

Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Gesundheit aus?

Dass sich das globale Klima in den vergangenen Jahrzehnten erwärmt hat, ist eine unumstrittene Tatsache. Klimamodelle sagen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts eine weitere Temperaturerhöhung voraus. Auch in Deutschland wird es voraussichtlich um einige Grad Celsius wärmer werden, was Folgen für die menschliche Gesundheit haben könnte. So begünstigt die Klimaerwärmung die Entstehung allergischer Erkrankungen, indem neue, hoch allergene Pollen nach Deutschland einwandern und die Pollenbelastung der Umgebungsluft steigt. Der FLUGS-Fachinformationsdienst gibt einen Überblick über mögliche Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die Gesundheit und stellt Beispiele aus der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel vor, die das Bundeskabinett im Dezember beschlossen hat.



Foto: Fotolia/MXFX

1. Klimawandel und Klimaprognosen

„Die Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig“, zu diesem besorgniserregenden Schluss kommt das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in seinem vierten Bericht. Nach der Anfang 2007 veröffentlichten Studie ist die globale Oberflächentemperatur von 1906 bis 2005 um 0,7 Grad Celsius gestiegen, die Temperaturzunahme der letzten 50 Jahre war doppelt so hoch wie die der letzten 100 Jahre. Auch die Häufigkeit heftiger Niederschläge hat zugenommen. Weltweit nahm die schneebedeckte Fläche seit 1980 um fünf Prozent ab, während der Meeresspiegel seit 1993 im Durchschnitt um drei Millimeter pro Jahr stieg.

Ursache für die Klimaerwärmung sind aller Wahrscheinlichkeit nach die vom Menschen verursachten Treibhausgase, im Wesentlichen Kohlendioxid (CO₂). Nach der IPCC-Studie hat der CO₂-Gehalt der Luft von 1750 bis 2005 um 35 Prozent zugenommen, wobei die Zuwachsrate der letzten zehn Jahre die höchste seit 50 Jahren ist. Hauptquelle für CO₂-Emissionen ist die Verbrennung fossiler Energieträger wie Kohle und Erdöl – und damit auch der Verkehr. Laut IPCC gehen 78 Prozent der Erhöhung des Kohlendioxid-Gehaltes auf die Nutzung fossiler Brennstoffe zurück, 22 Prozent haben ihre Ursache in Landnutzungsänderungen wie beispielsweise der Brandrodung von Waldflächen.

Klimamodelle sagen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts eine weitere globale Temperaturerhöhung voraus. Das niedrigste Klimaszenario geht für die letzte Dekade des 21. Jahrhunderts von einer Erwärmung von 1,1 bis 2,9 Grad Celsius aus, das höchste von 2,4 bis 6,4 Grad Celsius. Selbst wenn alle Emissionen gestoppt werden könnten, würde die Temperatur in den nächsten zwei bis drei Jahrzehnten wegen der Trägheit des Klimasystems um 0,6 Grad Celsius weiter ansteigen. Für Deutschland sind folgende Szenarien denkbar:

- Von 2021 bis 2050 könnte sich die Temperatur im Jahresmittel um 1,0 bis 2,2 Grad Celsius gegenüber 1961 bis 1990 erhöhen.
- Die Niederschlagsmenge könnte im gleichen Zeitraum im Mittel der Sommermonate um 5 bis 25 Prozent sinken.
- Von 2071 bis 2100 könnte die Temperatur im Jahresmittel um 2,0 bis 4,0 Grad Celsius gegenüber 1961 bis 1990 steigen.
- Die Niederschlagsmenge könnte sich im gleichen Zeitraum in der Summe der Sommermonate um 15 bis 40 Prozent reduzieren (Quelle: Hintergrundpapier zur „Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“).

2. Folgen des Klimawandels für die Gesundheit

Der Klimawandel kann auf vielerlei Weise Einfluss auf die menschliche Gesundheit nehmen. Die im Dezember 2008 vom Bundeskabinett beschlossene „Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ gibt folgende Beispiele: Beeinträchtigungen durch extreme Wetterereignisse, veränderte Verbreitungsgebiete von Krankheiten, die durch Vektoren wie Nagetiere oder Insekten übertragen werden, verstärkte Hitzebelastung, Beeinträchtigung der Trinkwasserqualität und -quantität, verändertes Auftreten von Luftallergenen, verstärkte Bildung bodennahen Ozons sowie erhöhtes Hautkrebsrisiko durch vermehrte Exposition gegenüber UV-Strahlung. Während einige gesundheitliche Auswirkungen des Klimawandels bereits wissenschaftlich bewiesen sind, gibt es für andere Aspekte noch erheblichen Forschungsbedarf.

2.1. Gesundheitsrisiken durch extreme Klimaereignisse

Dass extreme Wetterereignisse wie Hitzewellen, Starkniederschlagsereignisse und tropische Wirbelstürme im Laufe des 21. Jahrhunderts zunehmen, gilt nach der IPCC-Studie aus dem Jahr 2007 als „wahrscheinlich“ bis „sehr wahrscheinlich“. Wetterextreme fordern oft zahlreiche Todesopfer und Verletzte. Während der langen Hitzeperiode im August 2003 sind in Westeuropa rund 35.000 Menschen gestorben, 7.000 davon in Deutschland. Die häufigsten Todesursachen waren Herzinfarkt, Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, der Nieren und Atemwege sowie Stoffwechselstörungen.



