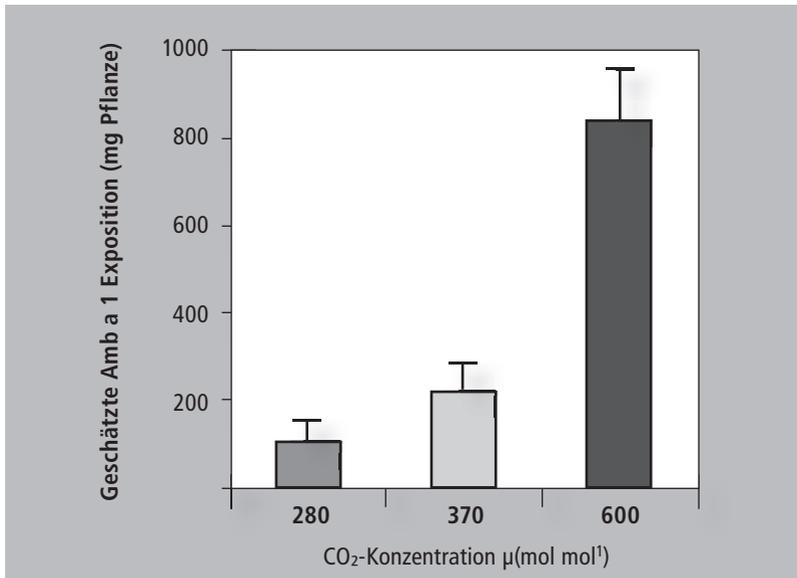


Abb. 2: Mit ansteigenden CO₂-Konzentrationen erhöht sich die Konzentration von Amb a 1, dem Majorallergen des beifußblättrigen Traubenkrauts, in Pollen. Die Befunde wurden unter Gewächshausbedingungen erhoben (nach Singer et al., 2005).

die Verdopplung der Konzentration von atmosphärischem CO₂ zu einem 61%-igen Anstieg der Pollenzahl bei *Ambrosia artemisiifolia* führt (Ziska und Caulfield, 2000 [11], Wayne et al., 2002 [12]). Später konnte gezeigt werden, dass auch die Konzentration des Majorallergens Amb a 1 in Pollen eine direkte Funktion ansteigender atmosphärischer CO₂-Konzentrationen ist (Singer et al., 2005 [13]), (vgl. Abbildung 2). Darüber hinaus beeinflusst schon der mit dem Klimawandel einhergehende vorzeitige Frühlingsbeginn bei ambienten CO₂-Konzentrationen eine 54%-ige Steigerung der späteren Pollenproduktion von Traubenkraut (Rogers et al., 2006 [14]), während sich hohe CO₂-Konzentrationen nur bei denjenigen Pflanzen auswirken, die erst spät in die Wachstumsphase eintreten.

Ähnliche Untersuchungen zum Einfluß von klimarelevanten Faktoren auf Wachstumsverhalten und Pollenproduktion wurden auch an anderen Pflanzenarten, z.B. Sojabohne und Erdnuss, durchgeführt, ohne dass die für *Ambrosia* konsistenten Befunde bestätigt werden konnten. Allerdings ist die Zunahme der Pollenzahl pro Saison und Art im Verlaufe der globalen Erwärmung für allergene Pollen belegt (s.o.).

(5) Zunahme von Pflanzenschädlingen (Borkenkäfer, Pilze) durch Klimawandel

Denkbar ist hier die stressbedingte Induktion von „pathogenesis related proteins“. Einige dieser PR-Proteine sind bekannte Majorallergene, so z.B. Bet v 1 der Birke. Trotz konstanter Pollenkonzentrationen dürfte damit die Allergenexposition dennoch erhöht sein. In der Tat sind regionale Unterschiede in den Allergenkonzentrationen von Birkenpollen, bezogen auf die Pollenzahl, beschrieben (Buters et al., 2008 [15]).

(6) Zunahme von Neophyten

Ohne Zweifel stellt die Ausbreitung von Neophyten mit allergenem Potenzial in Europa – und damit auch in Deutschland – eine große Herausforderung für die Allergologie dar. Zum ersten Mal in der Geschichte der Allergologie, in der die Meidung des Allergens an erster Stelle der Prävention steht, ist es möglich, einen hochallergenen, invasiven Organismus in Europa „mit der Wurzel auszurotten“, bevor die Pflanze nennenswerte allergologische Probleme hervorruft. An erster Stelle ist hier das beifußblättrige Traubenkraut, *Ambrosia artemisiifolia* (Ragweed, Synonym: *A. elatior* = aufrechtes Traubenkraut) zu nennen, ein zur Familie der Asteraceae gehörendes einjähriges Kraut von hoher allergener Potenz (Abbildung 3). Die Exposition gegenüber seinen Pollen führt sehr schnell zur Induktion einer T-Helfer-2 dominierten, Immunglobulin E-vermittelten Immunantwort (Sensibilisierung) und bei wiederholtem Kontakt zur allergischen Rhinokonjunktivitis und zu Asthma bronchiale. Die tricolporaten Pollen

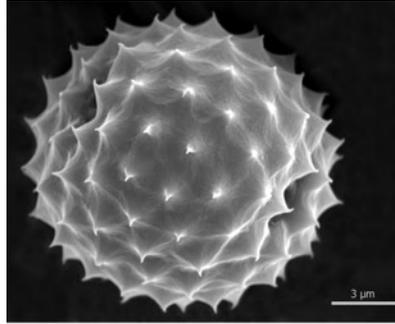


Abb. 4: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Pollenkorns von *Ambrosia artemisiifolia*

Abb. 3: *Ambrosia*-Pflanze

sind klein, 16 – 20 μm im Durchmesser, und an ihrer Oberfläche mit Widerhaken versehen, die es ermöglichen, sich auf Oberflächen festzusetzen (Abbildung 4). Eine einzige Pflanze bildet 3.000 bis 6.000 Samen, die 40 Jahre keimfähig bleiben, und emittiert ca. zwei bis drei Milliarden Pollen. Etwa zehn Pollen genügen, um bei Sensibilisierten Beschwerden hervorzurufen. In Nordamerika, wo die Pflanze endemisch ist, stellen Ragweed-Allergien, insbesondere Asthma, die häufigste Form von Inhalationsallergien dar.

Was macht diese Pflanze und deren Pollen so gefährlich? Zum einen handelt es sich um ein starkes Allergen, welches darüber hinaus noch über zusätzliche proteolytische Aktivität verfügt (Gunawan et al., 2008 [16]). Dadurch wird es ermöglicht, interepitheliale Zellbrücken, sog. Tight Junctions, zu zerstören mit der Folge einer erhöhten Epithelpermeabilität und einem leichteren Eindringen des Allergens in den Organismus (Runswick et al., 2007 [17]). Andererseits bestehen Kreuzreaktivitäten zwischen Allergenen von Traubenkraut und Beifuß (Oberhuber et al., 2008 [18], Wopfner et al., 2007 [19]), so dass in den konventionellen allergologischen Tests Mitreaktionen nicht auszuschließen sind. Diese sind zum Teil auf die ubiquitären Panallergene Profilin, Calcium bindendes Protein oder Lipid-Transfer-Proteine zurückzuführen. In der Tat befinden sich *Ambrosia*-sensibilisierte Personen nur innerhalb eines Panels von Inhalationsallergenen (sx1 im Phadia CAP-System) und die meisten zeigen gleichzeitig Sensibilisierungen

gegenüber nativen Beifußallergenen an (Gabrio 2006 [20], [21]). Diese Kreuzreaktivität macht es schwierig, die klinische Relevanz von Sensibilisierungen gegenüber Ambrosia einzuschätzen. Nur der nasale und/oder bronchiale Provokationstest bringt hier Klärung. Schließlich gehört Ragweed zur Gruppe der Pollen-assoziierten Lebensmittel-Allergien: Das Ragweed-Melone-Banane-Gurke-Syndrom wird auch in Europa zunehmend diagnostiziert (Egger et al., 2002 [22]).

Seit 1990 wird eine starke Zunahme und Verbreitung des Ambrosia-Pollenfluges europaweit verzeichnet. Lagen die Emissionsquellen zunächst vor allem im Südosten Europas, insbesondere Ungarn, sowie in Südfrankreich, im Rhonetal um Lyon, so breitete sich das Kraut später besonders in Norditalien, um Mailand herum und in der Poebene, aus. Auch in den südlichen Kantonen der Schweiz sowie in Österreich trat Ambrosia in vermehrtem Maße auf. Auch in Deutschland, wo vereinzelte Ambrosia-Pflanzen schon im letzten Jahrhundert in der Region Brandenburg beobachtet wurden, wird eine invasive Verbreitung der Pflanze – bei bekannten Ausbreitungswegen (vgl. Abbildung 5) – von Süden her, entlang großer Überlandstraßen und Autobahnen, in Gärten und Neubaugebieten und an den Rändern landwirtschaftlich genutzter Gebiete erkennbar. Dies hat dazu geführt, dass die Länder Bayern und Baden-Württemberg Programme aufgelegt haben, um diese neophytische Pflanze zu kartieren (Abbildung 6) mit dem Ziel, Maßnahmen einzuleiten, die helfen sollen, eine weitere Verbreitung zu verhindern.

Einschleppungswege für Ambrosia

Wichtigste Einbringungswege:

Futtermittel, insbesondere Vogelfutter
Saatgut (Blumenmischungen, Wildackersaatgut, Ansaatmischungen)

Wichtigste Ausbreitungswege:

Verfrachtung von kontaminiertem Erdmaterial (z.B. Baumaßnahmen)
Fahrzeuge (landwirtschaftliche Maschinen, Mähmaschinen, u.a.)

Abb. 5

Die Notwendigkeit derartiger Maßnahmen wird deutlich, wenn man sich vor Augen hält, dass konsequentes Bekämpfen der Pflanze im Frühstadium der Invasion zur Reduktion der Pollenemissionen führt (Beispiel Schweiz: Tamarcaz et al., 2005 [23]), während die unkontrollierte Ausbreitung sehr schnell zu starken gesundheitlichen

„Einer der stärksten Allergieauslöser“

Beifuß-Ambrosie breitet sich in Bayern aus

Arbeitsgruppe prüft staatliche Gegenmaßnahmen

Von Kassian Stroch

München – Nahezu unbemerkt hat sich an der Autobahn A 8 ein echtes Gesundheitsproblem breit gemacht. Auf den 75 Kilometern zwischen Bad Aibling und Salzburg findet sich an vielen Stellen die Beifußblättrige Ambrosie. Ihre Pollen zählen zu den stärksten Allergieauslösern, warnt Alfred Glocker, der zuständige Referent im Gesundheitsministerium. Zwar ist die Pflanze schon vor bald 150 Jahren aus Nordamerika nach Deutschland eingeschleppt worden. Doch inzwischen hat sie sich in Bayern so weit verbreitet, dass nun auch das Ministerium auf den Plan tritt.

Die Beifuß-Ambrosie macht Allergikern vor allem aus zwei Gründen zu schaffen. Ihre Pollen sind so aggressiv – viel schlimmer als Birke oder Haselnuss beispielsweise –, dass schon eine Handvoll pro Kubikmeter Luft allergische Reaktionen auslösen kann. Eine Pflanze aber produziert bis zu einer Milliarde Pollen, wie Glocker erläutert. Das tut sie in ihrer Blütezeit zwischen Juli und Oktober, dann sind die meisten anderen Gräser schon verblüht. Da Allergiker oft auf mehrere Arten reagieren, verlängert sich ihre Leidenszeit so bis in den Herbst hinein – das zweite Problem. Laut einer Studie rechnet man in Frankreich mit jährlichen Gesundheitskosten von 17 bis 47 Millionen Euro, allein wegen der Ambrosie, sagt Glocker. Auch in Bayern könne sie „zu einem bedeutsamen gesundheitlichen Faktor“ werden.

Dabei ist an ihrem Siegeszug vor allem der Mensch schuld. Hauptursache ist mit Ambrosia-Samen verunreinigtes Vogelfutter. Das wird meist aus Osteuropa importiert, wo die Pflanze weit verbreitet ist, wie die SPD-Gesundheitsexpertin Kathrin Sonnenholzer erläutert. Die

meisten der gut 1000 im vergangenen Jahr in Deutschland registrierten Ambrosia-Vorkommen fanden sich daher in Gärten. Aber auch auf Brachflächen und an Straßenrändern taucht sie häufig auf, verbreitet durch verunreinigte Erde oder Schmutz an Autos. Betroffen ist beileibe nicht nur die A 8, sondern auch die A 3, die B 20 bei Burghausen oder auch die Innenstädte von München und Laufen. Und viele Sonnenblumen-Felder – denn dort wird, um zu sparen, oft billiges Vogelfutter als Saatgut verwendet. Das ist zwar nicht verboten, aber höchst problematisch. 14 große Ansammlungen mit mehr als 100 Ambrosia-Pflanzen wurden 2006 in Bayern gezählt. Die Dunkelziffer liege aber weit höher, sagt Glocker.

Dass nun die Regierung aktiv wird, geht wohl auch auf Sonnenholzers Initiative zurück, die im Landtag einen Antrag durchgebracht hat, sich der Sache anzunehmen. So wurde eine Arbeitsgruppe verschiedener Ministerien gebildet – deren erstes Ergebnis: Man wolle prüfen, ob ein staatliches Eingreifen erforderlich sei, so Glocker. Großen Handlungsbedarf sieht man für Bayern wohl nicht: Einzelne Bundesländer könnten wenig ausrichten, sagt Glocker, man unterstütze deshalb den Plan des Bundes, eine zentrale, für ganz Deutschland zuständige Ambrosia-Meldestelle zu etablieren. Vor allem aber soll die Öffentlichkeit besser informiert werden. Jede Ambrosia-Ansammlung solle den Landwirtschaftsämtern oder den Gartenfachberatern der Landratsämter gemeldet werden. Wichtig sei auch, die Pflanzen noch vor der Blüte komplett auszureißen, sie nicht auf den Kompost, sondern in den Müll zu werfen und die betroffenen Stellen dann auch in den Folgejahren zu kontrollieren. Denn Ambrosia-Samen können bis zu vier Jahrzehnte im Boden überleben.

Regionen mit großen Ambrosia-Beständen in Bayern

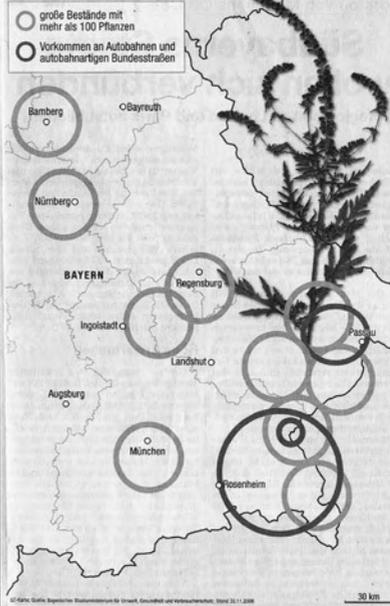


Abb. 6: Süddeutsche Zeitung, 02. März 2007

Problemen der in dieser Region lebenden Bevölkerung führt. Letzteres konnte für die Belastungsgebiete in Norditalien klar aufgezeigt werden. So untersucht der italienische Allergologe Asero seit 1990 in Mailand gegenüber Ambrosia monosensibilisierte Patienten (2007 [24]). Während im Jahre 1990 nur wenige Fälle beobachtet wurden, war im Jahre 2007 Ambrosia bereits die zweithäufigste Ursache für Atemwegsallergien nach den Gräserpollen. Er gibt an, dass de novo Sensibilisierungen bei Erwachsenen über 35 Jahre ohne Atopie-Disposition eher als bei Atopikern gefunden werden – ein erneuter Hinweis auf die starke allergene Potenz dieser Pflanzenpollen – und dass der prozentuale Anteil der unter 20-Jährigen von 0% (1990) auf 20 (2006) angestiegen ist.

