

Klimawandel und Gesundheit

Noch vor wenigen Jahren schien es nicht gesichert, ob und wenn ja wann der Mensch das Weltklima tatsächlich verändern wird. Mittlerweile zeigen international anerkannte Studien und Forschungsergebnisse der Klimaforschung, dass sich ein vom Menschen verursachter Klimawandel bereits abzeichnet. Neben den prognostizierten Änderungen in den Umweltbedingungen sind auch mögliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit zu befürchten.

1. Klimaprognosen

1.1 Natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt

Seit Beginn der Industrialisierung nehmen die Konzentrationen an Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Stickoxiden (NO_x) in der Erdatmosphäre deutlich zu. Mit steigender Konzentration dieser Gase kommt zum natürlichen der so genannte zusätzliche oder anthropogene, also menschengemachte Treibhauseffekt hinzu, die Erde erwärmt sich. Hauptquellen für CO₂-Emissionen sind die Verbrennung fossiler Energieträger wie - Erdöl, Kohle und damit auch der Verkehr sowie die Brandrodung großer Waldflächen. In Deutschland stammen die CO₂-Emissionen derzeit zu rund 40 Prozent aus Kraft- und Fernheizwerken, rund 20 Prozent kommen aus der Industrie, 18 Prozent entstehen durch den Verkehr, der Rest aus Haushalten und von Kleinverbrauchern. Ende der 90er-Jahre war der Ausstoß an Kohlendioxid viermal so hoch wie 1950. Die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre erreichte den höchsten Stand seit über 400.000 Jahren.

Seit 1861 ist die global gemittelte Lufttemperatur um circa 0,6 Grad Celsius angestiegen, bis zum Ende dieses Jahrhunderts wird ein Anstieg um 1,4 bis 5,8 Grad Celsius erwartet. Experten prognostizieren als Folgen dieser Erwärmung eine Beschleunigung der atmosphärischen Zirkulation. Zudem könnten Modellrechnungen zufolge ein Abschmelzen der Inland- und polaren Eismassen sowie eine weltweite Verschiebung der Klimazonen mit weitreichende Konsequenzen für die Vegetation, landwirtschaftliche Anbauggebiete und die Tierwelt verbunden sein. Der ebenfalls prognostizierte weitere Anstieg des Meeresspiegels sowie eine Häufung von Wetterextremen mit Starkniederschlägen, Stürmen, Hochwässern oder Dürreperioden werden für jede Region individuell unterschiedliche Auswirkungen haben. Aufgrund der vielfältigen Einflüsse einzelner Klimafaktoren (geographische Breite, Verdunstungsgeschehen, regionale Wasserkreisläufe) ist eine Vorhersage für Klimaveränderungen in regionalem Maßstab noch mit methodischen Unsicherheiten behaftet.

So wird für unsere Breiten zwar mit einer insgesamt längeren sommerlichen Hitzeperiode und milderem regenreicheren Wintern gerechnet. Belastbare und quantitative Aussagen etwa über die genaue Niederschlagsentwicklung im mittleren und nördlichen Europa sind derzeit aber noch nicht möglich.

1.2 Abnahme der Ozonschicht

90 bis 95 Prozent des in der Atmosphäre vorkommenden Ozons befinden sich in der Stratosphäre, also in Höhen oberhalb von 10-12 Kilometern. In den mittleren Breiten liegt das Konzentrationszentrum bei rund 35 Kilometern. Diese stratosphärische Ozonschicht erfüllt für das Leben auf der Erde eine wichtige Schutzfunktion: Sie absorbiert den größten Teil der kurzwelligen ultravioletten (UV-B)-Strahlung der Sonne. Weltweit lässt sich seit dem Beginn der 70er-Jahre eine Abnahme des Ozongehalts in der Stratosphäre beobachten. Vor allem über der Antarktis bildet sich von September bis Dezember ein Gebiet mit besonders geringen Ozonkonzentrationen - das so genannte Ozonloch.