CO₂-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger wie Erdöl und Kohle sind die Hauptursache für den Klimawandel. Foto: Fotolia/Markus Kauf



Steigende Temperaturen und sinkende Niederschlagsmengen könnten in Zukunft Dürreperioden begünstigen. Foto: Fotolia/Uwe Wittbrock

Studien zeigen, dass Hitzewellen im Sommer die Sterblichkeit über das saisonal übliche Maß hinaus erhöhen. Als Gründe dafür werden die Belastung des Herz-Kreislaufsystems sowie Störungen der körpereigenen Temperaturregulation diskutiert. Besonders gefährdet sind Menschen mit chronischen Krankheiten, ältere Personen, Säuglinge und Kleinkinder. Menschen, die in Städten leben, leiden stärker unter Hitzeperioden als die Landbevölkerung, da die nächtlichen Abkühlphasen in den Städten geringer sind als auf dem Land. Wegen der vielen Todesfälle im Hochsommer 2003 hat der Deutsche Wetterdienst (DWD) einen Hitzewarndienst eingerichtet: Auf Basis der gefühlten Temperatur überprüft der DWD im Sommer nun täglich die thermische Belastungssituation in Deutschland und gibt Frühwarnvorhersagen. Nach dem vom WHO-Regionalbüro für Europa koordinierten Forschungsprojekt „Klimaveränderungen und Anpassungsstrategien zum Schutz der menschlichen Gesundheit“ (cCASHh) wird sich das Sterberisiko aufgrund von Hitzewellen mit hoher Wahrscheinlichkeit in den nächsten Jahren mindestens verdoppeln. So soll sich die jährliche Zahl hitzebedingter Sterbefälle in Portugal von rund 600 im Zeitraum 1980 bis 1998 auf 1.500 im Jahr 2020 erhöhen (cCASHh = **c**limate **C**hange and **A**daptation **S**trategies for **H**uman **h**ealth in Europe).



Besonders in tiefliegenden Küstengebieten wird es wahrscheinlich häufiger zu Überschwemmungen kommen. Foto: Fotolia/Martina Topf

Experten gehen davon aus, dass in den nächsten 100 Jahren viele Gebiete häufiger und in stärkerem Maße überschwemmt werden als heute. Besonders stark betroffen sein werden tiefliegende Küstengebiete und Gebiete, in denen es häufig zu starken Regenfällen kommt. Überschwemmungen fordern meist nicht nur zahlreiche Ertrinkungsopfer, sondern begünstigen auch den Ausbruch von Krankheiten durch verunreinigtes Wasser. So kommt es in Asien und Afrika nach Überschwemmungen immer wieder zu Fällen von Cholera und Durchfallerkrankungen durch verunreinigtes Wasser. Darüber hinaus sind stehende Gewässer nach starken Regenfällen oder über die Ufer getretene Flüsse bei entsprechenden klimatischen Bedingungen potenzielle Brutstätten für Stechmücken und erhöhen damit das Risiko für Infektionskrankheiten.

2.2 Zunahme von durch Vektoren übertragene Infektionskrankheiten

Viele Infektionskrankheiten werden durch Vektoren wie Insekten oder Nagetiere auf den Menschen übertragen. Nach Angaben des Robert-Koch-Instituts (RKI) wird die Ausbreitung von Infektionskrankheiten wie Malaria und Dengue-Fieber durch die aktuellen Klimaveränderungen in einigen Regionen Afrikas, Südamerikas und Asiens nachweislich begünstigt. Tropische und subtropische Infektionskrankheiten werden meist durch Fernreisen nach Deutschland eingeschleppt. Laut RKI sinkt im langfristigen Trend zwar die Zahl der reisebedingten Malaria-Fälle, gleichzeitig steigt aber die Zahl an importierten Infektionen beispielsweise durch Dengue-Viren und Leishmanien, Erreger einer schweren Infektionskrankheit.

2.2.1 Durch Stechmücken übertragene Krankheiten

Malaria

Malaria wird durch die Stechmücken-Gattung Anopheles übertragen. Eigentlicher Verursacher der Krankheit sind Plasmodien-Parasiten. Ihre Überlebensfähigkeit hängt wie die der Anopheles-Mücken von der Temperatur ab. Für das Überleben der Stechmücken sind aber auch eine ausreichend hohe Feuchtigkeit und die Nieder-



Das Risiko, dass sich Malaria in Europa verbreitet, schätzen Experten trotz des Klimawandels als gering ein. Foto: Fotolia/yxowert

schlagsmenge entscheidend. Laut RKI ist Malaria trotz der globalen Erwärmung geographisch heute zwar weniger verbreitet als noch vor 100 Jahren. Jedoch hat die Häufigkeit der Krankheit in den relevanten tropischen und subtropischen Regionen zum Teil zugenommen. Konkrete Beweise dafür, dass die globale Erwärmung dafür verantwortlich ist, gibt es allerdings noch nicht. Neben dem Klimawandel führen zahlreiche weitere Faktoren zur Zunahme der Krankheitsraten in den betroffenen Regionen, etwa die Massenbewegung von Flüchtlingen und der schlechte Zugang der Bevölkerung zu Therapien. Zwar sind Anopheles-Mücken, die theoretisch Malaria-Plasmodien übertragen könnten, auch in einigen Gegenden Europas heimisch. Das Risiko, dass sich die Krankheit in Europa ausbreitet, schätzen Experten dennoch als gering ein. Da eingeschleppte Infektionen frühzeitig erkannt und wirksam behandelt werden können, wird es kaum zu relevanten Übertragungszyklen zwischen Menschen und Stechmücken kommen.