Seit 2006 wird der Ambrosia-Pollenflug auch deutschlandweit gemessen und über die Stiftung Deutscher Pollenfluginformationsdienst und den Deutschen Wetterdienst der Bevölkerung mitgeteilt. Waren im Jahrhundertsommer 2006 nennenswerte Pollenkonzentrationen in einigen Regionen Deutschlands zu verzeichnen, so traf dies auf

das Jahr 2007 nicht zu. Inwieweit diese Pollenexposition einer stark invasiven Pflanze gesundheitliche Auswirkungen hat, ist gegenwärtig Gegenstand verschiedener Bundes- und Landesprogramme. Erste Befunde zeigen eine Sensibilisierungsrate von bis zu 20% bei 10-jährigen Kindern in Baden-Württemberg (Gabrio et al 2006 [21]).

Zusammenfassend ist aufgrund der vorliegenden Datenlage anzunehmen, dass mit dem Klimawandel Allergie-relevante Parameter eine Änderung erfahren können. So wird die Verlängerung der Pollensaison, das Auftreten von mehr Pollen, neuen Pollen und solchen mit veränderter Allergenität bereits jetzt dem Klimawandel zugeschrieben. Wir werden es deshalb im Hinblick auf die Pollen-assoziierten Allergien zukünftig mit einer neuen Situation in Europa zu tun haben. Diese ist für das invasive Traubenkraut *Ambrosia artemisiifolia* bereits eingetreten: Betroffene sind hier besonders junge Erwachsene im Rahmen von Polysensibilisierungen gegenüber Inhalationsallergien. Die Bestätigung der klinischen Relevanz derartiger Sensibilisierung für Deutschland steht gegenwärtig noch aus. Aus präventiven Aspekten zum Schutz einer besonders vulnerablen Gruppe, den Allergikern, ist jedoch bereits jetzt Handlung geboten. Dies ist den verantwortlichen Institutionen bewusst und hat zumindest teilweise zur Einleitung von Maßnahmen geführt.

Literatur

- (1) Beggs JP, Bambrick JH: Ist the global rise in asthma an early impact of anthropogenic climate change? *Environ Health Perspect* 113 (2005): 915-919.
- (2) Kaneko Y, Motohashi Y, Nakamura H, Endo T, Eboshida A : Increasing prevalence of Japanese cedar pollinosis: A meta-regression analysis. *Int Arch Allergol Immunol* 136 (2005): 365-371.
- (3) Annus T, Riikjäär MA, Rahu K, Björkstén B: Modest increase in seasonal allergic rhinitis and eczema over 8 years among Estonian school children. *Pediatr Allergy Immunol* 16 (2005): 315-320.
- (4) Krämer U: Trends und Risikofaktoren von Atopie und atopischen Erkrankungen in Deutschland. Habilitationsschrift, München 2003.
- (5) Fitter AH, Fitter RSR: Rapid change in flowering time in British plants. *Science* 296 (2002): 1689-1691.
- (6) Rasmussen A: The effects of climate change on birch pollen season in Denmark. *Aerobiologia* 18 (2002):253-265.

- (7) Bortenschlager A: Pers. Mitteilung.
- (8) WHO-Report EUR/03/5036791: „Phenology and Human Health: Allergic Disorders“. M Huynen, B Menne (coord.authors), Health and global environmental change Series No.1 (2003).
- (9) Estrella N, Menzel A, Krämer U, Behrendt H: Integration of flowering dates in phenology and pollen counts in aerobiology: analysis of their spatial and temporal coherence in Germany (1992-1999) *Int J Biometeorol.* 51 (2006): 49-59.
- (10) Ziska LH, Gebhard DE, Frenz DA, Faulkner S, Singer BD, Straka JG: Cities as harbingers of climate change: Common ragweed, urbanisation, and public health. *J Allergy Clin Immunol* 111 (2003): 290-295.
- (11) Ziska LH, Caulfield FA: Rising CO₂ and pollen production of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*), a known allergy-inducing species: implications for public health. *Aust J Plant Physiol* 27 (2000): 893-898.
- (12) Wayne PM, Foster J, Connolly F, Bazazz FA, Epstein PR: Production of allergenic pollen by ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) is increased in CO₂-rich atmospheres. *Ann Allergy Asthma Immunol* 88 (2002): 279-282.
- (13) Singer BD, Ziska LH, Frenz DA, Gebhard DE, Straka JG: Increasing Amb a 1 content in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) pollen as a function of rising atmospheric CO₂ concentration. *Funct Plant Biol* 32 (2005): 667-670.
- (14) Rogers CA, Wayne PM, Macklin EA, Muilenberg ML, Wagner CJ, Epstein PR, Bazazz FA: Interaction of the onset of spring and elevated atmospheric CO₂ on ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) pollen production. *Environ Health Perspect* 114 (2006): 865-869.
- (15) Buters JTM, Kasche A, Weichenmeier I, Schober W, Klaus S, Traidl-Hoffmann C, Menzel A, Huss-Marp J, Krämer U, Behrendt H: Year to year variation in release of Bet v 1 allergen from birch pollen: Evidence for geographical differences between South and West Germany. *Int Arch Allergy Immunol* 145 (2008): 122-130.
- (16) Gunawan H, Takai T, Ikeda S, Okumura K, Ogawa H: Protease activity of allergenic pollen of cedar, cypress, juniper, birch, and ragweed. *Allergology Internatl* 2008: doi 10.2332 / allergolint.O-07-507.
- (17) Runswick S, Mitchell T, Davies P, Robinson C, Garrod DR: Pollen proteolytic enzymes degrade thight junctions. *Respirology* 12 (2007): 834-842.
- (18) Oberhuber C, Ma Y, Wopfner N, Gadermaier G, Dedic A, Niggemann B, Maderegger B, Gruber P, Ferreira F, Scheiner O, Hoffmann-Sommergruber K: Prevalence of IgE-binding to Art v 1, Art v 4 and Amb a 1 in mugwort-allergic patients. *Int Arch Allergy Immunol* 145 (2008): 94-1001.
- (19) Wopfner N, Gadermaier G, Egger M, Asero R, Ebner C, Jahn-Schmid B, Ferreira F: The spectrum of allergens in ragweed and mugwort pollen. *Int Arch Allergy Immunol* 138 (2005): 337-346.
- (20) Gabrio T, Behrendt H, Eitle C, Felder-Kennel A, Flicker-Klein A, Gickeleiter M, Hinderer I, Kersting G, Link B, Maisner V, Weidner U, Wetzig J, Zöllner I: Verbreitung von Ambrosia-Pflanzen in Deutschland – eine Ursache für die Zunahme von Allergien in Deutschland? *Derm* 12 (2006): 1-8.
- (21) Gabrio T, Behrendt H, Felder-Kennel A, Flicker-Klein A, Gickeleiter M, Hinderer I, Kersting G, Link B, Maisner V, Weidner U, Wetzig J, Zöllner I: Sensibilisierung von Kindern der 4. Klasse in sechs Regionen Baden-Württembergs gegen Ambrosia-Pollen. *Nachrichtenbl. Dtsch.Pflanzenschutzd.* 58 (2006): 294-298.
- (22) Egger M, Mutschlechner S, Wopfner N, Gadermaier G, Briza P, Ferreira F: Pollen-food syndromes associated with weed pollinosis: An update from the molecular point of view. *Allergy* 61 (2006): 461-476.

- (23) Taramarcaz P, Lambeler C, Clot B, Keimer C, Hauser C : Ragweed (Ambrosia) progression and its health risks : will Switzerland resist this invasion? *Swiss Med Wkly* 135 (2005): 538-548.
- (24) Asero R: The changing pattern of ragweed allergy in the area of Milan, Italy. *Allergy* 62 (2007): 1097-1099.

Univ. Prof. Dr. med. Heidrun Behrendt
Klinische Kooperationsgruppe Umweltdermatologie und Allergologie HZMGU/TUM
ZAUM – Zentrum Allergie und Umwelt
Technische Universität München
Biedersteiner Straße 29, 80802 München
Tel. (0 89) 41 40-34 51
E-Mail: Heidrun.Behrendt@lrz.tum.de

Zur Bedeutung von Umweltzonen in unseren Städten

Annette Peters
Joachim Heinrich
H. Erich Wichmann



Positive gesundheitliche Auswirkungen der Einrichtung von Umweltzonen konnten bisher naturgemäß nicht nachgewiesen werden, da deren Implementierung erst jetzt beginnt. Wie die Situation aufgrund der vorhandenen epidemiologischen Daten zu bewerten ist, ist ausführlich in (Wichmann, 2008) diskutiert. Hier wird ein Auszug aus dieser Diskussion präsentiert und ein Schwerpunkt auf die Ergebnisse im Münchner Raum gelegt.

Gesundheitsauswirkungen von Feinstaub – Die Motivation für die Einrichtung von Umweltzonen

Die Liste der dokumentierten Zusammenhänge mit der Kurzzeitexposition des Feinstaubes ist lang: Sie reicht von erhöhten Mortalitätsraten, vermehrten Krankenhausaufnahmen und Arztbesuchen wegen Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen bis hin zu Veränderungen des EKGs sowie anderer Funktionsparameter des Herz-Kreislauf-Systems und der Atemwege an Tagen mit hohen Partikelkonzentrationen. Studien zur Langzeitexposition gegenüber Feinstaub ergeben einen statistischen Zusammenhang zwischen der Sterblichkeit an kardiopulmonalen Ursachen und Lungenkrebs. Der daraus berechnete Verlust an Lebenserwartung in der Bevölkerung kann die Größenordnung eines halben bis einen Jahres erreichen. Epidemiologen beobachten zudem, dass die Langzeitexposition mit Feinstaub zu chronischen Atemwegserkrankungen oder vermindertem Lungenwachstum führen kann. Ältere Erwachsene, Kinder und Kranke sind als empfindliche Gruppen anzusehen. Neuere Studien weisen darauf hin, dass es genetisch vorbelastete Bevölkerungsgruppen geben könnte, die auf Feinstaubbelastungen stärker reagieren. Auch gibt es Teile in der Bevölkerung, die aufgrund ihres sozioökonomischen Status von Feinstaubwirkungen stärker betroffen sind oder weil sie an stark befahrenen Straßen oder in der Nähe anderer Quellen wohnen. Genaueres siehe

(Environmental Protection Agency, 2004; VDI et al., 2003; Wichmann et al., 2005; World Health Organisation, 2006).

In Deutschland werden in mehreren Städten und Ballungsräumen Umweltzonen eingerichtet, um in diesen die Feinstaubbelastung zu reduzieren. Fahrzeuge, die nicht unter Ausnahmeregelungen fallen, dürfen in die ausgeschilderten Umweltzonen nicht einfahren bzw. sich in ihnen nicht aufhalten. Derzeit wird eine heftige Diskussion über den Sinn dieser Verkehrsbeschränkungen geführt. Hauptstreitpunkt ist dabei, dass die Einrichtung der Zonen einerseits mit dem Feinstaubproblem begründet wird, andererseits aber nach vielen Abschätzungen die Reduktion der Feinstaubkonzentration nur wenige Prozent ausmacht. Der ADAC etwa sagt, der Anteil der Pkw an der Feinstaubbelastung betrage lediglich 5% und bezeichnet die Umweltzone Berlin für die Feinstaubbelastung als unwirksam (ADAC, 2008). Diese Diskussion ist geprägt vom Blick auf die gemessenen Feinstaubkonzentrationen, übersieht aber völlig die Wirkungsaspekte in Hinblick auf die Gesundheit. Feinstaub ist eine komplexe Mischung von hoch toxischen bis hin zu harmlosen Komponenten. Eine Reduktion der hoch toxischen Komponenten wäre in Hinblick auf die menschliche Gesundheit sehr relevant, während eine Reduktion der harmlosen Komponenten nichts bringt.

Gesundheitsauswirkungen der verkehrabhängigen Schadstoffe

Es gibt mittlerweile eine nennenswerte Zahl von Studien, die den Einfluss der Schadstoffbelastung durch den Straßenverkehr auf die Gesundheitsrisiken der Anwohner direkter untersucht haben. Überwiegend zeigen diese einen stärkeren Zusammenhang der Morbidität und Mortalität mit dem Abstand zur Straße als mit den Konzentrationen von Feinstaub (PM₁₀ bzw. PM_{2.5}) oder Stickstoffdioxid (NO₂) (Gehring et al., 2006; Hoek et al., 2002; McCreanor et al., 2007; Schikowski et al., 2005).

Hier möchten wir zwei Aspekte in den Vordergrund stellen: Den Effekt verkehrabhängiger Partikel bei Kindern und die Auswirkungen verkehrabhängiger Partikel auf das Risiko für koronare Herzerkrankungen.

Auswirkungen von Verkehrsexpositionen und Allergien

Beispielhaft sind die Ergebnisse der Expositionen mit verkehrabhängigen Schadstoffen und deren gesundheitliche Risiken bei unseren Münchner Geburtskohortenstudien GINI und LISA (Brockow et al, 2008; Filipiak et al, 2007). Durch ein eigenes umfangreiches Luftschadstoffmessprogramm sowie GIS-basierte Modellierungen konnten für jedes Kind die Exposition mit verkehrabhängigen luftgetragenen Schadstoffen an der Wohnadresse ermitteln. Dabei zeigte sich, dass die Kinder bzw. deren Mütter,

die hoch exponiert mit diesen Schadstoffen wie Feinstaub und Dieselruß und NO₂ waren, offensichtlich bereits vor Geburt gesundheitlich beeinträchtigt waren. Diese Kinder kamen bereits mit einem etwas niedrigeren Geburtsgewicht zur Welt (Slama et al., 2007). Ob dieses geringfügig niedrigere Geburtsgewicht langfristig nachteilige gesundheitliche Wirkungen hat, muss in weiteren Untersuchungen geprüft werden. Ferner haben wir zeigen können, dass jene Kinder mit höheren verkehrsabhängigen Schadstoffexpositionen vermehrt zum Auftreten von Mittelohrentzündungen während der ersten Lebensjahre neigen (Brauer et al., 2006). Wir haben schließlich auch zeigen können, dass diese Kinder häufiger an Atemwegsinfekten erkrankten und darüber hinausgehend häufiger allergische Erkrankungen wie Asthma, Heuschnupfen und Ekzem hatten (Morgenstern et al., 2008). Die allergischen Erkrankungen nahmen mit kürzerem Abstand der Wohnadresse von stark befahrenen Straßen deutlich zu.