Mit einer Fläche von mehr als 28 Millionen Quadratkilometern erreichte es im September 2000 ein Rekordausmaß. Als Ursache für die Zerstörung des globalen Schutzschildes werden Fluorchlorkohlenwasserstoffe, ferner teilhalogenierte FCKW, Halone sowie Methylbromid angesehen. FCKW wurden bereits in den frühen 30er-Jahren als Kältemittel entwickelt und kamen später in Sprühdosen, in Kunststoffschäumen und Lösemitteln zum Einsatz. Dank ihrer außergewöhnlichen chemischen Stabilität gelangten die „Ozonkiller“ unzersetzt bis in die Stratosphäre, wo sie über Wolkenbildungsprozesse unter dem Einfluss der UV-Strahlung ihre Chloratome freisetzen. Diese spalten die reaktionsfreudigen Ozonmoleküle und stören damit das natürliche Gleichgewicht des Ozonaufbaus und Ozonabbaus. Seit dem 1.1.1996 ist die Produktion von FCKW in Deutschland und allen anderen industrialisierten Ländern verboten.

Die Ausdünnung der natürlichen Ozonschicht führt zu einer Erhöhung der UV-B-Strahlung auf der Erdoberfläche. Vor allem Augen und Haut reagieren auf UV-B-Strahlung besonders empfindlich. Das Ausmaß möglicher Gesundheitsschäden, wie z.B. Hautkrebs hängen von Dauer und Intensität der erhöhten UV-Strahlung ab.

In den letzten Jahren gibt es Anzeichen einer Stabilisierung der Ozonschicht, teilweise sogar einer leichten Zunahme des stratosphärischen Ozons. Dennoch gehen Schätzungen davon aus, dass es mindestens noch 40 bis 50 Jahre dauern wird, bis das Ozonloch wieder verschwunden sein wird.

2. Direkte Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit

Der Klimawandel könnte weltweit für die Gesundheit der Menschen weitreichende Folgen haben. Grundsätzlich muss einschränkend festgehalten werden, dass sämtliche Abschätzungen gewisse Unsicherheitsfaktoren beinhalten, da sie zum einen Modellberechnungen zugrunde liegen. Zum andern könnten auch andere Faktoren des Klimawandels bestimmten Effekten entgegenwirken und diese damit aufheben oder sogar ins Gegenteil verwandeln (vgl. dazu 2.3 und 2.4).

2.1 Zunahme übertragbarer Infektionskrankheiten

Mit einer weltweiten Verschiebung der Klimazonen gewinnen Krankheitserreger und deren Überträger neue Lebensräume, übertragbare Infektionskrankheiten könnten zunehmen. Die Zahl der heute weltweit geschätzten zwei Millionen Malaria-Todesfälle pro Jahr könnte sich Modellrechnungen zufolge in den Malaria-Gebieten bis 2100 deutlich erhöhen. In unseren gemäßigten Breiten könnten sich – wenn sich wie angenommen die jahreszeitlichen abschwächen und mildere Winter zunehmen – unter anderem die Erkrankungszahlen zeckenübertragener Krankheiten wie Lyme-Borreliose und FSME – Zeckenzephalitis erhöhen.

2.2 Hitzebedingte Herz-Kreislaufferkrankungen

Eine Zunahme sommerlicher Hitzewellen könnte auch hitzebedingte Erkrankungen etwa des Herz-Kreislauf-Systems ansteigen lassen. Studien belegen den Zusammenhang zwischen der täglichen Außentemperatur und der Zahl der Todesfälle. Die höchste Mortalitätsrate wird an ausgeprägten Hitzetagen erreicht, Windstille, hohe Luftfeuchte und intensive Sonneneinstrahlung erhöhen die Gesundheitsrisiken. Kleinkinder und ältere Menschen zählen zu den Hauptrisikogruppen. Angehörige sozial schwächerer Schichten sind ebenfalls stärker betroffen, da ihnen eher die Mittel für Abhilfemaßnahmen (Klimaanlagen, Ventilatoren etc.) fehlen.