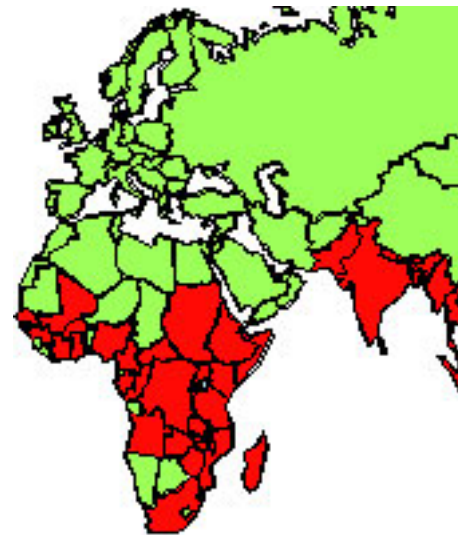


In tropischen Megastädten finden Stechmücken, die Infektionskrankheiten übertragen, gute Brutbedingungen.

Foto: Fotolia/Lisa Gogolin

Dengue-Fieber

Dengue-Viren werden ebenso wie Malaria von Stechmücken der Gattung Aedes in tropischen und subtropischen Ländern übertragen. Die Krankheit, die bei schweren Formen vor allem bei Kindern tödlich verlaufen kann, hat sich in den letzten vierzig Jahren weltweit stark verbreitet. Ursache dafür sind neben klimatischen Faktoren die hohe Populationsdichte in tropischen Megastädten und die guten Brutbedingungen für Stechmücken, etwa in Wasservorratsbehältern und Plastikcontainern. Auch die Zahl der nach Deutschland importierten Fälle ist in den vergangenen Jahren tendenziell gestiegen. Die meisten Betroffenen infizieren sich in Süd- und Südostasien, Mittel- und Südamerika. Obwohl eine Art der Überträgermücken, Aedes albopictus, die asiatische Tigermücke, in den vergangenen Jahren in einigen Mittelmeerländern heimisch wurde, schätzt das RKI die Wahrscheinlichkeit einer Ausbreitung von Dengue in Europa zurzeit als gering ein. Das liegt unter anderem daran, dass Aedes albopictus ein viel geringeres Potenzial zur Übertragung des Dengue-Virus hat als die Stechmückenart Aedes aegypti, die für die großen Ausbrüche in Asien und Lateinamerika verantwortlich ist.



Chikungunya-Fieber tritt zwar vorwiegend in Afrika und Asien auf, doch 2007 kam es erstmals zu einem Ausbruch in Italien.

Foto: Wikipedia

Chikungunya

Die mit Fieber und Gelenkschmerzen einhergehende tropische Infektionskrankheit Chikungunya wird durch bestimmte Arten von Aedes-Mücken, etwa die asiatische Tigermücke, übertragen. 2007 gab es erstmals in Europa in Norditalien einen langdauernden Chikungunya-Ausbruch. Nach Einschätzung des RKI ist in den nächsten Jahren zu erwarten, dass die asiatische Tigermücke nach Deutschland einwandert. 2007 wurden in Baden-Württemberg Eier der Mücke gefunden.

Leishmaniose

Die Leishmaniose ist nicht nur in subtropischen und tropischen Ländern, sondern auch in einigen Ländern Südeuropa verbreitet. Der Parasit wird von Sandmücken übertragen und hat sein Reservoir in Hunden. Sandmücken kommen auch in wärmeren Regionen Deutschlands vor, zum Beispiel in Baden-Württemberg. Wenn der Erreger verstärkt eingeschleppt wird, etwa über importierte Hunde aus den Mittelmeerländern, sind unter bestimmten Klimaerwärmungsszenarien auch in Deutschland Leishmanien-Infektionen denkbar.



Die Zahl der nach Deutschland importierten Fälle von Dengue-Fieber steigt. Überträger ist die Stechmücke Aedes aegypti.

Foto: Wikipedia

Hantavirus

Die Viruserkrankung, die zu Fieber-, Kopf-, Bauch- und Rückenschmerzen führt, wird durch Einatmen von getrocknetem Urin und Kot von Rötelmäusen übertragen. Im Jahr 2007 gab es aufgrund des ungewöhnlich warmen Winters und der guten Vermehrungsbedingungen der Mäuse ungewöhnlich viele Hantavirus-Fälle in Deutschland, vor allem in den südlichen Regionen. Da milde Winter die Vermehrung von Rötelmäusen begünstigen, könnte die Klimaerwärmung zu einer Zunahme der Viruskrankheit führen.

2.2.2 Durch Zecken übertragbare Krankheiten

Nach Erkenntnissen aus den cCASHh-Studien haben sich die Lyme-Borreliose und die FSME, zwei wichtige durch Zecken übertragbare Krankheiten, in den vergangenen Jahrzehnten weiter nach Norden und in höhere Lagen ausgebreitet. Sie treten heute beispielsweise in Schweden und Tschechien auf. In Deutschland haben sich die Risikoregionen für FSME nach Angaben des RKI von Süddeutschland aus zwar leicht nach Norden verschoben, etwa nach Hessen und ins Saarland, sind aber weiterhin auf die seit längerem bekannten Endemiegebiete beschränkt. Laut RKI ist es allerdings durchaus denkbar, dass sich in Zusammenhang mit wärmeren Wintern die Lebensbedingungen für Reservoir- und Vektorpopulationen zunehmend verbessern und die Infektionsgefahr für den Menschen steigt. Belegbar sind solche Effekte aber noch nicht. So ist die Häufigkeit der Lyme-Borreliose in den meldepflichtigen Gebieten Ostdeutschlands im langfristigen Vergleich zwar gestiegen, doch der Einfluss des Klimawandels lässt sich nicht eindeutig beweisen.

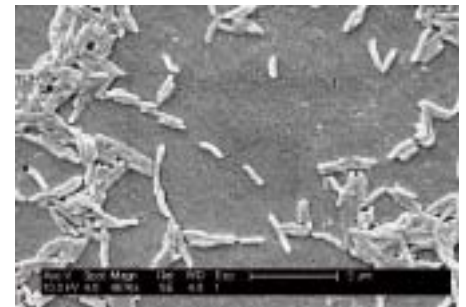


Sollten die Winter in Zukunft wärmer werden, könnten sich die Lebensbedingungen für Zecken verbessern und damit die Zahl der FSME- und Borreliose-Fälle zunehmen.