Darüber hinaus haben zwei Studien untersucht, wie sich Verkehrseinschränkungen auf die menschliche Gesundheit auswirken. Sie betrachten die Olympiade in Atlanta und die Asien-Spiele in Busan in Korea. In beiden Städten nahm die Häufigkeit des Auftretens von kindlichem Asthma während oder im Anschluss an die Einschränkung des Kfz-Verkehrs ab. Während der olympischen Sommerspiele 1996 in Atlanta wurde der Einfluss vorübergehender Veränderungen beim Transport analysiert. Hierbei wurden die Luftverschmutzung und kindliches Asthma während der 17 Tage der Spiele untersucht und mit einer Periode von vier Wochen vor und vier Wochen nach den Spielen verglichen. Asthmaabhängige relative Risiken während der Spiele waren kleiner als 1 und der Rückgang war teilweise signifikant. Hieraus ergibt sich, dass die zeitweise Verbesserung der Luftqualität in Atlanta im Sommer 1996 zu einem zeitweisen Rückgang der Schwere bei bestehendem Asthma geführt hat. Diese Reduktion konnte nicht spezifisch einem einzelnen Schadstoff zugeordnet werden, da PM₁₀, CO, NO₂ und O₃ parallel abnahmen. Nach Einschätzung der Autoren spielte die Abnahme des Verkehrs in der morgendlichen Rushhour eine wichtige Rolle beim Rückgang der ambulanten und stationären Krankenhausaufnahmen wegen Astmas (Friedman et al., 2001). Während der Asien-Spiele in Busan, Korea, wurde im gesamten Stadtgebiet für zwei Wochen der Straßenverkehr eingeschränkt. Alle verkehrsabhängigen Schadstoffe wurden dadurch um 25% reduziert. In der Zeit danach gingen die Krankenhausaufnahmen für Kinder mit Asthma um 27% zurück (Lee et al., 2007).

Auswirkungen des Verkehrs auf das Herz-Kreislauf-System

Bei Erwachsenen sind auf der Basis der Bevölkerung aufgrund von Feinstaub vermehrt Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu beobachten. Dabei scheint Feinstaub nicht nur akute Ereignisse auszulösen, sondern Feinstaub erhöht auch das Risiko, Herz-Kreislauf-Erkrankungen auszulösen. Die erste Evidenz, dass Luftschadstoffe ein Risikofaktor für

die Entwicklung von Atherosklerose sein können, kam aus Los Angeles (Kunzli et al., 2005). Darüber hinaus wurde in einer Studie an 4.900 Erwachsenen im Ruhrgebiet der Langzeiteinfluss von Verkehrsbelastung und PM_{2.5}-Feinstaub auf die Verkalkung der Herzkranzgefäße untersucht. Diese Veränderung trat bei Personen, die weniger als 50m von der Straße entfernt lebten, um 63% häufiger auf als in der Kontrollgruppe und war deutlich stärker mit dem Abstand der Wohnung von der Straße assoziiert als mit der Feinstaubkonzentration (Hoffmann et al., 2007).

An ca. 700 Herzinfarktüberlebenden aus Augsburg wurde der Einfluss des Straßenverkehrs auf die Auslösung des Infarktes untersucht. In einem detaillierten Interview wurde erfragt, was die Patienten in den vier Tagen vor dem Herzinfarkt getan und wo sie sich aufgehalten hatten. Die Ergebnisse zeigten ein 2,9fach erhöhtes Risiko für die Auslösung von Herzinfarkten eine Stunde nach Aufenthalt in Verkehrsmitteln. Zu den Verkehrsmitteln zählten Autos, öffentliche Verkehrsmittel wie Busse und Straßenbahnen, Fahrräder und Motorräder (Peters et al., 2004). Diese Ergebnisse werden nun unterstützt von kontrollierten Expositionen zu Dieselausgasen von Patienten mit stabiler koronarer Herzerkrankung (Mills et al., 2007). Dabei zeigten sich während eines Belastungstests während der Exposition Ischämien, die die in der epidemiologischen Analyse beobachteten Assoziationen untermauern.

Die Rolle der Umweltzonen – Zusammenfassung

Die Belastung durch Feinstaub hat erhebliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Feinstaub aus den Abgasen des Kfz-Verkehrs und insbesondere aus Diesel-Pkw und -Lkw ist toxikologisch erheblich relevanter als Feinstaub aus den meisten anderen Quellen. Dies lässt sich auch für Deutschland direkt zeigen, wenn der Abstand der Wohnung von der Straße als Maß der Expositionsstärke betrachtet wird. Positive Auswirkungen der Verkehrsreduktion in Städten auf die Gesundheit waren bei temporären Maßnahmen direkt nachweisbar, auch wenn bisher diese Studien noch nicht sehr häufig durchgeführt werden konnten. Durch Umweltzonen wird der Kfz-Verkehr in dicht bebauten Innenstadtbereichen reduziert. Dadurch wird die verkehrsnaher Exposition einer großen Zahl von Menschen verringert. Deren inhalierte Dosis von gesundheitsrelevantem Feinstaub sinkt dadurch erheblich stärker, als sich dies an der Veränderung der an Messstationen feststellbaren Feinstaubkonzentrationen ablesen lässt. Schließlich gibt es noch Gesundheitswirkungen durch andere verkehrsabhängige Schadstoffe wie NO₂ oder durch den Verkehrslärm. Wenn auch nach heutigem Wissensstand die Feinstaubproblematik im Vordergrund steht, sollten diese Aspekte nicht vernachlässigt werden und tragen zur Verbesserung der Gesundheit der Bevölkerung in Ballungsgebieten bei.

Daher können Umweltzonen der menschliche Gesundheit weit mehr nützen, als sich aus den routinemäßigen Feinstaubmessungen ablesen lässt. Sie sind um so effektiver, je stringenter sie umgesetzt werden und die Hauptübeltäter aus der Stadt heraus halten, insbesondere Diesel-Pkw und Diesel-Lkw ohne Partikelfilter.

Literatur

ADAC. Umweltzone Berlin hat keine Wirkung auf Feinstaubbelastung. 2008, Online-Citation.

Brauer M, Gehring U, Brunekreef B, de Jongste J, Gerritsen J, Rovers M, Wichmann HE, Wijga A, Heinrich J. Traffic-related air pollution and otitis media. *Environ Health Perspect* 2006, 9: 1414-8.

Brockow T, Heissner T, Franke A, Resch KL. Evaluation of the efficacy of subcutaneous carbon dioxide insufflations for treating acute non specific neck pain in general practice: A sham controlled randomized trial. *Eur J Pain* 2008, 1: 9-16.

Environmental Protection Agency. Air Quality Criteria for Particulate Matter. 2004.

Filipiak B, Zutavern A, Koletzko S, von Berg A, Brockow I, Grubl A, Berdel D, Reinhardt D, Bauer CP, Wichmann HE, Heinrich J. Solid food introduction in relation to eczema: results from a four-year prospective birth cohort study. *J Pediatr* 2007, 4: 352-8.

Friedman MS, Powell KE, Hutwagner L, Graham LM, Teague WG. Impact of changes in transportation and commuting behaviors during the 1996 Summer Olympic Games in Atlanta on air quality and childhood asthma. *JAMA* 2001, 7: 897-905.

Gehring U, Heinrich J, Kramer U, Grote V, Hochadel M, Sugiri D, Kraft M, Rauchfuss K, Eberwein HG, Wichmann HE. Longterm exposure to ambient air pollution and cardio-pulmonary mortality in women. *Epidemiology* 2006, 5: 545-51.

Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, Fischer P, van den Brandt PA. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet* 2002, 9341: 1203-9.

Hoffmann B, Moebus S, Mohlenkamp S, Stang A, Lehmann N, Dragano N, Schmermund A, Memmesheimer M, Mann K, Erbel R, Jockel KH. Residential exposure to traffic is associated with coronary atherosclerosis. *Circulation* 2007, 5: 489-96.

Kunzli N, Jerrett M, Mack WJ, Beckerman B, LaBree L, Gilliland F, Thomas D, Peters J, Hodis HN. Ambient air pollution and atherosclerosis in Los Angeles. *Environ Health Perspect* 2005, 2: 201-6.

Lee JT, Son JY, Cho YS. Benefits of mitigated ambient air quality due to transportation control on childhood asthma hospitalization during the 2002 summer Asian games in Busan, Korea. *J Air Waste Manag Assoc* 2007, 8: 968-73.

McCreanor J, Cullinan P, Nieuwenhuijsen MJ, Stewart-Evans J, Malliarou E, Jarup L, Harrington R, Svartengren M, Han IK, Ohman-Strickland P, Chung KF, Zhang J. Respiratory effects of exposure to diesel traffic in persons with asthma. *N Engl J Med* 2007, 23: 2348-58.

Mills NL, Tornqvist H, Gonzalez MC, Vink E, Robinson SD, Soderberg S, Boon NA, Donaldson K, Sandstrom T, Blomberg A, Newby DE. Ischemic and thrombotic effects of dilute diesel-exhaust inhalation in men with coronary heart disease. *N Engl J Med* 2007, 11: 1075-82.

Morgenstern V, Zutavern A, Cyrys J, Brockow I, Koletzko S, Kramer U, Behrendt H, Herbarth O, von Berg A, Bauer CP, Wichmann HE, Heinrich J, Gini And Lisa Study Group. Atopic diseases, allergic sen-

sitisation and exposure to traffic-related air pollution in children. *Am J Respir Crit Care Med* 2008.

Peters A, von Klot S, Heier M, Trentinaglia I, Hormann A, Wichmann HE, Lowel H. Exposure to traffic and the onset of myocardial infarction. *N Engl J Med* 2004, 17: 1721-30.

Schikowski T, Sugiri D, Ranft U, Gehring U, Heinrich J, Wichmann HE, Kramer U. Longterm air pollution exposure and living close to busy roads are associated with COPD in women. *Respir Res* 2005, 152.

Slama R, Morgenstern V, Cyrus J, Zutavern A, Herbarth O, Wichmann HE, Heinrich J. Traffic-related atmospheric pollutants levels during pregnancy and offspring's term birth weight: a study relying on a land-use regression exposure model. *Environ Health Perspect* 2007, 9: 1283-92.

VDI, Kappos A, Bruckmann P. Bewertung des aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstandes zur gesundheitlichen Wirkung von Partikeln in der Luft. *Umweltmed Forsch Prax* 2003, 257-78.

Wichmann HE, Gieger C, and Illig T. KORA-gen-resource for population genetics, controls and a broad spectrum of disease phenotypes. *Gesundheitswesen* 2005, S26-S30.

Wichmann HE. Schützen Umweltzonen unsere Gesundheit oder sind sie unwirksam? *Umweltmed Forsch Prax* 2008: 7-10.

World Health Organisation. Air Quality Guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. 2006.

PD Dr. Annette Peters
Dr. Joachim Heinrich
Prof. Dr. Dr. H. Erich Wichmann
Institut für Epidemiologie
Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und
Umwelt
Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg
Tel. (0 89) 31 87-45 66
Fax (0 89) 31 87-33 80
E-Mail: peters@helmholtz-muenchen.de

Der gemeine Holzbock als Überträger von *Borrelia burgdorferi*: Vektor-Pathogen-Interaktionen und Einfluss der Klimaveränderung auf die Zecken

Volker Fingerle



Die durch mindestens vier verschiedene Spezies des Schraubenbakteriums *Borrelia burgdorferi sensu lato* verursachte Lyme-Borreliose ist die häufigste durch Zecken übertragene Erkrankung des Menschen in der nördlichen Hemisphäre. Die Lyme-Borreliose ist eine Multisystemerkrankung, bei der verschiedene Organe oder Organsysteme im Krankheitsverlauf betroffen sein können (Stanek and Strle, 2003). Am häufigsten finden sich Erkrankungen der Haut, des Nervensystems und der Gelenke. Das Verbreitungsgebiet dieser Erkrankung liegt in etwa zwischen dem 40° und 60° nördlicher Breite, entsprechend dem Verbreitungsgebiet ihrer Vektoren, Zecken aus dem *Ixodes ricinus*-/ *I. persulcatus*-Komplex: in Europa *I. ricinus* und am östlichen Rand überlappend *I. persulcatus*, im asiatischen Raum *I. persulcatus* und in Nordamerika *I. scapularis* im Osten und *I. pacificus* im Westen. In Deutschland ist *Ixodes ricinus* – im Volksmund auch als „gemeiner Holzbock“ bekannt – die mit Abstand am häufigsten anzutreffende Zecke. Der durchschnittlich drei Jahre dauernde Entwicklungszyklus der dreiwirtigen, zu den Milben zählenden Schildzecke führt vom Ei über ein sechsbeiniges Larven- zum achtbeinigen Nymphenstadium und ist mit dem ebenfalls achtbeinigen Adultenstadium abgeschlossen. Die durch einen orangefarbenen Hinterleib gekennzeichneten adulten Weibchen erreichen eine Größe bis zu 5 mm, die schwarzen Männchen sind kleiner und stechen nur akzidentell. Die Nymphe hat eine Länge von 1,5 mm und die Larve, die prinzipiell auch die Lyme-Borreliose übertragen kann, von etwa 0,5 mm. Da die Larven außerdem etwas transparent sind, sind sie praktisch nicht zu sehen. Die durchschnittlichen Durchseuchungsraten von *I. ricinus* mit *Borrelia burgdorferi* liegen bei etwa 1% für Larven, 10% für Nymphen und 20% für adulte Zecken, können aber lokal erheblich variieren (Fingerle et al., 1994; Rauter and Hartung, 2005).

Nimmt die Zahl von Ixodes ricinus in Deutschland zu, wie es in den Medien oft dargestellt wird?

Um diese Hypothese beurteilen zu können, ist die Kenntnis der notwendigen Lebensbedingungen eine Grundvoraussetzung. Von entscheidender Bedeutung für die Wahl des Biotops sind für *Ixodes ricinus* die mikroklimatischen Bedingungen, insbesondere Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Ein Temperaturbereich zwischen 6°C und 20°C ist für die Schildzecke optimal, und sie benötigt zum Überleben eine entsprechende Vegetation, in der sich wenigstens 80% Luftfeuchtigkeit aufbauen kann. Die Zecken trinken nämlich nicht, sondern bilanzieren ihren Wasserhaushalt, indem sie über ein auf das Hypostom (Stechrüssel) aufgebrachtes Speicheldrüsensekret aktiv atmosphärischen Wasserdampf aufnehmen. Dafür ist wenigstens 75 bis 80% Luftfeuchtigkeit notwendig.

Gerne wird bei diesem Thema als unterstützendes Argument die globale Klimaerwärmung herangezogen. Bei weniger kalten Wintern würden mehr Zecken überleben und die Aktivitätsphasen würden sich verlängern. Diese Sichtweise bewertet allerdings nur eine der vielen möglichen Auswirkungen. Wie wirkt sich die Klimaveränderung z.B. auf die Feinde der Zecken aus? Wie auf die Wirtstierpopulationen? Wie entwickeln sich die mikroklimatischen Verhältnisse? Wie wirken sich längere Trockenperioden oder vermehrte Überschwemmungen aus? Hier besteht ein großer Forschungsbedarf, um die Einflüsse auf die Entwicklung der Zeckenpopulation besser abschätzen zu können.

Eine weitere wichtige Frage: Nimmt die Infektionsrate der Zecken mit *Borrelia burgdorferi* in Deutschland zu? Auch für *Borrelia burgdorferi* gibt es unterschiedlichste Einflussfaktoren wie z.B. Dichte und Zusammensetzung der Wirtstierpopulationen. Auch zu dieser Fragestellung fehlen bislang dringend notwendige aussagekräftige Untersuchungen.

Wie findet der gemeine Holzbock sein Opfer?

Immer noch weit verbreitet ist die Meinung, der gemeine Holzbock würde auf Bäumen sitzen und sich von dort mutig auf seine wehrlosen Opfer herabstürzen. Gegen diese Vorstellung spricht schon die Tatsache, dass die Zecken eine durchschnittliche Luftfeuchtigkeit von > 80% zum Überleben benötigen und sehr empfindlich auf Trockenheit reagieren. Die Zecke würde also schon auf dem langen Marsch zur Astspitze schlicht und ergreifend vertrocknen. Auch die eher geringe Körpergröße spricht gegen diese Vorstellung. Der gemeine Holzbock sitzt in der bodennahen Vegetation – bis maximal 1,5m Höhe – und lässt sich üblicherweise von seinen Wirten von dort abstreifen. Dafür verwendet die Zecke einen hocheffizienten Halteapparat der sich an den

Abb. 1: Typische Suchhaltung des
gemeinen Holzbocks



Beinspitzen befindet (Abb. 1, 2). Die Zecke besitzt allerdings auch eine gute Ausrüstung mit Chemo- und Thermorezeptoren (Hallersches Organ) an dem vorderen Beinpaar und ist deshalb durchaus in der Lage, auch ruhende Wirte aufzufinden. Eine klassische Situation dafür wäre z. B. das Picknick am Waldrand.