Auch wirken sich Hitzeperioden für die Stadtbevölkerung stärker aus als für Bewohner ländlicher Gegenden, da in der Stadt nächtliche Abkühlungsphasen abgeschwächt sind. Durch die prognostizierte Intensivierung solcher Hitzeperioden erhöhen sich die Nachttemperaturen noch stärker als die am Tage.

Untersuchungen für mehrere nordamerikanische Städte, Shanghai und Kairo gehen davon aus, dass bei einer angenommenen Erhöhung der Mitteltemperatur um circa ein Grad Celsius bis zum Jahre 2020 ungefähr mit einer Verdoppelung der hitzebedingten Todesfälle zu rechnen ist. Eine zweite Rechnung ergibt für die EU bei einer geschätzten Temperaturerhöhung um 2,5 Grad Celsius 9600 zusätzliche hitzebedingte Todesfälle pro Jahr.

2.3 Kältebedingte Infektionskrankheiten

Nachweislich steigt die Zahl der täglichen Todesfälle nicht nur im Sommer, sondern auch in winterlichen Kälteperioden. Die Klimamodelle sagen eine stärkere Steigerung der Winter- als der Sommertemperaturen voraus. Eine Häufung milderer Winter in unseren Breiten könnte somit auch einen positiven Effekt haben, indem die Zahl kältebedingter Erkrankungs- und Todesfälle abnimmt.

Allerdings lässt sich nach momentanem Wissensstand keine gesicherte Aussage darüber machen, ob in einzelnen Staaten oder auch weltweit die Zunahme der durch höhere Temperaturen verursachten Sterbefälle größer oder geringer sein wird als die Abnahme der Zahl der Toten durch höhere Wintertemperaturen. Erschwerend kommt hinzu, dass auch Anpassungsmaßnahmen an veränderte klimatische Bedingungen mit berücksichtigt werden müssten, diese sich aber nur sehr schwer einschätzen lassen.

2.4 Schadstoffbedingte Erkrankungsfälle

Bei stabilen Hochdruckwetterlagen ist in Ballungsgebieten mit einem Anstieg der Konzentrationen an partikelförmigen Schadstoffen und photochemischen Substanzen – Stichwort „Sommersmog“ sowie damit verbundenen gesundheitlichen Folgen kommen zu rechnen. Auch die Belastung der Luft mit Allergenen dürfte, so befürchten die Experten, durch die Häufung trockener Wetterlagen weiter zunehmen.

2.5 Gesundheitsrisiken durch extreme Wetterereignisse

Der Anstieg extremer Wetterereignisse wie Stürme, Überschwemmungen oder Dürren im Zuge des Klimawandels gilt in der Mehrzahl der Klimamodelle als gesichert. In vielen Fällen fordern diese Extremereignisse zahlreiche Todesopfer und Verletzte. Aber auch indirekt können beispielsweise vermehrte Überschwemmungen den Ausbruch von Krankheiten wie Cholera oder Durchfallerkrankungen durch verunreinigtes Wasser begünstigen. So stellte man beispielsweise in Ostafrika in Perioden heftiger Regenfälle, z.B. auch während des El Nino 1997/98, ein vermehrtes Auftreten des Rift Valley Fiebers fest.

3. Indirekte Folgen des Klimawandels für die Gesundheit

Im folgenden sollen mögliche indirekte Folgen einer anthropogenen Klimaänderung für die menschliche Gesundheit angesprochen werden. Dazu zählen Krankheiten, die durch verschiedene Überträger (Vektoren) wie Insekten oder Nagetiere verursacht werden sowie Beeinträchtigungen der Gesundheit durch Veränderungen der Wasserqualität und –Verfügbarkeit sowie damit verbunden der landwirtschaftlichen Produktion und des Nahrungsmittelangebots. Mangelernährung und eingeschränkte Wasserversorgung erhöhen wiederum die Infektanfälligkeit und können den Verlauf von Krankheiten beeinflussen.