Foto: Wikipedia

2.3 Zunahme von Lebensmittelinfektionen

Das RKI geht davon aus, dass auch Lebensmittel assoziierte Infektionen bei einer Temperaturerhöhung häufiger auftreten könnten. Ein Vorbote dafür könnte die Zunahme der Campylobacter-Fälle vor zwei Jahren sein: 2007 gab es ungewöhnlich viele Fälle von Campylobacter-Infektionen, die Fallzahlen stiegen ungewöhnlich früh an. Ursache dafür war vermutlich das außergewöhnlich warme Frühjahr 2007. Auch für Salmonellen lässt sich belegen, dass sich hohe Außentemperaturen auf die Erkrankungshäufigkeit auswirken. Hinzu kommt, dass sich das Freizeitverhalten durch den Klimawandel verändert; die Menschen gehen früher ins Freie, grillen und picknicken häufiger. Stehen Speisen bei warmen Temperaturen lange im Freien, steigt das Risiko für Lebensmittelinfektionen.



2.4 Verschlechterung der Wasserqualität

Durch die Klimaerwärmung könnten vermehrt Keime ins Trinkwasser einwandern, die die Wasserqualität verschlechtern. Verantwortlich für das Eindringen von Keimen ins Trinkwasser ist eine mangelhafte Bodendeckschicht: In den Sommermonaten schwächt sich die Bodenbarriere zum Trinkwasser hin durch Austrocknung und Rissbildung ab. Dadurch können Fäkalkeime leichter in tiefere Bodenschichten vordringen. Nach einem Bericht des bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) aus dem Jahr 2006 ist bei einer Klimaerwärmung damit zu rechnen, dass Hitzeperioden die Bodenfilter kontinuierlich schwächen und Verunreinigungen häufiger ins Grundwasser gelangen - vor allem, wenn im gleichen Zeitraum vermehrt starke Regengüsse auftreten. Erhalten Krankheitserreger wie bestimmte Escherichia coli-Stämme



Das Robert-Koch-Institut rechnet damit, dass Lebensmittelinfektionen zukünftig häufiger auftreten werden. Im Bild: Salmonella ssp. und Campylobacter ssp. im Rasterelektronenmikroskop. Fotos: CDC

oder thermophile Campylobacter-Arten leichter Zugang ins Grundwasser, ist nach Einschätzung des LGL auch in Industrieländern mit einem erhöhten Gefährdungspotenzial über Trinkwasser zu rechnen.

2.5 Gesundheitliche Folgen von Veränderungen der Ozonkonzentration

2.5.1 Erhöhtes Hautkrebsrisiko

Hautkrebs zählt zu den häufigsten Krebsarten in Deutschland. Nach Angaben des Robert-Koch-Instituts erkranken jährlich 14.900 Personen am malignen Melanom, einer bösartigen Neubildung von pigmentbildenden Zellen der Haut. Hautkrebs tritt vor allem als Spätfolge von chronischen Gewebeeränderungen durch häufiges Sonnenbaden auf. Seit den 1980er Jahren haben sich die Erkrankungsraten beim malignen Melanom mehr als verdreifacht.

Durch die Ausdünnung der schützenden Ozonschicht in der Stratosphäre erhöht sich die auf der Erde ankommende UV-B-Strahlung, die als wichtigster Einflussfaktor für die Entstehung von Hautkrebs gilt. Über Mitteleuropa betrug der Ozonabbau in den vergangenen 35 Jahren etwa sieben Prozent. Da die Produktion und Verwendung von ozonschädlichen Stoffen wie FCKW seit 1995 EU-weit verboten ist, konnte die Abnahme der Ozonschicht in den vergangenen Jahren zwar gestoppt werden. Ozonkonzentrationen wie in den Jahren vor 1980 werden allerdings frühestens für das Jahr 2065 erwartet.

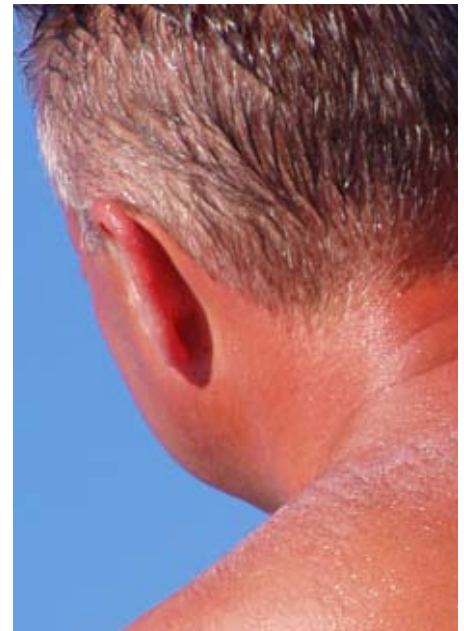
Ob sich der Klimawandel tatsächlich auf die Zahl der Hautkrebsfälle auswirkt, ist wissenschaftlich noch nicht bewiesen. Unabhängig von der stärkeren UV-Belastung könnten sich Menschen durch die höheren Temperaturen zum Beispiel verstärkt im Freien aufhalten oder freizügiger kleiden. Andererseits wäre es aber auch denkbar, dass Menschen bei erhöhten Temperaturen die Sonne stärker meiden.