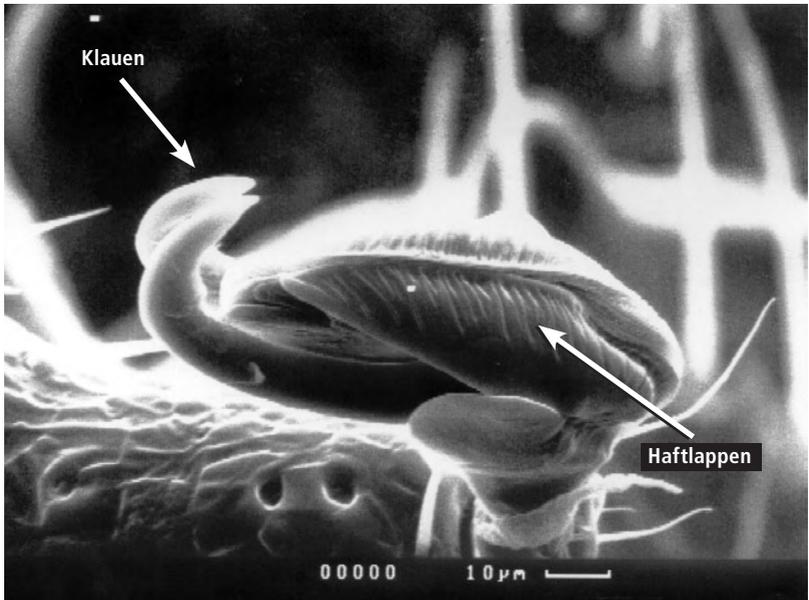


Abb. 2: Der Halteapparat von *I. ricinus*. Die gute Ausrüstung mit Klauen und Haftlappen (Pulvillum) ermöglicht der Zecke das Festhalten selbst an glatten Flächen wie z.B. Glas.

Der Stich der Schildzecke

Weit verbreitet ist noch immer die Vorstellung, die Schildzecke würde „beißen“. Betrachtet man dagegen die anatomischen Gegebenheiten der Mundwerkzeuge, finden sich ein mit Widerhaken bewehrter Stechrüssel – das Hypostom – und paarig angelegte Schneidewerkzeuge – die Cheliceren (Abb. 3). Nachdem sich die Zecke nach einer bis zu Stunden dauernden, durch empfindliche Sinnesorgane (Pedipalpen, Hallersches Organ) geleiteten Suche für einen geeigneten Platz zur Nahrungsaufnahme entschieden hat, ritzt sie zunächst die Haut mit den Cheliceren auf und schiebt dann das Hypostom mit den schneidenden Cheliceren in die Wunde vor. Schneidendstechend, nicht beißend dringt also die Zecke mit ihren Mundwerkzeugen in ihr Opfer ein. *Ixodes ricinus* ist ein so genannter Pool-Feeder: Sie sticht nicht, wie typischerweise blutsaugende Insekten, gezielt ein Blutgefäß an, sondern sie sticht in das Gewebe und bildet dort über die Sekretion verschiedenster Substanzen mit der Zeit einen flüssigen Nahrungspool. Um sich lokal für die Nahrungsaufnahme sicher festzusetzen, sekretiert sie eine Zementsubstanz, die, wie der Name schon impliziert, mit der Zeit aushärtet. In dieser Zementsubstanz verankert sie sich mit den Widerhaken des Hypostoms. Hier ist auch der Grund zu sehen, warum eine Zecke kurz nach Beginn des Saugaktes relativ leicht, nach Aushärten des Zements dagegen deutlich schwieriger zu entfernen ist.

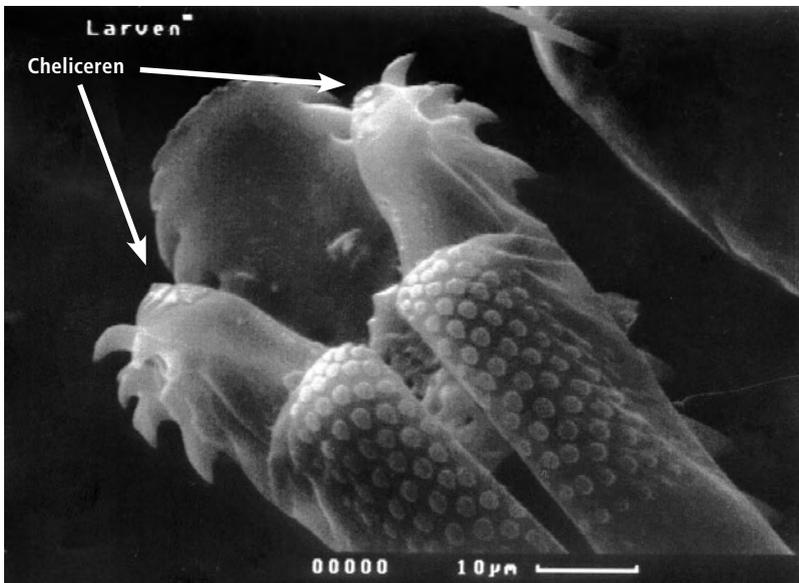


Abb. 3: Der Stechapparat. Mit den Cheliceren schneidet die Zecke die Haut auf und schiebt dann das Hypostom in die Wunde vor.

Wie findet die Borrelie ihren Vektor?

Beim Stich der Zecken werden immunsuppressive, gerinnungshemmende und gewebeauflösende Substanzen sezerniert, um einer Behinderung der Nahrungsaufnahme durch immunologische Vorgänge oder die Blutgerinnung vorzubeugen. Das wiederum begünstigt auch die Borrelien: Sie können sich leichter fortbewegen und sind vor dem Immunsystem des Wirtstieres zumindest partiell geschützt. Darüber hinaus sind wahrscheinlich Lockstoffe für die Borrelien im Speichel der Zecken vorhanden, da Speicheldrüsenhomogenate regelrecht anziehend auf Borrelien wirken (Shih et al., 2002). Ein entscheidender Punkt für den Infektionszyklus ist die lange Dauer des Saugaktes: während blutsaugende Insekten wie Stechfliegen Blutmahlzeiten nur als Adulte und nahezu im Vorbeifliegen aufnehmen, benötigen die relevanten dreiwirtigen Schildzecken in jedem mobilen Stadium eine komplette Mahlzeit, für die sie sich als Larve ca. 3–4 Tage, als Nymphe 5–7 und als weibliche Adulte 7–10 Tage Zeit nehmen. Somit steht für die in nur geringer Anzahl im Gewebe vorhandenen Borrelien ausreichend Zeit zur Verfügung, um die Zecke zu finden und in relevanter Zahl zu infizieren.

Wie überleben die Borrelien in der Zecke und wie werden sie auf einen neuen Wirt übertragen?

Haben die Borrelien schließlich das Innere ihres Vektors erreicht, sind sie mit völlig anderen Umgebungsbedingungen konfrontiert: unter anderem ändern sich die Temperatur, der osmotische Druck, der pH-Wert und das Immunsystem. Auch die Zielsetzung für die Borrelien ist jetzt eine völlig andere. Sie müssen für die nächste Zeit – Monate bis zu Jahren – in ihrem Vektor überleben, ohne ihn wesentlich zu schädigen, um schließlich bei einer weiteren Blutmahlzeit einen neuen Wirt infizieren zu können. Um sich dieser neuen Umgebung anzupassen, werden von den Borrelien verschiedene Proteine hoch- und andere herunterreguliert, sie verändern sozusagen ihr antigenetisches Make-up. Zum Beispiel wird das Oberflächenprotein (outer surface protein; Osp) A in der Zecke hochreguliert (Fingerle et al., 1995; Goettner et al., 2006). Dieses Adhäsin dient dann zur Verankerung der Borrelien an der Darmwand über TROSPA (tick receptor for OspA), den wiederum die Zecke im Darm hochreguliert – interessanterweise im Darm borrelieninfizierter Zecken stärker als in nicht infizierten (Fikrig and Narasimhan, 2006). In Zusammenspiel mit OspB kann die Borrelie so in einem relativ inaktiven Zustand für längere Zeit im Darm der Zecke überleben. Dabei bietet der Darm der Schildzecke eine spezielle ökologische Nische: Hier wird insbesondere konzentrierte Nahrung gelagert, verdaut wird in den Darmzellen. Somit ist die Borrelie nicht mit aggressiven Verdauungssubstanzen konfrontiert. Allerdings werden Defensine, das sind kleine, 33 bis 47 Aminosäuren lange Peptide, die der Abwehr von mikrobiellen Erregern, vor allem Bakterien, dienen, in das Darmlumen abgegeben. Ob und inwieweit diese die

Borrelien beeinträchtigen oder wie sich die Borrelie gegen die Defensine schützt, ist nicht bekannt.

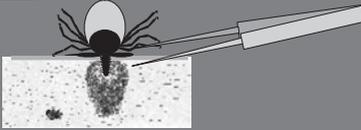
Mit Beginn eines neuen Saugaktes entsteht für die Borrelien wieder ein mehrere Tage dauerndes Zeitfenster, um aus dem Darm über die Speicheldrüsen der Zecke in einen neuen Wirt zu gelangen. Auch für die effiziente Übertragung ist die lange Saugdauer eine notwendige Voraussetzung: Die im Darm der ungesogenen Zecke vorhandenen Borrelien scheinen nämlich zunächst nicht infektiös zu sein. Erst mit dem erneuten Umbau des Proteinexpressionsmusters werden die Borrelien infektiös: z.B. wird OspC, ein Oberflächenprotein mit essentiellen Funktionen sowohl für die Dissemination vom Zeckendarm in die Speicheldrüsen als auch die Infektion des Wirtes, hochreguliert (Fingerle et al., 1998). Parallel dazu wird OspA auf den Borrelien, aber auch TROSPA, der Rezeptor für OspA, im Darm der Zecke herunterreguliert. Möglicherweise ist diese synchrone Regulation eine wichtige Voraussetzung, um den Übertragungsvorgang in Gang zu setzen. Die Borrelie wandert im weiteren Verlauf aus dem Darm in die Speicheldrüsen der Zecke und wird von dort mit anderen Speichelsubstanzen in den Nahrungspool sezerniert. Im Speichel bindet das auf der Oberfläche der Spirochäte hochregulierte OspC ein Protein der Zecke – Salp15 – das potente immunsuppressive Eigenschaften aufweist (Hovius et al. 2007). Neben der immunsupprimierenden Eigenschaft maskiert dieses Zeckenspeichelprotein möglicherweise die Borrelie und sie kann so vom Immunsystem des Wirtes zunächst nicht erkannt werden. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass dieses Protein in den Speicheldrüsen borrelieninfizierter Zecken vermehrt produziert wird – möglicherweise auch ein Vorteil für die infizierte Zecke, die so besser vor dem Immunsystem des Wirtes geschützt sein könnte. Auch sezernieren die Zecken Proteine, die wirkungsvoll vor einer komplementvermittelten Lyse im neuen Wirt schützen können (Schroeder et al. 2007). Die komplementvermittelte Lyse ist für Säugetiere ein wichtiger Pfeiler der unspezifischen Abwehr von Bakterien. Zusammengefasst ist die Aufnahme, Beherrschung und Übertragung von Borrelien durch Schildzecken nicht ein rein physikalischer Vorgang, sondern ein offensichtlich komplexes, genau abgestimmtes Zusammenspiel verschiedenster Faktoren, das sich im Verlauf der Vektor-Pathogen-Evolution entwickelt hat und möglicherweise sogar Vorteile für beide Seiten beinhaltet. Diese komplexen, notwendigen Interaktionen sind auch der Grund dafür, dass stechende Insekten als spezifische Vektoren nicht in Frage kommen.

Wie wird eine Zecke sinnvoll entfernt?

Prinzipiell ist zu betonen, dass eine festgesogene Zecke so schnell wie möglich entfernt werden sollte, da die Wahrscheinlichkeit der Übertragung von Borrelien mit der Dauer des Saugaktes ansteigt. Bei der Entfernung der Zecke ist darauf zu achten, dass

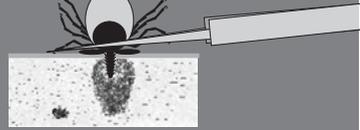
Korrektes Entfernen einer Zecke

1



Optimales Werkzeug:
Spitze Pinzette oder Zeckenkarte

2



Fassen der Zecke möglichst dicht
über der Haut

3



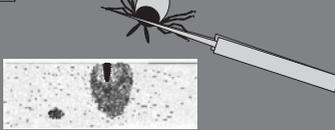
Zecke dann einfach herausziehen.
Etwas Hin- und Herdrehen und vorsichtige
Rüttelbewegungen können das
Herausziehen ggf. erleichtern.

4



Nach dem Entfernen Einstichstelle desin-
fizieren und auf Überreste der Zecke
untersuchen.

5



Sollten „Zeckenreste“ in der Wunde
zurückgeblieben sein, handelt es sich
um das sog. Hypostom der Zecke,
das chirurgisch (z.B. Luxation mittels Kanüle)
entfernt werden kann. Abschließend
desinfizieren.

der Zeckenleib nicht gequetscht wird, da dadurch Erreger aus der Zecke in die Wunde gepresst werden könnten. Auch von der Anwendung von Substanzen wie Klebstoff, Alkohol oder Öl zur Entfernung der Zecke muss abgeraten werden, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass diese Vorgehensweisen die Sekretion von Borrelien durch die Zecke in die Stichwunde induzieren.

Die Zecke hat kein links- oder rechtsdrehendes Gewinde am Hypostom und sollte daher entgegen der allgemeinen Überzeugung nicht aus der Haut „geschraubt“ werden. Am besten wird die Zecke – gegebenenfalls unter Zuhilfenahme einer Lupe – mit einer spitzen, dünnen, aber stabilen Pinzette möglichst dicht über der Haut gefasst und langsam herausgezogen. Vorsichtiges Hin- und Herdrehen und vorsichtige Rüttelbewegungen können das Herausziehen der Zecke erleichtern. Auch mit der so genannten Zeckenkarte sind Zecken gut zu entfernen. Steht kein geeignetes Werkzeug zur Verfügung, kann die Zecke auch unter Zuhilfenahme der Fingernägel herausgezogen werden. Wie oben erwähnt ist insbesondere bei der Entfernung mittels der Fingernägel darauf zu achten, den Zeckenleib so wenig wie möglich zu quetschen.

Sollten bei der anschließenden Inspektion noch Reste in der Wunde sichtbar sein, handelt es sich dabei nicht um den Kopf der Zecke, sondern lediglich um den Stechrüssel im Sinne eines intrakutanen Fremdkörpers, der keine spezifische Infektionsgefahr besitzt. Abschließend muss die Wunde gründlich desinfiziert werden, u.a. um Superinfektionen mit anderen (Haut)-Keimen zu verhindern. Ein Arztbesuch ist unbedingt bei Auftreten entsprechender Symptome – z.B. ringförmige Hautrötung oder Kopfschmerzen – notwendig. Eine prophylaktische Antibiotikagabe kann, nach dem derzeitigen Stand des Wissens, in Deutschland nicht empfohlen werden. Ebenso sind serologische Verlaufskontrollen oder eine Untersuchung der Zecke auf Borrelien normalerweise nicht indiziert.