3.1. Vektorbedingte Infektionskrankheiten

Viele Vektor-Organismen regulieren ihre Körpertemperatur nicht selbst und sind deshalb in ihrer Verbreitung und Reproduktion stark von der Temperatur, aber auch anderen klimabedingten Umweltfaktoren wie Oberflächenwasser, Feuchtigkeit, Wind, Bodenfeuchte, Waldverbreitung usw. abhängig. Wissenschaftler gehen davon aus, dass eine Erhöhung von Temperatur und Feuchtigkeit die Lebensbedingungen der meisten Krankheitsüberträger verbessert und damit die regionale Verbreitung und das saisonale Vorkommen vieler vektorbedingten Krankheiten begünstigt.

Das Beispiel Malaria

Malaria zählt zu den wichtigsten vektorbedingten Krankheiten. Über eine Million Menschen sterben jedes Jahr an einer Malaria-Infektion. Die Malaria-Erkrankung wird durch die Stechmücken-Gattung Anopheles übertragen. Obwohl ihr Hauptverbreitungsgebiet in tropischen und subtropischen Gebieten liegt, finden sich einige Arten auch im gemäßigten Klima. Für die Übertragung von Malaria sind Plasmodium-Parasiten verantwortlich. Ihr Überleben hängt wie das der Anopheles-Mücke von der Temperatur ab. Die untere Grenze liegt bei Plasmodium vivax zwischen 14,5 und 15 °C, bei Plasmodium falciparum zwischen 16 und 19 °C. Bei Temperaturen über 32-34 °C nimmt die Überlebensfähigkeit der Parasiten schnell ab. Auch die Fortpflanzungschancen und die Aktivität der Anopheles-Mücke sind temperaturabhängig, beste Bedingungen herrschen bei 20-30 °C. Ausreichend hohe Feuchtigkeit und Niederschlag spielen für das Überleben und geeignete Brutplätze der Moskitos ebenfalls eine wichtige Rolle.

In jüngster Zeit ist ein Wiederaufleben der Malaria in vielen Teilen der Welt beobachtet worden. Dafür kommen verschiedene Ursachen in Frage, darunter eine Zunahme des weltweiten Tourismus, die zunehmende Resistenz des Krankheitserregers gegen Medikamente, oder Massenbewegungen von Flüchtlingen und heimatlosen Menschen. zerrüttete Gesundheitssysteme, aber auch Veränderungen von Temperatur, Niederschlag und Luftfeuchtigkeit. Überschwemmungen und Dürren als mögliche Folge der globalen Erwärmung fördern ebenfalls die Verbreitung von Malaria, indem durch zusätzliche Wasserlöcher neue Brutplätze entstehen. Während Dürreperioden können auch Flüsse zu stillstehenden Brutgewässern werden.

Auch Änderungen in der Ausprägung der El Niño-Ereignisse können Einfluss auf die Ausbreitung von Malaria haben: So kam es beispielsweise in Nordost-Kenia, wo es normalerweise zu trocken für eine Malaria-Übertragung ist, aufgrund starker Niederschläge und Überschwemmungen während des El-Niño 1987/88 zu einer Malaria-Epidemie in der Bevölkerung, deren Immunsystem darauf nicht eingestellt war.

Noch ist die Datenlage aber zu gering, um bereits direkte Zusammenhänge zwischen der globalen Erwärmung und dem Wiederaufleben von Malaria herzustellen. Modellrechnungen versuchen, die Auswirkungen einer möglichen Klimaänderung auf das Übertragungspotential von Malaria zu bestimmen. Demzufolge wird sich bei einem Temperaturanstieg um 3 - 5 ^{Grad} Celsius bis zum Jahre 2100 das Risiko einer Malariainfektion in tropischen Regionen verdoppeln und in gemäßigten Gebieten sogar mehr als verzehnfachen. So ist auch für Mitteleuropa zukünftig mit der Ausbreitung von Malaria zu rechnen.