2.5.1 Sommersmog

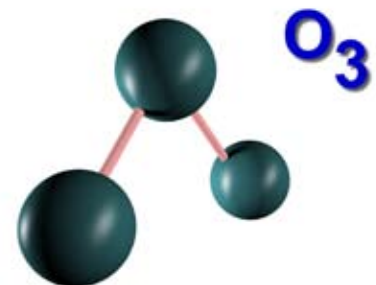
Ozon befindet sich zum Großteil zwar in den Luftschichten oberhalb von zehn Kilometern, der so genannten Stratosphäre. Doch auch in den unteren Luftschichten, der Troposphäre, gibt es einen Sockelanteil natürlich vorkommenden Ozons. Zusätzlich wird Ozon in bodennahen Schichten bei intensiver Sonneneinstrahlung durch fotochemische Reaktionen aus Sauerstoff und Luftverunreinigungen gebildet, vor allem aus Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen. Bei anhaltenden sommerlichen Schönwetterlagen erhöhen sich die Konzentrationen von Fotooxidantien, zu denen auch das bodennahe Ozon gehört. Solche Episoden werden landläufig als Sommersmog bezeichnet.

Ozon reagiert durch seine hohe Reaktionsbereitschaft fast ausschließlich am Auftreffort, also an den Oberflächen des Atemtraktes. Eine hohe Ozonbelastung kann bei empfindlichen Personen akute Beschwerden verursachen, beispielsweise Reizungen der Atemwege, Atembeschwerden sowie Kopfschmerzen und Husten. Hinzu kommt, dass Ozon das Risiko für Asthma bronchiale erhöhen und bei bestehendem Asthma die Symptome verschlimmern kann.

Da die Konzentration der wichtigsten Ozon-Vorläuferstoffe, Stickoxid und flüchtige organische Verbindungen, zurückgegangen ist, haben auch die Ozon-Spitzenwerte in den Jahren 1990 bis 2004 nach Angaben des Umweltbundesamtes deutlich abgenommen.



*Durch die Ausdünnung der Ozonschicht erhöht sich die UV-Strahlung auf der Erde - das Risiko für Hautkrebs steigt.
Foto: Fotolia/Lisa Vanovitch*



*Ozon entsteht in bodennahen Schichten durch fotochemische Reaktionen von Sauerstoff und Luftschadstoffen.
Foto: Fotolia/Maximiliano Ferraris*

Eine Ausnahme bildete der Sommer 2003 - durch die außergewöhnliche Hitze herrschten in diesem Jahr günstige Bedingungen für die Ozonbildung und -anreicherung. Für die kommenden Jahre geht das Umweltbundesamt davon aus, dass die Ozon-Spitzenwerte bei entsprechenden Reduzierungsmaßnahmen der Vorläuferemissionen weiter sinken könnten. Ob dies auch für die Ozon-Jahresmittelwerte erreicht werden kann, erscheint momentan ungewiss, wäre aber von besonderer Bedeutung, da Ozon auch ein Treibhausgas ist und zur Erwärmung der Erdatmosphäre beiträgt.

2.7 Zunahme von allergischen Erkrankungen

Die Häufigkeit von Allergien hat in den vergangenen Jahrzehnten deutlich zugenommen. Zwar sind die Ursachen dafür noch nicht im Einzelnen geklärt, fest steht jedoch, dass Umweltfaktoren - neben der genetischen Prädisposition und dem Fehlen schützender Reize - die Entstehung von Allergien fördern. Zu den Umweltfaktoren, die Allergien begünstigen, zählen der Klimawandel sowie der Schadstoffgehalt der Außenluft.

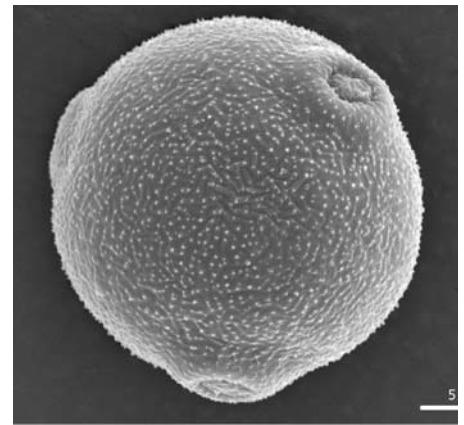
2.7.1 Auftreten neuer Pollen

Der globale Klimawandel begünstigt die Einwanderung von Pflanzen mit starkem allergenen Potenzial aus anderen Regionen der Welt. Prominentes Beispiel ist die Beifuß-Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*), in Deutschland auch unter dem Namen Aufrechtes oder Beifußblättriges Traubenkraut bekannt. Ambrosia-Pflanzen können bereits Ende Juni Pollen freisetzen, am höchsten sind die Pollenkonzentrationen jedoch zur Hauptblütezeit zwischen Mitte August und Anfang September, weshalb die Allergie gegen Ambrosia auch als Spätsommerheuschnupfen bezeichnet wird. Die Pollen der Ambrosia-Pflanze sind hoch allergen: Bereits eine Dosis von mehr als sechs Pollen pro Kubikmeter Luft in 24 Stunden kann bei sensibilisierten Personen allergischen Schnupfen und allergisches Asthma auslösen.

Ursprünglich stammt die Beifuß-Ambrosie aus den USA, wo sie - dort als „Ragweed“ bekannt - eines der häufigsten Allergene darstellt. Begünstigt durch den Klimawandel breitet sich die Pflanze seit einigen Jahren auch verstärkt in Mitteleuropa aus. Besonders häufig kommt sie in der Schweiz, in Ungarn, Italien und einigen Teilen Frankreichs vor. In Deutschland ist sie vor allem in Süd- und Ostdeutschland verbreitet. Experten vermuten, dass in Deutschland bereits 15 Prozent der Bevölkerung sensibilisiert sind, also Antikörper gegen das Ambrosia-Allergen besitzen. Die Testung auf Ambrosia gehört mittlerweile standardmäßig zur Allergiediagnostik.