Literatur

- Fikrig E, Narasimhan S. *Borrelia burgdorferi* – Travelling incognito? *Microbes Infect* 2006, 8(5): 1390-9.
- Fingerle V, Bergmeister H, Liegl G, Vanek E, Wilske B. Prevalence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in *Ixodes ricinus* in Southern Germany. *J Spiroch Tick Dis* 1994, 1(2): 41-5.
- Fingerle V, Hauser U, Liegl G, Petko B, Preac-Mursic V, Wilske B. Expression of outer surface proteins A and C of *Borrelia burgdorferi* in *Ixodes ricinus*. *J Clin Microbiol* 1995, 33(7): 1867-9.
- Fingerle V, Liegl G, Munderloh U, Wilske B. Expression of outer surface proteins A and C of *Borrelia burgdorferi* in *Ixodes ricinus* ticks removed from humans. *Med Microbiol Immunol (Berl)* 1998, 187(2): 121-6.
- Goettner G, Gern L, Schulte-Spechtel U, Wilske B, Fingerle V. OspC of *Borrelia afzelii* is crucial for dissemination in the vector as shown by transformation and complementation of a European OspC-deficient *Borrelia afzelii* strain. *Int J Med Microbiol* 2006, 296(S1): 122-4.
- Hovius JW, van Dam AP, Fikrig E. Tickhost-pathogen interactions in Lyme borreliosis. *Trends Parasitol* 2007, 23(9): 434-8.
- Rauter C, Hartung T. Prevalence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato genospecies in *Ixodes ricinus* ticks in Europe: a metaanalysis. *Appl Environ Microbiol* 2005, 71(11): 7203-16.
- Schroeder H, Daix V, Gillet L, Renaud JC, Vanderplasschen A. The paralogous salivary anticomplement proteins IRAC I and IRAC II encoded by *Ixodes ricinus* ticks have broad and complementary inhibitory activities against the complement of different host species. *Microbes Infect* 2007, 9(2): 247-50.
- Shih CM, Chao LL, Yu CP. Chemotactic migration of the Lyme disease spirochete (*Borrelia burgdorferi*) to salivary gland extracts of vector ticks. *Am J Trop Med Hyg* 2002, 66(5): 616-21.
- Stanek G, Strle F. Lyme borreliosis. *Lancet* 2003, 362(9396): 1639-47.

Dr. med. Volker Fingerle

Nationales Referenzzentrum für Borrelien

Konsiliarlabor für Ehrlichien

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL)

Dienststelle Oberschleißheim

Veterinärstraße 2, 85764 Oberschleißheim

Tel: (0 89) 3 15 60-870

Fax (0 89) 3 15 60-865

E-Mail: volker.fingerle@lgl.bayern.de

Gesundheitliche Auswirkungen von Hitze- und Kältewellen

Martina Kohlhuber, Hermann Fromme



Hintergrund

Viele nationale und internationale Studien zeigen, dass Hitzewellen im Sommer und Kältewellen im Winter die Sterblichkeit über die saisonal üblichen erwarteten Werte hinaus erhöhen (Keatinge und Donaldson 2004a Keatinge und Donaldson 2004b, Wilkinson et al. 2004, Koppe et al. 2003).

Die Hitzewelle im August 2003 hat vor allem in Westeuropa und für Deutschland in Baden-Württemberg zu sehr hohen Tagestemperaturen und langen Hitzeperioden geführt (Koppe et al. 2003). In der wissenschaftlichen Literatur liegt insbesondere von der Hitzewelle in Frankreich robustes Zahlenmaterial zur veränderten Mortalität vor (Institute de Vielle Sanitaire 2003). Demnach betrug die erhöhte Sterblichkeit zwischen dem 1. und 20. August im Vergleich zur täglichen Durchschnittsterblichkeit 14.802 Fälle. Menschen in Gebieten mit hoher Luftverschmutzung und insbesondere ältere Menschen waren am schwersten betroffen. Einem Fachgutachten für das Land Baden-Württemberg zufolge waren im Jahr 2003 auf Landesebene 2.000 Todesfälle der Hitzebelastung zuzuordnen, wobei zwei Drittel auf den Monat August fielen (Koppe und Jendritzky 2004). Die Sterblichkeit wurde mit der „gefühlten Temperatur“, einem Klimaindex, verglichen. Die Hitzewelle forderte vor allem bei den über 75-Jährigen viele Todesopfer. Der Bericht betont jedoch auch, dass die Daten auf kleinen Grundgesamtheiten beruhen und daher aufgrund statistischer Unsicherheiten lediglich Tendenzen sichtbar machen.

Im internationalen Rahmen sind sich Klimaexperten und Wissenschaftsgremien wie etwa das „Intergovernmental Panel on Climate Change“ seit längerem einig, dass die globale Durchschnittstemperatur noch in diesem Jahrhundert durch anthropogene Einflüsse um 1,4 bis 5,8 Grad ansteigen wird (IPCC 2008). Zusätzlich wird eine Häufung extremer Wetterereignisse wie Hitzewellen erwartet. Für Bayern wird sich nach Modellierungen im Rahmen des KLIWA-Projektes (Klimaveränderung und Wasserwirtschaft) die Anzahl

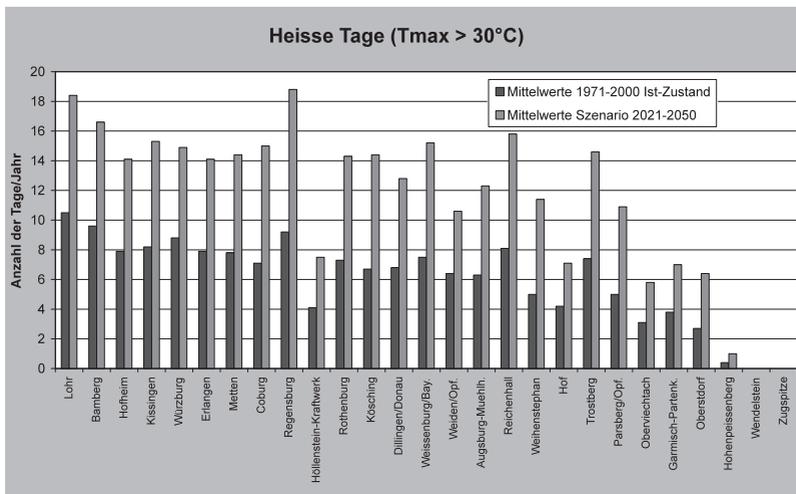


Abb. 1: Anzahl der bisherigen und künftigen heißen Tage (Tmax ≥ 30°C) pro Jahr in Bayern

heißer Sommertage im Zeitraum 2021 bis 2050 voraussichtlich verdoppeln im Vergleich zum Zeitraum 1971-2000 (Abbildung 1) (Beierkuhnlein und Foken, 2008). Daraus ergeben sich verschiedene Konsequenzen für die menschliche Gesundheit und Folgen für die Entwicklung von Anpassungsstrategien (Jendritzky 1998, LGL 2006).

Auswirkung der Hitzewelle 2003 auf die Sterblichkeit in Bayern

Am Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) wurden für Bayern für die Jahre von 2000 bis 2003 die nach ICD-10 kodierten alters- und geschlechtsstratifizierten Todesfälle pro 100.000 Einwohner durch Erkrankungen der Atemwege pro Monat und des Herz-Kreislauf-Systems pro Tag aufgearbeitet und unter Hinzunahme der Klimadaten modelliert (Burckhardt 2005). Für Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems lagen tagesgenaue Daten von Januar 2001 bis Dezember 2003 vor, die mittels Poisson-Regression modelliert wurden. Die Erkrankungen der Atemwege konnten aus Datenschutzgründen nur monatsweise deskriptiv analysiert werden.

Abbildung 2 vergleicht stellvertretend für Bayern die geschlechtsspezifischen Mortalitätsdaten der Stadt München mit den lokalen Klimadaten für diesen Zeitraum. Die Zahlen für München sind mit den bayernweiten Daten vergleichbar. Bereits in den monatlichen Mortalitätsdaten für Herz-Kreislauf-Erkrankungen wird deutlich, dass die Sterblichkeit unter Männern und Frauen in den kälteren Monaten höher ist als in den warmen Sommermonaten. Der Hitzesommer 2003 bildet hier keine Ausnahme. Die Mittelwerte

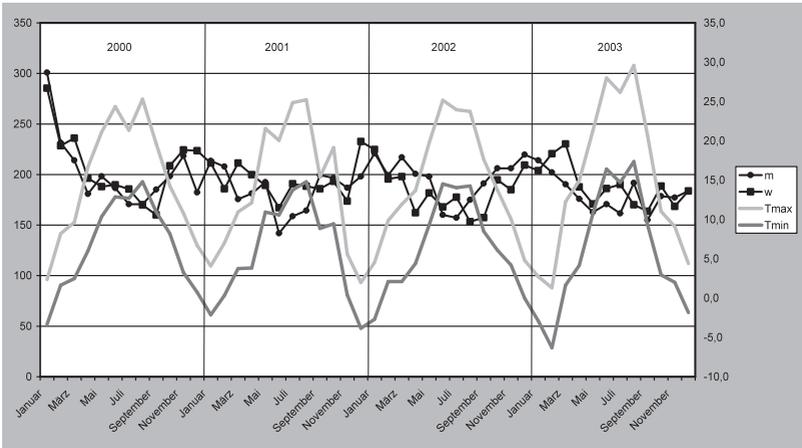


Abb. 2: Mittlere Herz-Kreislauf-Mortalität pro Monat in München pro 100.000 der 65-jährigen und älteren Männer und Frauen (linke Skala) für die Jahre 2000-2003 im Vergleich zur mittleren Höchst- und Tiefsttemperatur pro Monat (rechte Skala)

der Sterblichkeit an Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit 95%-Konfidenzintervall sind in Abbildung 3 dargestellt.

Durch die feineren Tagesdaten der Herz-Kreislauf-Sterblichkeit konnte deren Temperaturgradient in Grad-Celsius-Schritten dargestellt werden. Es zeigt sich ein deutlicher Gradient von kalten Temperaturen mit hoher Sterblichkeit zu warmen/heißen Temperaturen mit niedriger Sterblichkeit. In den kalten Monaten starben im Mittel 216 Frauen und 212 Männer pro 100.000 an Herz-Kreislauf-Erkrankungen. In warmen/heißen Monaten

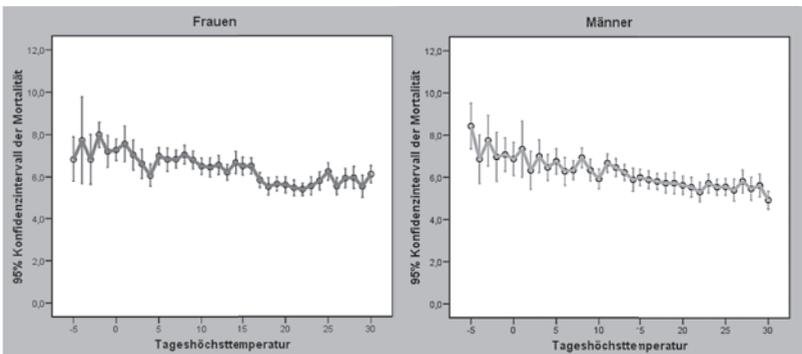


Abb. 3: Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle der Todesfälle pro 100.000 an Herz-Kreislauf-Erkrankungen in München, 65 Jahre und älter

hingegen starben im Mittel 180 Frauen und 172 Männer pro 100.000. Abbildung 3 zeigt bei Männern eine kontinuierliche Abnahme der Herz-Kreislauf-Sterblichkeit von etwa 8 Toten pro 100.000 pro Tag bei -5°C bis auf etwa 6 Tote pro 100.000 pro Tag bei 30°C. Bei Frauen ist diese Abnahme ebenfalls in der Grundtendenz sichtbar, allerdings weniger stark ausgeprägt. Bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen gibt es keine auffälligen Unterschiede zwischen den Geschlechtern.

Abbildung 4 zeigt die Mittelwerte der Sterblichkeit an Atemwegserkrankungen mit 95%-Konfidenzintervall. Atemwegserkrankungen wurden in drei Temperaturgruppen eingeteilt: „kalte“ Monate (unteres Temperaturquartil, bis 9°C), „normale“ Monate (mittlere beide Temperaturquartile 9°C bis 22°C) und „heiße“ Monate (oberes Temperaturquartil, ab 22°C). In den kalten Monaten starben im Mittel 27 Frauen und 36 Männer pro 100.000 an Atemwegserkrankungen, in warmen/heißen Monaten hingegen im Mittel 20 Frauen und 29 Männer pro 100.000. Bei den Atemwegserkrankungen ist ein deutlicher Geschlechtergradient sichtbar: Männer haben fast immer statistisch signifikant höhere Mortalitätsraten als Frauen. Ursächlich hierfür ist höchstwahrscheinlich das geschlechtsspezifische Rauchverhalten der Generation 65+.

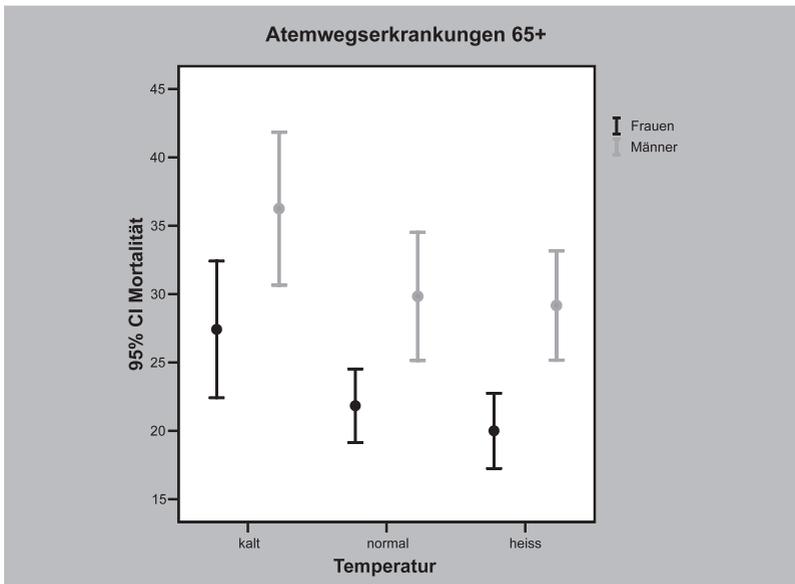


Abb. 4: Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle der Todesfälle pro 100.000 an Atemwegserkrankungen in München, 65 Jahre und älter

Der wechselseitige Einfluss der Klimaparameter auf die Tagesmortalität von Herz-Kreislauf-Erkrankungen wurde für Männer und Frauen getrennt in einer Poisson-Regression analysiert. Es zeigte sich, dass bei Männern über 65 Jahren steigende Temperaturen mit einer Verzögerung von vier Tagen die Tagessterblichkeit bei Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems reduzieren. Die Reduktion bezogen auf die Januarsterblichkeit fällt am stärksten in der Kategorie „15°C bis 20°C“ aus und ist sogar tendenziell noch in der Gruppe „30°C bis 37°C“ sichtbar. Bei Frauen über 65 Jahren haben die Klimavariablen Temperatur und Druck zumindest in der statistischen Auswertung keinen Einfluss. Hier wirken noch unbekannte saisonale Effekte.