Durch Zecken übertragene Krankheiten

Die milden Winter der letzten Jahre haben die Überlebenschancen von Zecken und ihren Wirtstieren (kleineren Waldnagern und Rotwild) stark begünstigt. Dadurch konnte die Übertragungsintensität in den jeweils folgenden Jahren auf einem sehr viel höheren Niveau ansetzen, da nicht erst entsprechend neue Populationen aufgebaut werden mussten. Auch Veränderungen im menschlichen Freizeitverhalten spielen eine Rolle. Empirische Untersuchungen in Schweden über einen Zeitraum von 36 Jahren haben zum erstenmal einen glaubwürdigen Zusammenhang zwischen Klimadaten und der Verbreitung von Zeckenzephalitis hergestellt. Vor allem die in den letzten Jahrzehnten zunehmend milderen Wintertemperaturen, die auch von Klimamodellen als typische Folge des anthropogenen Treibhauseffekts berechnet wurden, haben offensichtlich zu einer höheren Infektionsrate geführt.

3.2. Gesundheitliche Folgen veränderter Wasserqualität und Nahrungsmittelangebote

Menge und Qualität des Trinkwasserangebotes beeinflussen vor allem in Entwicklungsländern das Risiko von Durchfallerkrankungen. Der Großteil der verursachenden Bakterien, Viren und Protozoen können besonders in warmem Wasser mehrere Monate lang überleben. Bei höheren Temperaturen und klimabedingten Veränderungen des Wasserhaushalts ist davon auszugehen, dass sich in Ländern mit schlechter sanitärer Versorgung und Zugang zu sauberem Wasser das Erkrankungsrisiko deutlich erhöht. Auch der prognostizierte Meeresspiegelanstieg könnte durch Versalzung des Grundwassers oder z.B. Überflutung von Mülldeponien die Wasserqualität negativ beeinflussen.

Veränderungen von Temperatur und Niederschlag und damit auch der Bodenfeuchte werden das Wachstum zahlreicher Kulturpflanzen deutlich beeinflussen. Durch häufigere und stärkere Extremereignisse könnten landwirtschaftliche Erträge durch das vermehrte Auftreten von Pflanzenkrankheiten beeinträchtigt werden. Dadurch wird vor allem die Ernährungssicherheit in den Ländern der semiariden und feuchten Tropen bedroht weltweit 790 Millionen Menschen ohne ausreichende Nahrung, vor allem in Afrika.

4. Gesundheitsgefahren durch den Abbau stratosphärischen Ozons

Die Ausdünnung der natürlichen Ozonschicht führt zu einer Erhöhung der UV-B-Strahlung auf der Erdoberfläche. Beim Menschen sind besonders die Haut und die Augen durch UV-B-Strahlen gefährdet. Die sichtbarste Reaktion der Haut auf UV-Bestrahlung ist die Pigmentierung, die als Schutzreaktion verstanden werden kann. Bei intensiverer und länger andauernder Bestrahlung rötet sich die Haut, im weiteren Verlauf entstehen Blasen, und das Gewebe

stirbt ab. Ist die Haut häufig einer längeren UV-Bestrahlung ausgesetzt, sind irreversible Veränderungen und Spätfolgen wie Faltenbildung und bleibende Gefäßerweiterungen die Konsequenz. Die schwerwiegendste Spätfolge ist die Hautkrebskrankung, deren Ursache eine Veränderung des genetischen Materials in den Hautzellen zugrunde liegt. Die häufigsten Formen sind das maligne Melanom der Haut (schwarzer Hautkrebs), das Basalzellkarzinom und das Plattenepithelkarzinom.