2.7.2 Längere Pollenflugsaison und stärkere Pollenfreisetzung

In Europa hat sich die Pollenflugsaison in den vergangenen 30 Jahren durch das mildere Klima im Durchschnitt um zehn bis elf Tage verlängert. Dadurch sind Allergiker über einen längeren Zeitraum Pollen ausgesetzt. Eine Auswertung der Pollenflugdaten für den Zeitraum 2000 bis 2007 ergab, dass Baumpollen heute früher und Kräuterpollen heute länger fliegen als früher. Frühblüher wie Erle und Haselnuss beispielsweise setzen in milden Wintern ihre Pollen bereits im Januar frei. Spätblüher wie Kräuter können dagegen bis in den späten Herbst blühen.



Die Pollenflugsaison hat sich in den vergangenen 30 Jahren durch das mildere Klima im Schnitt um zehn bis elf Tage verlängert. Im Bild: Birkenpollen.
Foto: Prof. Heidrun Behrendt/Helmholtz Zentrum München, Klinische Kooperationsgruppe Umweltdermatologie und Allergologie



Die Baumblüte setzt heute früher ein.
Foto: Wikipedia

Durch die Zunahme der CO₂-Konzentrationen erwarten Experten außerdem eine Zunahme der Pollenemission aus den Pflanzen. So steigt unter experimentellen Bedingungen die Pollenproduktion von Ambrosia an, wenn die CO₂-Konzentration der Außenluft steigt. Eine Studie aus Baltimore, USA, zeigt außerdem, dass die Ambrosia-Pflanze in Städten früher und schneller blüht als in ländlichen Regionen und zudem mehr Biomasse und Pollen produziert. Als Ursache dafür nennen die Autoren die um knapp zwei Grad Celsius wärmere Durchschnittstemperatur in den Städten.

2.7.3. Stärkere Aggressivität der Pollen

Die globale Erwärmung erhöht die Schadstoffbelastung der Außenluft in Ballungsgebieten. So steigt bei Hochdruckwetterlagen die Konzentration an Ozon und partikelförmigen Schadstoffen (Feinstaub) stark an. Für Allergiker hat das mitunter gravierende Folgen. Dieselrußpartikel können beispielweise die Schwere der allergischen Symptome verstärken, indem sie basophile Granulozyten besonders stark aktivieren. Diese Immunzellen sind wesentlich an der allergischen Immunantwort beteiligt. Untersuchungen des Zentrums für Allergie und Umwelt der Technischen Universität München (ZAUM) und des Helmholtz Zentrums Münchens haben gezeigt, dass bei Birkenpollen-Allergikern die basophilen Granulozyten deutlich stärker aktiviert werden, wenn die Pollen mit Feinstaubextrakten belastet sind. Am stärksten beeinflussen polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) aus Dieselruß die Allergenität der Feinstaubpartikel: Pollen, die viele PAKs enthalten, verstärken die Aktivierung der basophilen Granulozyten um das bis zu Dreifache.

In Ballungsgebieten bewirken Luftschadstoffe darüber hinaus, dass Pollen bereits in der Atmosphäre Allergene freisetzen. Diese Allergene binden an Feinstaubpartikel; es entstehen Allergen-Aerosole, die zusätzlich zu den Pollen ein allergenes Potenzial darstellen. Schon Partikel mit einem Durchmesser von 0,1 Mikrometer können mit Allergenen beladen sein und tief in die Lunge eindringen, wo sie bei Asthmatikern die Obstruktion der Atemweg begünstigen. Nach Gewittern und starken Regenfällen steigt außerdem die Gefahr von „Gewitter-Asthma“: Pollen brechen durch osmotischen Schock auf und setzen dadurch verstärkt Allergene frei, die dann an Schwebstäube wie Dieselrußpartikel binden. Diese allergenen Partikel können in die unteren Atemwege eindringen und dort die Obstruktion fördern.

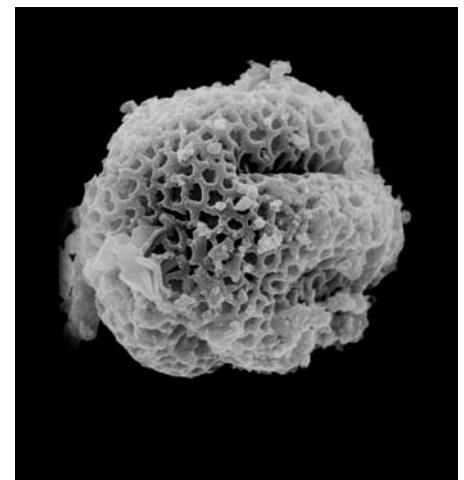
Ein weiteres Phänomen von partikelförmigen Luftschadstoffen ist, dass sie die Freisetzung von PALMs aus Pollen triggern. Die Abkürzung PALMs steht für pollenassoziierte Lipidmediatoren - Fettsäuren, die an Pollen gebunden sind und eine direkte Wirkung auf das Immunsystem haben. So sind PALMs in der Lage, Immunzellen wie neutrophile und eosinophile Granulozyten zu aktivieren und damit Entzündungen an Haut und Schleimhäuten zu fördern. Zudem beeinflussen sie dendritische Zellen, zentrale Zellen des Immunsystems, die eine allergische Immunantwort in Gang setzen. Studien zeigen, dass Pollen an stark befahrenen Straßen höhere Mengen an PALMs freisetzen als Pollen, die aus ländlichen Gebieten stammen.