Diskussion der Ergebnisse

Unabhängig von Extremereignissen ist die Sterblichkeit in Kälteperioden erhöht, was sich sowohl in der Literatur als auch in unseren Analysen wiederfindet (Keatinge et al. 2000b, Wilkinson et al. 2004). Für Bayern kann außerdem eine leichte Abnahme des Mortalitätstrends von 2000 bis 2003 beobachtet werden. Unerwartet war jedoch das Ausmaß der niedrigeren Sterberaten in warmen/heißen Monaten. Allerdings waren die Temperaturen in Bayern und München nicht so extrem hoch wie in Frankreich oder Baden-Württemberg. Eventuell wirken Kälteperioden über eine längere Exposition im Wochen- und Monatsbereich auf die Gesundheit und werden wahrscheinlich zusätzlich von nur indirekt klimaabhängigen Faktoren wie Krankheitserregerdruck überlagert. Hitzewellen könnten demgegenüber durch ihre rasche Temperaturänderung auf die Gesundheit negativ einwirken.

Zusammen mit der temperaturbedingten Übersterblichkeit wird ein „harvesting“-Effekt (harvest: engl. Ernte) diskutiert, speziell für die Risikogruppe der alten und pflegebedürftigen Menschen (Pfaff 2004). Demnach sterben durch Kälte- und Hitzewellen zwar akut mehr Menschen, ihr Tod wird aber durch das auslösende Ereignis (Hitze, Kälte) lediglich um eine gewisse Zeit vorgezogen und die Sterblichkeit der Folgemonate liegt dann wieder unter dem Durchschnitt. Dieser Effekt ist auch an den bayerischen Daten zu beobachten.

Es kann vermutet werden, dass im Rahmen eines Klimawandels mit Temperaturanstieg die Reduktion der kälteassoziierten Todesfälle durch die milderen Winter die Erhöhung der Todesfälle im Sommer ausgleicht und so zu einer Verringerung der Gesamtsterblichkeit durch temperaturbedingte Umweltfaktoren führt (Keatinge et al. 2000a). Umgekehrt könnte die Hypothese aufgestellt werden, dass kurzfristige witterungsbedingte Temperaturschwankungen zunehmen und dadurch zu einem vermehrten Adaptationsstress des Organismus führen. Diese Effekte wären jedoch allenfalls über einen langen Zeitraum nachweisbar und müssten sorgfältig von anderen Einflüssen auf die Mortalitätsentwicklung unterschieden werden.

Auch geographische und stadtplanerische Bedingungen müssen im Zusammenhang mit Hitzewellen diskutiert werden. München hat durch die Isar eine Kaltluftschneise, in der besonders abends kalte Luft in die Stadt gelangt. Bei neuen Planungen sollte daher berücksichtigt werden, dass bestehende Luftschneisen nicht verbaut werden und sich dadurch die Hitze in der Stadt staut.

Maßnahmen zur Prävention bei Hitzestress

Physiologisch wirken Hitzewellen auf die körpereigene Temperaturregulation und damit einhergehende Prozesse wie gesteigerte Transpiration (Flüssigkeits- und Elektrolytverlust). Dadurch kommt es zu einer erhöhten Belastung des Herz-Kreislauf-Systems und zum Hitzestau. Besonders gefährdete Bevölkerungsgruppen sind Kleinkinder und Säuglinge, ältere Menschen, Kranke und Pflegebedürftige und Personen, die Medikamente einnehmen, die den Flüssigkeitshaushalt des Körpers beeinflussen.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) schlägt als erste Maßnahme zur Prävention von Hitzestress die Einführung eines Hitzewarnsystems vor (Koppe et al. 2004). Dieses sollte auf kommunaler Ebene bei vorhergesagten Hitzewellen Warnungen über Medien verteilen und zusätzlich sensible Institutionen wie Krankenhäuser, Alten- und Pflegeheime und Schulen benachrichtigen und entsprechende Empfehlungen verbreiten. Bayern ist seit Juli 2007 an das Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes (DWD) angeschlossen, das entsprechende Meldungen an Medien und Einrichtungen verbreitet. Zu beachten ist jedoch, dass nicht alle gefährdeten Personen über Pflegedienste erreichbar sind und dass durch die Veränderung in den Familienstrukturen vermehrt ältere Personen alleine wohnen (Pfaff, 2004). Dem muss in der Planung von Hitzewarnsystemen Rechnung getragen werden.

Anzeichen für einen Hitzestau sind unter anderem ein heißes Gesicht, Erschöpfung, Kopfschmerzen, Kreislaufbeschwerden, Krämpfe, gesteigerte Unruhe und erhöhte Temperatur. Erste Maßnahmen zur Behandlung von akutem Hitzestress sind, Aufenthalt im Schatten oder in kühlen Räumen zu suchen, sich durch nasse Tücher abzukühlen und genügend zu trinken. Besondere Aufmerksamkeit sollte Kranken und Pflegebedürftigen gelten.

Um sich vor einem drohendem Hitzestau zu schützen, sollte man an heißen Tagen für ausreichende Flüssigkeitszufuhr sorgen. Für ältere Personen und Pflegebedürftige kann es sinnvoll sein, einen Trinkplan für den ganzen Tag aufzustellen. Aufenthaltsräume sollten tagsüber abgedunkelt und abends gelüftet werden. Körperliche Anstrengungen sind zu vermeiden. Personen, die Medikamente einnehmen, sollten vorsorglich mit dem Arzt besprechen, wie sie sich bei großer Hitze verhalten sollen.

Literatur

- Beierkuhnlein C, Foken T. Klimawandel in Bayern: Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten. Band 113 im Bayreuther Forum Ökologie, 2008.
- Burckhardt F, Kohlhuber M, Wildner M, Fromme H. Klimaveränderung und Gesundheit. Abstract für die 13. Konferenz der Gesellschaft für Hygiene und Umweltmedizin (GHU), 9. Konferenz der International Society of Environmental Medicine (ISEM) und LGL-Kongress für den Öffentlichen Gesundheitsdienst (ÖGD). Umweltmedizin in Forschung und Praxis 2005; 10: 300.
- Institute de Vielle Sanitaire I. Impact sanitaire de la vague de chaleur d'août 2003 en France: Institute de Vielle Sanitaire, 2003: 162.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2008. Synthesis Report. WMO, Genf, 2008.
- Jendritzky G. Einwirkungen von Klimaänderungen auf die Gesundheit des Menschen in Mitteleuropa. In: Bundesministerium für Verkehr BuW, editor. Klimastatusbericht 1998 unter www.dwd.de: Deutscher Wetterdienst, 1998.
- Keatinge WR, Donaldson GC, Bucher K, Jendritzky G, Cordioli E, Martinelli M et al. Winter mortality in relation to climate. *Int J Circumpolar Health* 2000a; 59(3-4): 154-9.
- Keatinge WR, Donaldson GC, Cordioli E, Martinelli M, Kunst AE, Mackenbach JP, et al. Heat related mortality in warm and cold regions of Europe: observational study. *BMJ* 2000b; 321(7262): 670-3.
- Keatinge WR, Donaldson GC. The impact of global warming on health and mortality. *South Med J* 2004a; 97(11): 1093-9.
- Keatinge WR, Donaldson GC. Winter mortality in elderly people in Britain: action on out-door cold stress is needed to reduce winter mortality. *BMJ* 2004b; 329(7472): 976.
- Koppe C, Jendritzky G, Kovats S, Menne B et al. Heat waves: risks and responses. Health and Global Environmental Change Series No. 2. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 2004.
- Koppe C, Jendritzky G. Die Auswirkungen der Hitzewellen 2003 auf die Mortalität in Baden-Württemberg. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 2004: 1-81.
- Koppe C, Jendritzky G, Pfaff G. Die Auswirkungen der Hitzewelle 2003 auf die Gesundheit. In: Bundesministerium für Verkehr BuW, editor. Klimastatusbericht 2003 unter www.dwd.de: Deutscher Wetterdienst, 2003: 152-162.
- LGL, Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL). Klimaveränderung in Bayern. Gesundheitliche Folgen und Perspektiven. 2006. Unter http://www.lgl.bayern.de/gesundheits/umweltmedizin/doc/klima_gesundheit_lgl_2006.pdf.
- Pfaff G. Hitzefolgekrankheiten: Herausforderung für das Gesundheitswesen. *Epidemiologisches Bulletin* 2004; 25: 200.
- Wilkinson P, Pattenden S, Armstrong B, Fletcher A, Kovats RS, Mangtani P et al. Vulnerability to winter mortality in elderly people in Britain: population based study. *BMJ* 2004; 329(7467): 647.

Martina Kohlhuber

PD Dr. Hermann Fromme

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit

Sachgebiet Umweltmedizin

Veterinärstraße 2, 85764 Oberschleißheim

Tel. (0 89) 3 15 60-403

Fax (0 89) 3 15 60-835

E-Mail: Martina.Kohlhuber@lgl.bayern.de

Prognose und Bewertung der zukünftigen Hitzebelastung in Bayern

Michael Hübler



1. Einleitung

Der Hitzesommer 2003 hat uns die von Hitzeperioden ausgehenden Gesundheitsgefahren vor Augen geführt, besonders wenn sie die Bevölkerung unvorbereitet treffen. In Folge des Klimawandels rechnen die Meteorologen zukünftig mit häufiger auftretenden und vehementeren Hitzeereignissen. Da Bayern aufgrund seiner geographischen Lage innerhalb Deutschlands zu den am stärksten von der steigenden Hitzebelastung betroffenen Regionen gehört, sollen in diesem Artikel die resultierenden Gesundheitsrisiken für Bayern beschrieben und soweit möglich in einer ersten Näherung geschätzt werden. Dabei kommen unter anderem empirische Erkenntnisse bezüglich des Nachbarlandes Baden-Württemberg zur Anwendung. Der Zweck der Analyse besteht darin, eine Vorstellung vom Ausmaß der möglichen Folgen des Klimawandels zu gewinnen, um so geeignete Vermeidungs- und Anpassungsmaßnahmen planen und umsetzen zu können. Für das Nachbarland Hessen haben Uphoff und Hauri (2005) bereits eine Zusammenstellung sämtlicher Gesundheitsrisiken des Klimawandels erarbeitet. Es gilt, besonders vulnerable (gefährdete) Regionen und Personengruppen zu identifizieren, um diese gezielt schützen zu können. Im Rahmen dieser Anpassungsprozesse spielt die ärztliche Beratung und Behandlung in Praxen, Krankenhäusern und Seniorenheimen eine wichtige Rolle.

Abschnitt 2 beschreibt zunächst die im Laufe des 21. Jahrhunderts zu erwartende Zunahme an Hitzetagen pro Jahr. Abschnitt 3 gibt einen Überblick über Einfluss- und Risikofaktoren der Hitzebelastung, die Ansatzpunkte für geeignete Behandlungs- und Anpassungsmaßnahmen bieten sollen. Abschnitt 4 verwendet Mortalitätsschätzungen als Risikoindikator für die zukünftige Hitzebelastung in Bayern. Abschnitt 5 versucht, die durch hitzebedingte Notfälle entstehenden Kosten abzuschätzen, und Abschnitt 6 soll eine grobe Vorstellung von dem hitzebedingten Rückgang des gesamtwirtschaftlichen

Produktionswertes geben. Dabei wird Bayern jeweils im bundesdeutschen Vergleich betrachtet. Abschnitt 7 schließt mit einem Resümee.

2. Szenarien der zukünftigen Hitzebelastung

Die vom Deutschen Wetterdienst (2008) vorgestellte Übersicht der Klimamodellrechnungen (REMO, CLM, WETTREG, STAR) illustriert unter anderem die zukünftig zu erwartende zusätzliche Anzahl an heißen Tagen pro Jahr in Deutschland. Zugrunde liegt das als realistisch geltende IPCC Emissionsszenario A1B. Im Falle sehr erfolgreicher Klimapolitik bzw. Emissionsreduktionen kann die Zunahme an Hitze deutlich geringer ausfallen, im Falle eines Scheiterns der Klimapolitik und der Emissionseinsparungen aber auch weitaus gravierender.

Demnach ist im Zeitraum 2021 bis 2050 in Bayern je nach Klimamodell mit bis zu 3, 6 oder 9 zusätzlichen heißen Tagen mit Temperaturen von mindestens 30°C pro Jahr im Vergleich zur heutigen Situation zu rechnen. Im Zeitraum 2071 bis 2100 steigt die Anzahl an zusätzlichen Hitzetagen je nach Modell und je nach Region innerhalb des Freistaats auf bis zu 6 oder bis zu 27 pro Jahr. Abb. 1 zeigt die zusätzlichen Hitzetage pro Jahr laut Regionalem Klimamodell (REMO) für das Szenario A1B im Zeitraum 2071 bis 2100 im Vergleich zur Referenzperiode 1971 bis 2000. Diese Daten bilden die Grundlage für die im Folgenden beschriebenen Schätzungen von möglichen Gesundheitsfolgen und -kosten.

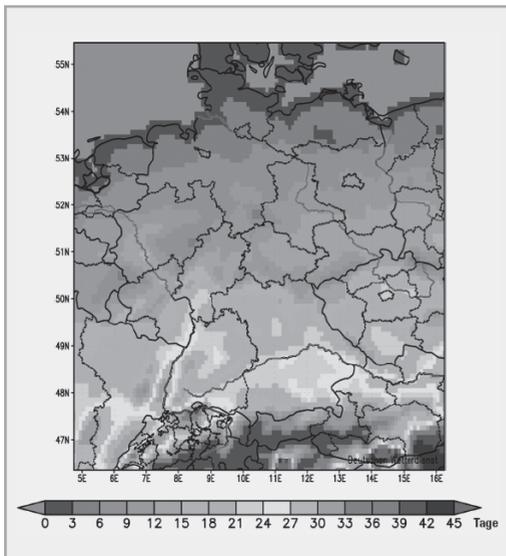


Abb. 1: Durchschnittliche Anzahl an zusätzlichen heißen Tagen mit mindestens 30°C pro Jahr im Zeitraum 2071 bis 2100 im Vergleich zum Zeitraum 1971 bis 2000 gemäß Klimamodell REMO und IPCC-Szenario A1B, Quelle: Deutscher Wetterdienst (2008)

Es wird deutlich, dass Bayern und Baden-Württemberg innerhalb Deutschlands die am stärksten von der Hitzebelastung betroffenen Gebiete sind. Daher sind eine frühzeitige Analyse der möglichen Folgen des Klimawandels und das Initiieren geeigneter Anpassungsmaßnahmen gerade in diesen Bundesländern von besonderer Relevanz.

3. Einfluss- und Risikofaktoren

Hitzebedingte Erkrankungen stehen häufig im Zusammenhang mit dem Herz-Kreislauf-System und der Atmung. Dem Hitzschlag kommt statistisch betrachtet eine geringe Bedeutung zu. Dabei wird das Gefährdungspotenzial der heutigen und zukünftigen Hitzebelastung von meteorologischen und physiologischen Faktoren, vom Wohnumfeld der Betroffenen und deren Verhalten beeinflusst (vgl. Havenith 2005, Kovats und Jendritzky 2006, Hübler 2008). Abb. 2 gibt einen Überblick über wichtige Faktoren. Diese Risikoquellen bilden zugleich Ansatzpunkte für geeignete Anpassungsmaßnahmen.