Weltweit nimmt die Zahl der Hautkrebskrankungen schneller zu als die aller anderen Krebserkrankungen. Als Hauptursache dafür wird ein verändertes Schönheitsideal und Freizeitverhalten angenommen. Sonnegebräunte Haut gilt als schön und Zeichen von Gesundheit. Entsprechend setzen sich viele Menschen übermäßig direkter Sonnenstrahlung und UV-Bestrahlung in Solarien aus. Pro 100.000 Einwohner erkranken gegenwärtig in Deutschland jährlich 12 Menschen neu am malignen Melanom, Tendenz steigend. Etwa jeder 100. Einwohner wird im Laufe seines Lebens am schwarzen Hautkrebs erkranken; in 20 Prozent der Fälle führt die Erkrankung zum Tod. Als Hauptursache der Erkrankung am malignen Melanom gelten starke Sonnenbrände vornehmlich in der frühen Kindheit. Bisher konnte im Zuge des Abbaus der Ozonschicht und damit verbunden erhöhter UV-Intensität kein direkter Zusammenhang mit der Zunahme der beschriebenen Krankheitsbilder hergestellt werden. Allerdings zeigen aktuellen Modellrechnungen, dass die - im Vergleich zu 1970 erhöhten - UV-Werte noch einige Jahrzehnte erhöht bleiben werden. Für die Zeit um 2050 ist davon auszugehen, dass die UV-Strahlungswerte im Sommer und Herbst wieder auf das Niveau von 1970 zurückgehen werden. Im Frühling jedoch, wenn die menschliche Haut nach dem Winter noch nicht an Sonnenstrahlung gewöhnt ist, wird auch im Jahr 2050 die UV-Strahlung noch über den Werten von 1970 liegen.

Somit muss davon ausgegangen werden, dass die langfristig verstärkte UV-B-Strahlung durch den anthropogenen Ozonabbau als Ursache für Hautkrebskrankungen an Bedeutung zunehmen wird. Dies gilt natürlich nur unter der Annahme, dass sich das Verhalten der Menschen gegenüber der solaren Strahlung nicht ändert. Durch gezielte Information und Sensibilisierung der Bevölkerung im Umgang mit der Sonnenstrahlung, wie dies seit ca. 20 Jahren in Australien geschieht, kann nachweislich ein Rückgang der Neuerkrankungszahlen an Hautkrebs erreicht werden.

Literatur und andere Quellen

Bayerischer Forschungsverbund „Erhöhte UV-Strahlung in Bayern – Folgen und Maßnahmen“ (<http://www.bayforuv.de>)

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (2001): Fachinformation Umwelt und Gesundheit „Klimaänderungen“. – Informationspapier der Zentralen Informationsstelle für bayerische Umweltberater und –beratungsstellen. – München

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (2001): Fachinformation Umwelt und Gesundheit „Treibhausgase“. – Informationspapier der Zentralen Informationsstelle für bayerische Umweltberater und –beratungsstellen. – München

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (2002): Fachinformation Umwelt und Gesundheit „Stratosphärische Ozonschicht und Ozonloch“. – Informationspapier der Zentralen Informationsstelle für bayerische Umweltberater und –beratungsstellen. – München

Bundesamt für Strahlenschutz - Informationen zu UV-Strahlung (<http://www.bfs.de/uv>)

Kasang, D. (2001): Klimawandel und Gesundheit. – Hamburger Bildungsserver, Arbeitsbereich "Klima und Energie; <http://www.hamburger-bildungsserver.de>

Lozán, J.L., H. Graßl und P. Hupfer (1998): Warnsignal Klima. Hamburg

Stand: Juli 2003

Autorin: Ulrike Koller

Wiss. Beratung: Prof. Dr. Peter Höpfe, Univ. München, Institut für Arbeits- und Umweltmedizin