2.7.4. Forschungsbedarf

Welche Auswirkungen der Klimawandel konkret für Allergiker hat, ist bisher nur unzureichend erforscht. So ist bislang nicht klar, ob Allergien durch den Klimawandel schneller chronisch werden oder



*In Experimenten wurde nachgewiesen, dass die Beifuß-Ambrosia mit Zunahme der CO₂-Konzentration mehr Pollen freisetzt.
Foto: Wikipedia*



*Allergene aus der Luft binden an Feinstaubpartikel; es entstehen Allergen-Aerosole, die ein zusätzliches allergenes Potenzial darstellen.
Foto: Foto: Prof. Heidrun Behrendt/ Helmholtz Zentrum München, Klinische Kooperationsgruppe Umweltdermatologie und Allergologie*

ob verstärkt pollenassoziierte Nahrungsmittelallergien auftreten. Um die Auswirkungen des Klimawandels auf das Allergiegesehen besser zu erforschen, haben die Technische Universität München und das Helmholtz Zentrum München im Dezember 2008 beschlossen, das Münchner Allergie-Forschungszentrum („Munich Allergy Research Center“), kurz MARC, zu gründen. Bisher wollen sich am geplanten Netzwerk 20 Institute und Kliniken der Technischen Universität München und des Helmholtz Zentrums München beteiligen, darunter auch die Umweltforschungsstation Schneefernerhaus auf der Zugspitze und das Zentrum Allergie und Umwelt der Technischen Universität München.

3. Deutsche Anpassungsstrategie

Gesundheit ist eines der 13 Handlungsfelder der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Als Beispiele für mögliche Anpassungsmaßnahmen nennt der Bericht unter anderem die vermehrte Aufklärung der Bevölkerung und des medizinischen Fach- und Pflegepersonals, die Einführung von Frühwarnsystemen mit zeitlich und räumlich konkretisierten Warnungen und Verhaltensregeln, den Ausbau der medizinischen Forschung sowie intensives Monitoring klimabedingter Krankheiten. Bis 2011 soll dem Strategiepapier ein Aktionsplan folgen, anhand dessen konkrete Maßnahmen beschlossen werden.

Weiterführende Informationen

Ärzteverband Deutscher Allergologen: Allergiker leiden unter dem Klimawandel, Presseinformationen 01/2004
<http://www.aeda.de/>

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL): Ambrosia artemisiifolia als Inhalationsallergen: Krankheitsbild, Häufigkeit, Auslöser, diagnostische Maßnahmen
http://www.lgl.bayern.de/gesundheit/umweltmedizin/ambrosia_information.htm

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL): Klimaveränderung in Bayern. Gesundheitliche Folgen und Perspektiven
http://www.lgl.bayern.de/publikationen/doc/klima_gesundheit_lgl_2006.pdf

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Umweltbundesamt (UBA): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
http://www.wasklim.de/download/Hintergrundpapier_BMU.pdf

Bundesregierung: Klimawandel wirkt sich auf die Gesundheit aus. Mitteilung Nr. 063 vom 05/2008
<http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Magazine/MagazinSozialFamilieBildung/063/t6-klimawandel-und-gesundheit.html>

Deutscher Wetterdienst (DWD): Einwirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit des Menschen in Mitteleuropa
http://www.dwd.de/bvbw/generator/Sites/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU2/KU22/klimastatusbericht/einzelne__berichte/



*Die Bundesregierung schlägt in ihrer Anpassungsstrategie die Einführung von Frühwarnsystemen mit zeitlich und räumlich konkretisierten Warnungen vor. Seit einigen Jahren gibt es in Deutschland bereits einen Hitzewarndienst.
 Foto: Fotolia/mipan*

ksb1998__pdf/01__1998,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/01_1998.pdf

Deutscher Wetterdienst (DWD): Neuer Hitzewarndienst des DWD soll Leben retten (Pressemeldung vom Mai 2005)
http://www.dwd.de/bvbw/generator/Sites/DWDWWW/Content/Presse/Pressemitteilungen/2005/200505191__pdf,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/200505191__pdf.pdf

Environmental Protection Agency (USA): Climate Change – Health and Environmental Effects
<http://www.epa.gov/climatechange/effects/health.html>

Europäische Kommission – DG Gesundheit und Verbraucherschutz: Die Hitzewelle in Europa 2003
http://ec.europa.eu/health/ph_information/dissemination/unexpected/unexpected_1_de.htm

Europäische Kommission – DG Gesundheit und Verbraucherschutz: Überschwemmungen in Europa - Gesundheitsrisiken
http://ec.europa.eu/health/ph_information/dissemination/unexpected/unexpected_7_de.htm

Helmholtz Zentrum München: Pollen mit Mehrfachwirkung – Bahnbrechende Erkenntnisse für die Allergologie.
In: „Forschung am Krankenbett“ (Broschüre)
http://www.helmholtz-muenchen.de/fileadmin/FLUGS/PDF/Portal_Allergien/Publikationen/20_21_Allergie.pdf

Helmholtz Zentrum München: Pollen-assoziierte Lipidmediatoren (PALMs): Botenstoffe aus Pollen mit proinflammatorischer und immunmodulatorischer Wirkung auf Zellen der allergischen Entzündung. In: Jahresbericht 2004
http://www.helmholtz-muenchen.de/fileadmin/GSF/pdf/publikationen/jahresberichte/2004/061_066_palm_akt.pdf

Helmholtz Zentrum München – FLUGS-Fachinformationsdienst: Die Beifuß-Ambrosie – eine zunehmende Gefahr für die Gesundheit:
<http://www.helmholtz-muenchen.de/fileadmin/FLUGS/PDF/Themen/Allergien/Ambrosia.Neu.pdf>

Informationsangebot zu Allergie, Umwelt und Gesundheit (ALLUM): Beifuß-Ambrosie (Beifußblättriges Traubenkraut)
[http://www.allum.de/noxe/beifuss_ambrosie-\(beifussblaettriges-traubenkraut\).html](http://www.allum.de/noxe/beifuss_ambrosie-(beifussblaettriges-traubenkraut).html)

Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007
<http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

KomPass: Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (Herausgeber: Umweltbundesamt)
<http://www.anpassung.net/>

Robert Koch-Institut (RKI): Zum Weltgesundheitstag 2008: Schutz der Gesundheit vor den Folgen des Klimawandels. Epidemiologisches Bulletin, April 2008
http://www.rki.de/cln_100/nn_969736/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2008/14__08,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/14_08.pdf

Robert Koch-Institut (RKI): Die Auswirkung des Klimawandels: Welche neuen Krankheiten und gesundheitlichen Probleme sind zu erwarten? Abstract: Weltgesundheitsstag 2008.
http://www.rki.de/cIn_100/nn_197444/DE/Content/Gesund/Klimawandel/Abstract__Weltgesundheitsstag__2008.html?__nnn=true

Robert Koch-Institut (RKI): Infektionsgeschehen in Hinblick auf den Klimawandel. Pressemitteilung vom April 2007
http://www.rki.de/cIn_100/nn_197444/DE/Content/Service/Teaser-Archiv/InterneLinks/070405__Teaser__West-Nil-Virus-Erkrankungen__Link3__Infekt-Klimawandel.html?__nnn=true

Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst: Pollenkalender
http://www.pollenstiftung.de/index.php?inhalt=pollenvorhersage_kalender

Umweltbundesamt (UBA): Klimawandel in Deutschland: Anpassung an Klimaänderungen in Deutschland, Oktober 2006
<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/Anpassung-Klimaaenderungen.pdf>

Umweltbundesamt (UBA) und Deutscher Wetterdienst (DWD): Klimawandel und Gesundheit: Informationen zu gesundheitlichen Auswirkungen sommerlicher Hitze und Hitzewellen und Tipps zum vorbeugenden Gesundheitsschutz, August 2008
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3519.pdf>

Umweltbundesamt (UBA): Hintergrundinformation: Sommersmog, Juni 2005
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3562.pdf>

WHO: World Health Day 2008: protecting health from climate change
<http://www.who.int/world-health-day/en/>

WHO: Climate change and human health - risks and responses. Summary.
<http://www.who.int/globalchange/climate/summary/en/>

WHO-Regionalbüro für Europa: climate Change and Adaptation Strategies for Human health in Europe (cCASHh).
http://www.euro.who.int/globalchange/assessment/20070403_1

WHO-Regionalbüro für Europa: Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit: Wie können die neuen Gefahren jetzt bewältigt werden? Faktenblatt EURO/15/05
<http://www.euro.who.int/document/mediacentre/fs1505g.pdf>

Wissenschaftliche Übersichts- und Originalliteratur

Augustin, J., et. al.: Beeinflusst der Klimawandel das Auftreten von Haut- und Allergiekrankheiten in Deutschland. In: Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft, 2008; 6: 632-639

Barczok, M.: Mehr Asthma durch Klimawandel. In: MMW-Fortschritte der Medizin, 2008; 150: 35-36

Barczok, M.: Feinstaub macht Pollen aggressiver. In: MMW-Fortschritte der Medizin, 2007; 149: 37-38

Beggs, P. J.: Impacts of climate change on aeroallergens: past and future. In: *Clinical and Experimental Allergy*, 2004; 34: 1508-1513

Behrendt, H.: Wie Umweltfaktoren Allergien auslösen, verstärken – oder verhindern. In: *MMW-Fortschritte der Medizin*, 2006; 20: 32-33

D'Amato et al.: Allergic pollen and pollen allergy in Europe. In: *Allergy*, 2007, 62: 976-990

D'Amato, G., Cecchi, L.: Effects of climate change on environmental factors in respiratory allergic diseases. In: *Clinical and Experimental Allergy*, 2008; 38: 1264-1274

Ebert, B., Fleischer, B.: Globale Erwärmung und Ausbreitung von Infektionskrankheiten. In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 2005; 48: 55-62

Hibbeler, B.: Globale Erwärmung birgt lokale Gesundheitsrisiken. In: *Deutsches Ärzteblatt*, 2007; 104 (7): 402-405

Jansen, A., Frank, C., Koch, J.; Stark, K.: Surveillance of vector-borne diseases in Germany: trends and challenges in the view of disease emergence and climate change. In: *Parasitology Research*, 2008, 103 (Suppl 1): S11-S17

Lewis et. al.: Cities as harbingers of climate change: Common ragweed, urbanization, and public health. In: *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 2003, 111 (2): 290-295

Naucke, T.J.: Leishmaniose – Einzug in Deutschland. In: *Tierärztliche Umschau*, 2007; 62: 495-500

Schober, W., Behrendt, H.: Einfluss von Umweltfaktoren auf die Allergienentstehung. In: *HNO*, 2008; 56: 752-758

Schober et. al.: Organic Extracts of Urban Aerosol Enhance rBet v 1-Induced Upregulation of CD63 in Basophils from Birch Pollen-Allergic Individuals. In: *Toxicological Science*, 2006; 90 (2): 377-384

Shea et. al.: Climate change and allergic disease. In: *Clinical reviews in allergy and immunology*, 2008; 122: 443-453

Stand:

Januar 2009

Redaktion:

Claudia Bär, FLUGS - Fachinformationsdienst

Wiss. Beratung:

Dr. Johannes Huss-Marp, Zentrum für Allergie und Umwelt an der Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergie der Technischen Universität München; Prof. Dr. Klaus Stark, Abteilung Infektionsepidemiologie am Robert Koch-Institut; Dr. Hans-Guido Mücke, Fachgebiet Umwelthygiene und Umweltmedizin, gesundheitliche Bewertung und WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control am Umweltbundesamt