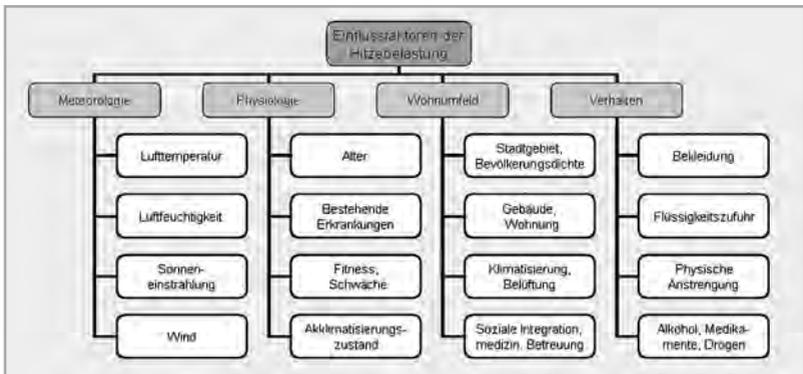


Abb. 2: Schematische Übersicht über Einflussfaktoren der Hitzebelastung

Neben der eigentlichen gemessenen Lufttemperatur wird das menschliche Temperaturempfinden von weiteren meteorologischen Größen bestimmt. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Luftfeuchtigkeit, da eine hohe Luftfeuchtigkeit die Wärmeabgabe des Körpers durch Schwitzen erschwert. Der Hitzesommer 2003 hatte in Frankreich nicht zuletzt wegen der dort herrschenden hohen Luftfeuchtigkeit solch dramatische Folgen. Des Weiteren kann Sonneneinstrahlung (kurz- und langwellige Strahlung) die Körperoberfläche zusätzlich erhitzen. Eine höhere Windgeschwindigkeit verbessert den Wärmeaustausch zwischen Körper und Umgebung.

Statistisch betrachtet ist ein hohes Alter der Hauptrisikofaktor für gravierende Gesundheitsfolgen durch Hitzebelastung. Der Grund dafür ist die Korrelation mit den

Determinanten bestehende Erkrankungen, mangelnde Fitness bzw. Erschöpfung und Schwäche, Fettleibigkeit sowie die Einnahme von Medikamenten. Bestehende Erkrankungen sind in diesem Zusammenhang u. a. Bluthochdruck, Herz-, Nieren-, Leber- oder Stoffwechselerkrankungen, Fieber, Infektionen, Verbrennungen (siehe Kovats und Jendritzky, 2006). Das Thermoregulierungsvermögen nimmt mit zunehmendem Alter ab, da die Fähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems, Wärme zur Körperoberfläche zu transportieren, nachlässt. Mangelnde Fitness kann in einen Teufelskreislauf münden, wenn Aktivitäten sowie Kältestress und Hitzebelastung zunehmend gemieden werden, so dass sich das Thermoregulierungsvermögen weiter verschlechtert (Kovats und Jendritzky 2006). Kleinkinder sind prinzipiell eine besonders vulnerable Personen-Gruppe. Aus den bisherigen empirischen Auswertungen hat sich jedoch für Kinder keine eindeutig höhere Gefährdung durch Hitzewellen ergeben. Hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Geschlecht und Anfälligkeit für Hitzebelastung kommen die statistischen Auswertungen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Hitzewellen zu Beginn der Sommerperiode sind gefährlicher als im Spätsommer, da die Menschen noch unzureichend akklimatisiert sind.

Der Einflussfaktor Wohnumfeld ist eng mit dem sozialen Status verbunden und wurde in einigen Studien für die USA und Großbritannien empirisch nachgewiesen (z.B. O'Neill et al., 2003). Zunächst tritt in Städten und Ballungszentren der so genannte Hitzeineffekt auf, d.h. die Temperatur übersteigt dort die im Umland gemessenen Temperaturen. Hinzu kommen die städtische Luftverschmutzung durch Straßenverkehr und Industrie sowie während heißer Perioden häufig Sommersmog. Wohnen in schlecht klimatisierten und schlecht belüfteten Gebäuden und in höheren Stockwerken erhöht das Hitzerrisiko. Klimaanlage reduzieren die Hitzebelastung, führen aber auch zu einem beträchtlichen Energieverbrauch. Hierbei wohnen sozial schwächere Personen häufiger in gefährdeten Stadtgebieten und Wohnungen und sind daher einem erhöhten Risiko ausgesetzt. Während des Hitzesommers 2003 stiegen die Mortalitätszahlen besonders in Seniorenheimen und Krankenhäusern an. Doch auch eine mangelnde soziale Integration und eine unzureichende medizinische Betreuung älterer Menschen bergen ein potentielles Risiko.

Durch angemessenes Verhalten lässt sich das Hitzerrisiko deutlich reduzieren. Hierbei kommt dem Arzt im Erkennen der individuellen medizinischen und umfeldbedingten Risiken und der Minimierung dieser Risiken durch medizinische Maßnahmen und durch Beratung hinsichtlich richtigen Verhaltens eine wichtige Bedeutung zu. Auf einzelne medizinische Maßnahmen kann hier nicht eingegangen werden. Erwähnt seien lediglich die Wahl angemessener Bekleidung, genügend Flüssigkeitszufuhr, leichte Kost wie Gemüse, Salate und Obst und das Vermeiden starker physischer Anstrengung bei Hitze. Die Einnahme bestimmter Medikamente (Stimulantien, Betablocker, Barbiturate,

Diuretika, Anticholinergika, Digitalis; siehe Kovats und Jendritzky 2006) sowie Alkohol- und Drogenkonsum erhöhen die Vulnerabilität durch Hitze.

Zweifelsohne ergeben sich zahlreiche Perspektiven für Maßnahmen und Innovationen im Bereich der Gebäudearchitektur, Belüftung und Klimatisierung, auch in Krankenhäusern und Seniorenheimen sowie in der Medizintechnik und Pharmazie.

Die beschriebenen meteorologischen Größen werden im Klima-Michel-Modell des Deutschen Wetterdienstes auf einen Modellmenschen bezogen, der einer konstanten physischen Belastung ausgesetzt ist, angepasste Bekleidung trägt und sich (kurzfristig) an die herrschenden Temperaturen anpasst (siehe z.B. Jendritzky et al., 1990). Es resultiert die so genannte „Gefühlte Temperatur“, die das menschliche Wärmeempfinden weitaus besser beschreibt als herkömmliche gemessene Temperaturen. Dieses Prinzip kommt im Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und soweit möglich in den in diesem Beitrag beschriebenen Schätzungen zur Anwendung. Der Deutsche Wetterdienst gibt eine Hitzewarnung, wenn an einem Tag starke oder extreme Hitzebelastung oder mindestens an drei aufeinanderfolgenden Tagen mäßige Hitzebelastung erwartet wird. Wichtig ist das frühzeitige Erkennen einer drohenden Hitzewelle, so dass Gegenmaßnahmen, etwa in Krankenhäusern und Seniorenheimen, rechtzeitig eingeleitet werden können. Vorbereitete Aktionspläne helfen, dass die einzelnen Maßnahmen im Ernstfall schnell und effizient zur Anwendung kommen.

4. Mortalität als Risikoindikator

Im Folgenden dienen Mortalitätszahlen als Indikator für das hitzebedingte Gesundheitsrisiko in Bayern. Aus zwei Gründen: Zum einen stellen Todesfälle die Spitze des Eisberges dar. Wenn die Mortalität ansteigt, nehmen potentiell auch die weniger gravierenden gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch Hitze zu. Zum anderen ist der Zusammenhang von Temperatur und Mortalität ausführlich für verschiedene Länder und Perioden erforscht und oft statistisch signifikant. (Einen Überblick bieten Basu und Samet 2002, Kovats und Jendritzky 2006 sowie Hübler et al. 2008.) Dies liegt unter anderem an der Verfügbarkeit der notwendigen Datenreihen. Die Methodik und Parametrisierungen für die den Abschnitten 4, 5 und 6 zugrunde liegenden Analysen sind in Hübler et al. (2008) beschrieben. Die Mortalitätsschätzungen basieren auf empirischen Erkenntnissen für einen 30-jährigen Beobachtungszeitraum sowie auf dem Hitzesommer 2003 in Baden-Württemberg (Laschewski und Jendritzky 2002, Koppe et al. 2003).

Dabei ist erstens zu berücksichtigen, dass sich die Schätzungen der Abschnitte 4, 5 und 6 auf den Zeitraum 2071 bis 2100 beziehen. In naher Zukunft wird es dagegen

noch nicht zu derartig häufigen und starken Temperaturextremen kommen. Zweitens handelt es sich um jährliche Durchschnittswerte unter der Annahme des Szenarios A1B mit mittleren Emissionen. In einzelnen Jahren können Sommer ohne extreme Hitze, aber auch besonders heiße Sommer auftreten. Außerdem können Zahl und Ausmaß der Hitzeereignisse je nach Entwicklungspfad der Treibhausgasemissionen höher oder niedriger ausfallen. Drittens beziehen sich die Schätzwerte für Bayern auf Regensburg als Referenzpunkt. Eine detaillierte Analyse der zukünftigen Situation in Bayern müsste in höherer Auflösung erfolgen (z.B. in der 10km-mal-10km-Auflösung des REMO-Modells). Viertens weisen die verwendeten Parameterwerte viele Unsicherheiten und räumliche sowie zeitliche Variabilitäten auf, insbesondere der quantitative Anstieg der Mortalität innerhalb verschiedener Altersgruppen. Fünftens berücksichtigen die Schätzungen keine Adaption (Anpassung) an das veränderte Klima. Diese Adaption wird zweifelsohne stattfinden und die Gesundheitsfolgen wahrscheinlich reduzieren können. Momentan liegen allerdings noch keine hinreichenden Daten über die Kosten und den Nutzen von Anpassungsmaßnahmen vor. Die hier skizzierten Schätzungen sollen vielmehr eine Vorstellung von dem möglichen Ausmaß der Folgen des Klimawandels geben, wenn Emissionsvermeidung und Adaption unzureichend oder verspätet einsetzen.

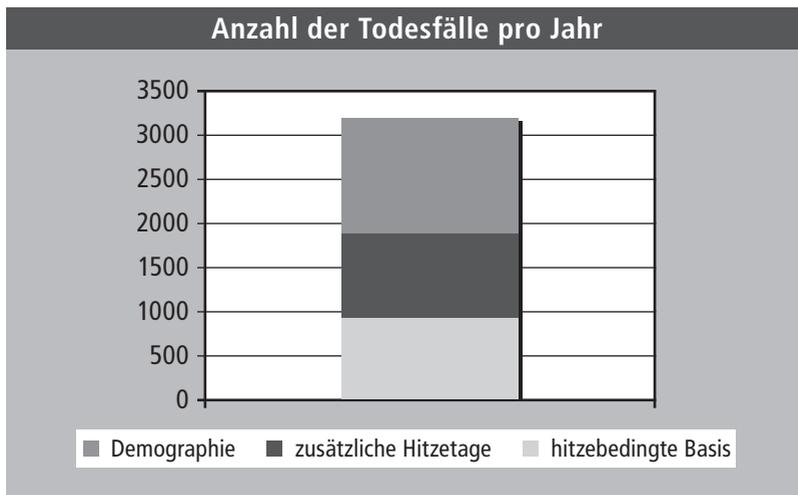


Abb. 3: Mögliche durchschnittliche Mortalität durch Hitzebelastung pro Jahr im Zeitraum 2071 bis 2100 in Bayern (basierend auf REMO, A1B)

Abb. 3 illustriert die Ergebnisse der Modellrechnung für Bayern gegen Ende des 21. Jahrhunderts. Dem Modell zufolge stehen bereits heute jährlich etwa 900 Todesfälle im Zusammenhang mit Hitze. Diese Zahl wird sich zukünftig durch die steigende Zahl an heißen Tagen etwa verdoppeln. Hinzu kommen statistisch betrachtet über 1.300 weitere Todesfälle, da sich die Anzahl älterer Menschen bis 2050 wahrscheinlich nahezu verdoppeln wird. Somit erweitert sich der Kreis gefährdeter Personen und das Hitzेरisiko steigt diesen Zahlen zufolge insgesamt um den Faktor 3,6 an. Dieser Anstieg entspricht ungefähr dem bundesdeutschen Durchschnitt, da die modelltheoretisch ermittelte heutige Mortalitätszahl in Bayern bereits relativ hoch ist. Die Mortalitätsrate beträgt laut Modellrechnung in Bayern gegen Ende des 21. Jahrhunderts etwa 26 pro 100.000 Einwohner. Damit erreicht die Mortalitätsrate im Vergleich zu den anderen deutschen Bundesländern den höchsten Wert vor Baden-Württemberg. Ein Vergleich mit der Mortalitätsrate durch Verkehrsunfälle zeigt, dass bereits die für den Hitzesommer 2003 geschätzte Zahl von 7.000 hitzebedingten Todesfällen über der bundesweiten Zahl von Todesopfern im Straßenverkehr liegt. Die für die Zukunft geschätzten Zahlen entsprechen näherungsweise der straßenverkehrsbedingten Mortalitätsrate in Deutschland vor etwa 35 Jahren bzw. der heutigen straßenverkehrsbedingten Mortalitätsrate in den europäischen Ländern, deren Straßen den Statistiken zufolge am gefährlichsten sind.

Allerdings sind hitzebedingte und straßenverkehrsbedingte Mortalitätszahlen nur bedingt vergleichbar: Zuvor wurde bereits auf die statistischen Unsicherheiten hinsichtlich der Prognose und Bewertung von Hitzeereignissen hingewiesen. Außerdem sind von hitzebedingter Mortalität im Gegensatz zu Verkehrsunfällen hauptsächlich ältere, ernsthaft erkrankte und geschwächte Menschen betroffen. Dabei lässt sich schwer quantifizieren, welcher Anteil der Hitzeopfer auch in Abwesenheit des Hitzeereignisses in naher Zukunft verstorben wäre. Hierzu ermittelt Koppe (2005) für Baden-Württemberg einen Anteil zwischen etwa 2% bis 85% je nach Altersgruppe und Hitzebelastung. Eine exakte Korrektur der angegebenen Mortalitätszahlen ist daher schwierig. Eine plausible Annahme ist die Verringerung der angegebenen Zahlen um 25%.

Prinzipiell steigt die Mortalität sowohl im Bereich hoher Temperaturen als auch im Bereich niedriger Temperaturen ausgehend von einem Minimum bei etwas über 20°C an. Daher wird der Klimawandel während der kalten Jahreszeit vermutlich zu einem Rückgang der Mortalität führen. Hierbei handelt es sich medizinisch betrachtet jedoch um andere Wirkungszusammenhänge, nämlich um den Einfluss niedriger Temperaturen auf grippale Infekte und ähnliche Erkrankungen. Der Zusammenhang von Temperatur und Mortalität ist hierbei mit längeren zeitlichen Verzögerungen verbunden und statistisch weniger signifikant. Wahrscheinlich werden die möglichen positiven Effekte während der kalten Jahreszeit deutlich geringer ausfallen als die negativen Gesundheitseffekte während der warmen Jahreszeit. Dies gilt insbesondere für

Bayern und Baden-Württemberg, wo der Anstieg der Hitzebelastung dominieren wird (vgl. Hübler und Klepper 2007).

Durch geeignete Adaption können diese gravierendsten Gesundheitsfolgen von Hitze wahrscheinlich deutlich reduziert werden. Die folgenden Abschnitte beschäftigen sich mit Morbidität und der Verminderung von Wohlbefinden und Produktivität durch Hitze und bewerten diese bezogen auf Bayern monetär.

5. Morbidität und deren Kosten

Dieser Abschnitt soll eine Vorstellung von den zukünftig zu erwartenden hitzebedingten Krankheitsfällen und deren Kosten geben. Dabei fehlen hinsichtlich der Behandlung in Arztpraxen und der Einnahme von Medikamenten aufgrund von Hitze die nötigen statistischen Daten. Relevante empirische Zahlen liegen lediglich für den Zusammenhang von Hitze und Krankenhausnotfalleinweisungen, insbesondere in England, vor (Johnson et al., 2005). Allerdings ist der Kausalzusammenhang weitaus weniger erforscht und statistisch weniger signifikant und robust als der von Hitze und Mortalität. Kovats et al. (2004) untersuchen für den Großraum London von 1994 bis 2000 den Einfluss von Hitze auf Krankenhausnotfalleinweisungen getrennt nach Altersgruppen und nach folgenden Kategorien: alle Arten von Beschwerden, Kreislaufsystem, zerebrovasku-

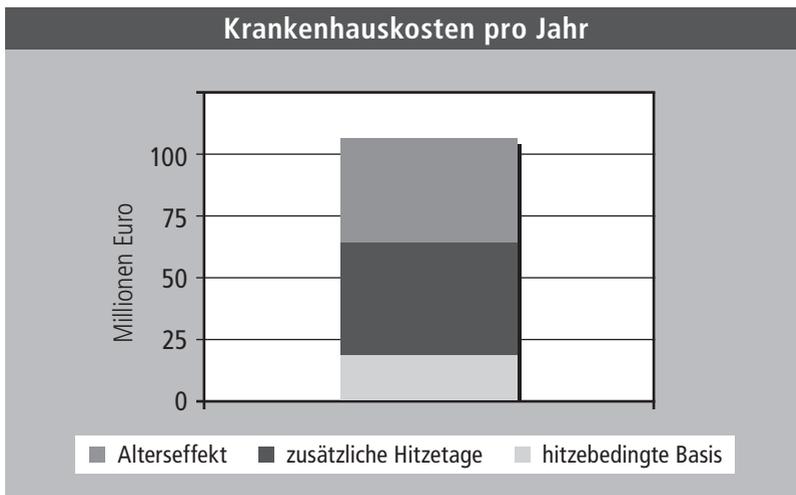


Abb. 4: Mögliche durchschnittliche Kosten durch hitzebedingte Krankenhausaufenthalte pro Jahr im Zeitraum 2071 bis 2100 in Bayern (basierend auf REMO, A1B)

lär, Atmungssystem, Nierensystem, Nierenversagen und Nierensteine sowie andere. Einen signifikanten Anstieg durch Hitze finden sie jedoch nur für Atemwegs- und Nierenerkrankungen bei Kindern unter 5 Jahren und für Atemwegserkrankungen bei über 75-Jährigen.

Die in Abschnitt 4 erläuterten Unsicherheiten und Einschränkungen gelten hier entsprechend. Hinzu kommt, dass der zukünftige technische Fortschritt, etwa in der Medizintechnik, sowie die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung schwer prognostizierbar sind. Die Kostenschätzung erfolgt daher auf der Basis der technischen und ökonomischen Situation und der durchschnittlichen Kosten für einen Krankenhausaufenthalt des Jahres 2004.

Abb. 4 zeigt, dass der Modellrechnung zufolge zu dem heutigen Basiswert von etwa 17 Mio. Euro pro Jahr durch zusätzliche Hitze direkt ca. 48 Mio. Euro hinzu kommen und indirekt durch die steigende Zahl potentiell betroffener älterer Mitbürger ca. 40 Mio. Euro. Die resultierenden Gesamtkosten von ungefähr 105 Mio. Euro pro Jahr liegen im bundesweiten Vergleich hinter Nordrhein-Westfalen an zweiter Stelle. Dies entspricht insgesamt einer Multiplikation der Kosten mit dem Faktor 6,3. Dieser relative Anstieg entspricht in etwa dem bundesdeutschen Durchschnitt und enthält keine Kosten für die Behandlung und Beratung in Arztpraxen sowie Medikation. Bezogen auf den gesamten Bruttoproduktionswert Bayerns betragen die Kosten in Bayern genauso wie in Baden-Württemberg 0,027% und fallen damit etwas niedriger aus als in einigen Bundesländern mit einem niedrigeren Bruttoproduktionswert (Sachsen-Anhalt, Saarland und Thüringen).

6. Verringerung von Wohlbefinden und Produktivität

Hitzebelastung kann bekanntlich nicht nur zu schwerwiegenden Erkrankungen führen, sondern auch zu einer Beeinträchtigung des Wohlbefindens und der Leistungsfähigkeit. Während sich die Effekte im Freizeitbereich schwer quantifizieren lassen, hat man die Beeinflussung des Menschen durch Umgebungsbedingungen wie Temperatur bei der Arbeit analysiert und Laborexperimente durchgeführt. (Für einen Überblick siehe Wyon 1986 und Parsons 2003, Abschnitt 12.) Studien aus der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts geben Anzeichen dafür, dass die Arbeitsunfallhäufigkeit bei Hitze steigt und der Arbeitsoutput sinkt. Die Experimente untersuchen die kognitive Leistung sowie die manuelle Leistung und Geschicklichkeit und kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Zusammenfassend ist jedoch davon auszugehen, dass die Produktivität bei Hitze sinkt. In der folgenden Abschätzung wird ein Produktivitätsrückgang von 3% an Tagen mit starker oder extremer Hitzebelastung gewählt, der sich am unteren Ende der Skala möglicher Werte befindet. Andererseits wird in der Schätzung angenom-

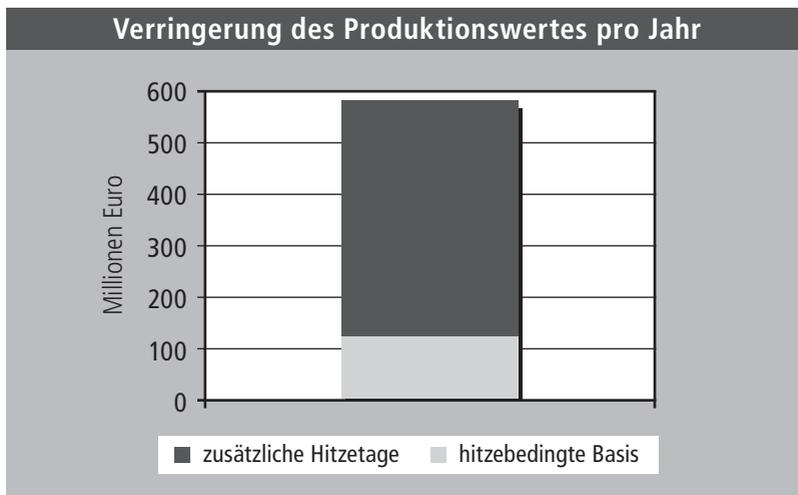


Abb. 5: Mögliche durchschnittliche hitzebedingte Verringerung des Bruttoproduktionswertes pro Jahr im Zeitraum 2071 bis 2100 in Bayern (basierend auf REMO, A1B)

men, dass Hitze jegliche Arbeitsleistung auf einem aggregierten Niveau gleichermaßen reduziert. Eine genauere Analyse müsste die Produktionsstruktur Bayerns hinsichtlich manueller versus mentaler Arbeit sowie Arbeit im Freien versus Arbeit in Gebäuden berücksichtigen. Außerdem können in dieser ersten Näherung weder technischer Fortschritt (zunehmende Automatisierung und Klimatisierung) noch Veränderungen der Produktionsstruktur einbezogen werden. Die Schätzung bezieht sich daher strikt auf die ökonomischen und technischen Gegebenheiten des Jahres 2004.

Laut der in Abb. 5 illustrierten Modellrechnung entsteht bereits heute durch heiße Tage in Bayern eine Einbuße des gesamten Produktionswertes von durchschnittlich etwa 114 Mio. Euro pro Jahr. Diese Einbuße könnte gegen Ende des 21. Jahrhunderts um ca. 474 Mio. Euro auf rund 588 Mio. Euro ansteigen. Dies entspricht in etwa einer Multiplikation mit dem Faktor 5,2. Die gesamten zukünftigen hitzebedingten Einbußen betragen bezogen auf den heutigen bayerischen Bruttoproduktionswert etwa 0,15% und ausgedrückt als Pro-Kopf-Einkommensverlust etwa 47 Euro pro Jahr. Im deutschlandweiten Vergleich ist Bayern damit hinter Baden-Württemberg am zweitstärksten betroffen. Dies liegt zum einen in der vergleichsweise hohen Hitzebelastung Bayerns begründet, zum anderen in dem deutschlandweit höchsten Pro-Kopf-Einkommen Bayerns, das bei Hitze dementsprechend stark sinkt. Abb. 6 veranschaulicht dieses Resultat.

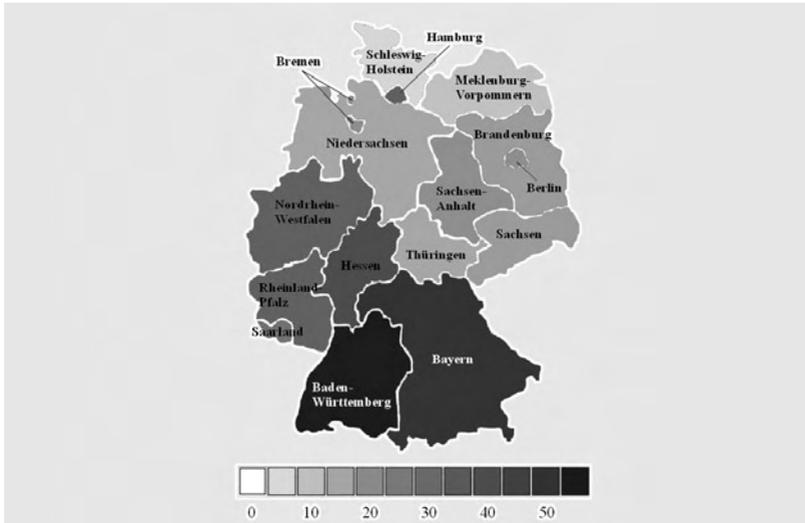


Abb. 6: Mögliche durchschnittliche hitzebedingte Verringerung der Pro-Kopf-Einkommen pro Jahr im Zeitraum 2071 bis 2100 in Euro (basierend auf REMO, A1B), Quelle: Hübler et al. (2008)

7. Resümee

Bayern wird zukünftig neben Baden-Württemberg innerhalb Deutschlands am stärksten von der zunehmenden Hitzebelastung betroffen sein. Während die Zunahme der Hitzebelastung um die Mitte des 21. Jahrhunderts wahrscheinlich noch moderat ausfallen wird, ist gegen Ende des 21. Jahrhunderts mit einem deutlichen Anstieg zu rechnen. Die zukünftig fast doppelt so große Zahl älterer Menschen vergrößert den Kreis gefährdeter Personen zusätzlich. Krankenhäuser und Seniorenheime sind dabei besonders vulnerable Bereiche.

In Bayern kann sich das hitzebedingte Gesundheitsrisiko den Modellrechnungen zufolge etwa verdreifachen und die Kosten durch Krankenhausnotfalleinweisungen und Produktivitätseinbußen können sich mehr als verfünffachen. Die groben Schätzungen deuten darauf hin, dass sich das konsequente Bremsen des Klimawandels im Hinblick auf Gesundheitsgefahren und auf gesamtwirtschaftliche Kosten bezogen auf den spezifischen Faktor Hitze auszahlt. Andere Gesundheitsrisiken wie Allergien und vektorübertragene Krankheiten sind hierbei noch nicht berücksichtigt, ebenso wenig Extremwetterereignisse wie Stürme und Überflutung, die oftmals zu hohen Kapitalschäden bzw. Kosten führen.

Geeignete Anpassungsmaßnahmen im öffentlichen und privaten Bereich können die Folgen des Klimawandels wahrscheinlich deutlich reduzieren, führen aber auch zu entsprechenden Kosten für Privatpersonen und die öffentliche Hand. Sozial schwache Personen sind dabei tendenziell schlechter in der Lage, sich gegen Hitze zu schützen. Eine wichtige Rolle spielen die ärztliche Beratung und Behandlung und die Information der Bevölkerung über richtiges Verhalten bei Hitze, so dass gravierende Folgen der Hitzebelastung vermieden werden können.

Literatur

- Basu R, Samet JM. Relationship between ambient temperature and mortality: A review of the epidemiologic evidence. *Epidemiologic Reviews* 2002, 24(2).
- Deutscher Wetterdienst. Modellvergleich: Anzahl der heißen Tage. DWD Pressekonferenz, Berlin, 15.04.2008. <http://www.dwd.de/>.
- Havenith G. Temperature Regulation, Heat Balance and Climatic Stress. In: Kirch W, Menne B, Bertollini R, Extreme Weather Events and Public Health Responses. WHO Europe, EU Kommission, EEA, EUPHA, Springer Berlin Heidelberg New York, 2005, 69-80.
- Hübler M, Klepper G. Kosten des Klimawandels: Die Wirkung steigender Temperaturen auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit. Eine Studie für WWF Deutschland. 2007.
- Hübler M, Klepper G, Peterson S. Costs of Climate Change – The Effects of Rising Temperatures on Health and Productivity in Germany. *Ecological Economics*, Elsevier 2008.
- Hübler M. Sozioökonomische Bewertung von Gesundheitseffekten des Klimawandels in Deutschland. In: Lozán JL, Grassl H, Jendritzky G, Karbe L und Reise K, Warnsignal Klima: Gesundheitsrisiken – Gefahren für Menschen, Tiere und Pflanzen. GEO Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, 2008: 299-306.
- Jendritzky G, Menz G, Schirmer H, Schmidt-Kessen W. Methodik der räumlichen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen (Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell). *Beiträge d. Akad. f. Raumforschung und Landesplanung* 1990, 114, 7-69.
- Johnson H, Kovats RS, McGregor G, Stedman J, Gibbs M, Walton H, Cook L, Blac, E. The impact of the 2003 heat wave on mortality and hospital admissions in England. *Health Statistics Quarterly* 2005, 25: 6-11.
- Koppe C, Jendritzky G, Pfaff G. Die Auswirkungen der Hitzewelle 2003 auf die Gesundheit. DWD Klimastatusbericht 2003, 152-162.
- Koppe C. Gesundheitsrelevante Bewertung von thermischer Belastung unter Berücksichtigung der kurzfristigen Anpassung der Bevölkerung an die lokalen Witterungsverhältnisse. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Brsg., 2005.
- Kovats RS, Hajat S, Wilkinson P. Contrasting patterns of mortality and hospital admissions during hot weather and heat waves in Greater London, UK. *Occup Environ Med* 2004, 61: 893–898.
- Kovats RS, Jendritzky G. The Impact of Heat on Health. In: Menne B, Ebi KL, Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health. WHO Europe, 2006, 63-97.
- Laschewski G, Jendritzky G. Effects of the thermal environment on human health: an investigation of

30 years of daily mortality data from SW Germany. *Climate Research* 2002, 21: 91-103.

O'Neill MS, Zanobetti A, Schwartz J. Modifiers of the temperature and mortality association in seven US cities. *Am J Epidemiol* 2003, 157(12), 1074-1082.

Parsons K. *Human Thermal Environments – The effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance*. Second Edition, Taylor & Francis, 2003.

Uphoff H, Hauri AM. Auswirkungen einer prognostizierten Klimaänderung auf Belange des Gesundheitsschutzes in Hessen. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), 2005.

Wyon D. The effects of indoor climate on productivity and performance – A review. *WS and Energy* 1986, 3: 59-65.

Michael Hübler

Institut für Weltwirtschaft Kiel an der Universität Kiel (IfW)

Umwelt und natürliche Ressourcen

Düsternbrooker Weg 120, 24105 Kiel

Tel. (04 31) 88 14-401

E-Mail: michael.huebler@ifw-kiel.de