

5.3 Warn- und Informationssysteme als Maßnahmen zur Stärkung der Gesundheitskompetenz der Bevölkerung durch Anpassungen im Bereich des Humanbioklimas

GU DRUN LASCHEWSKI, KLAUS BUCHER, CHRISTINA ENDLER & ANGELIKA GRÄTZ

Warn- und Informationssysteme als Maßnahmen zur Stärkung der Gesundheitskompetenz der Bevölkerung durch Anpassungen im Bereich des Humanbioklimas: Der Klimawandel ist mit beträchtlichen Risiken für die Gesundheit des Menschen verbunden. Auch wenn alle Anpassungsstrategien einer stetigen wissenschaftlichen und praktischen Optimierung bedürfen, so sind bereits Warn- und Informationssysteme des Deutschen Wetterdienstes zur Minimierung nachteiliger Einflüsse auf die menschliche Gesundheit etabliert. Das Hitzewarnsystem ist eine wirksame Strategie um hitzebedingte Todesfälle durch Warnungen und adäquate Interventionen zu vermeiden. Mittel- und langfristig sind auch in den Bereichen der Stadtplanung und der Architektur Maßnahmen zur Anpassung an Hitze notwendig. Um die Exposition der Bevölkerung gegenüber erhöhten sommerlichen UV-Strahlungsdosen zu begrenzen, wird ein UV-Vorhersage- und -Warnsystem routinemäßig betrieben. Während der Pollensaison sind zusätzlich Pollenflugvorhersagen als Information für die steigende Zahl von der Pollenallergikern verfügbar. Generell ist die Stärkung der individuellen Gesundheitskompetenz der Bevölkerung als eine wesentliche Anpassungsstrategie in der Auseinandersetzung mit den Änderungen des Humanbioklimas zu bewertend anzustellen.

Warning and information systems as measures to prevent adverse health impacts of the population through adaptation strategies in the domain of human bioclimate: Climate change poses a range of severe health risks. Though adaptation strategies need continuous improvements and extensions, several warning- and information systems of the German National Weather Service are already in place to prevent adverse health impacts. The heat health warning system is an important strategy to reduce heat-related deaths by adequate warnings and interventions. Prevention measures are also necessary in urban planning and building design. To limit the exposure of the population to increased ultraviolet radiation a forecast- and warning system of the UV-index is run operationally. Additionally, on a seasonal basis the pollen forecasts provide valuable information to the increasing number of allergic persons. To strengthen the individual health expertise of the population can be regarded seems to be an essential adaptation strategy to cope with the changes of human bioclimate.

Risiken, Risikogruppen und Anpassungsstrategien

Der durch den anthropogenen Treibhauseffekt verursachte Klimawandel ist mit schwerwiegenden Risiken auch im Bereich des Humanbioklimas verbunden. Diese Klimarisiken werden vor allem durch veränderte thermische Bedingungen, aber auch durch Veränderungen des aktinischen und des lufthygienischen Wirkungskomplexes erwartet (s.a. Kap. 1.2). Betrachtet man die direkten Wirkungen, so reicht die Spanne der möglichen Risiken von Hitzewellen, über den Pollenflug bis hin zur UV-Strahlung. Die Exposition gegenüber den Klimarisiken sowie die Fähigkeit, sich klimabedingten Veränderungen anzupassen – hierzu gehört auch die natürliche Akklimatisation –, bestimmen die Anfälligkeit gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels. Die rechtzeitige Entwicklung, Erprobung und Umsetzung von geeigneten Anpassungsstrategien ist daher dringend erforderlich (UBA 2005). Sie kann zum Schutz der Bevölkerung beitragen und eine Minimierung der negativen Gesundheitsfolgen des Klimawandels ermöglichen (MENNE & EBI 2006). Am 17. Dezember 2008 hat das Bundeskabinett die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel beschlossen. Diese schafft einen Rahmen zur Anpassung an die Fol-

gen des Klimawandels in Deutschland. In diesem Zusammenhang bietet das vom Umweltbundesamt betriebene Internetportal www.anpassung.net Informationen über Themen und Aktivitäten auch für das Handlungsfeld »Menschliche Gesundheit«. Grundsätzlich können die Strategien wegen der Unsicherheiten der konkreten zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels und des voranschreitenden wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns wiederholter Nachbesserungen bedürfen. Es muss daher ein längerfristiger Optimierungsprozess eingeplant werden.

Anpassungsstrategien sind besonders bedeutsam für die von den negativen Auswirkungen des Klimawandels in besonderem Maße betroffenen Personen. Dazu gehören im Bereich des thermischen und lufthygienischen Wirkungskomplexes alle Personen mit gesundheitlicher Vorbelastung wie alte und geschwächte Menschen, aber auch Kinder mit ihrem sich noch entwickelnden Immunsystem. Im Bereich des aktinischen Wirkungskomplexes gelten vorrangig Immunsupprimierte als eine spezielle Risikogruppe. In allen Bereichen können auch soziale Faktoren wie ein mangelnder Zugang zu Informationen und materiellen Gütern besondere Risikogruppen kennzeichnen.

Die Anpassung im Bereich des Humanbioklimas

erfordert in hohem Maß die Stärkung der individuellen Gesundheitskompetenz der Bevölkerung. Die Menschen können über Verhaltensanpassung viel zu einer verringerten Exposition beitragen, auch wenn weitere Maßnahmen bis hin zu Veränderungen des Lebensraums (z.B. Architektur, Stadtplanung) ebenfalls zunehmend an Bedeutung gewinnen. Besonders wichtig scheinen die Aufklärung und Wissensvermittlung in Bezug auf die konkreten Klimarisiken (z.B. Hitzewellen) sowie die Anleitung zur grundsätzlichen Änderung des Verhaltens (z.B. generelles Vermeiden übermäßiger Sonnenexposition) und konkreten Verhaltensanpassungen im Fall akuter Gefährdung (z.B. Expositionsvermeidung; ausreichende Flüssigkeitszufuhr bei Hitze). Auch wenn die Kommunikation und die individuelle Umsetzung des bereits vorhandenen Wissens noch verbesserungswürdig sind, wurden bei der Bereitstellung der notwendigen Instrumente zur Information der Bevölkerung bereits wichtige Fortschritte erzielt. So betreibt der Deutsche Wetterdienst (DWD) mehrere operationelle Warn- und Informationssysteme im Bereich des Humanbioklimas, die in den nachfolgenden Abschnitten unter anderem beschrieben werden.

Anpassung an veränderte thermische Bedingungen

In Deutschland und Mitteleuropa ist die wahrscheinlich bedeutendste negative Gesundheitsfolge des Klimawandels die Belastung des menschlichen Organismus durch Hitze. Es zeichnet sich ein deutlicher Trend zu heißeren und trockneren Sommern ab – auch in den als gemäßigt geltenden Breiten. Hitzewellen werden keine singulären Ereignisse bleiben, sie werden häufiger auftreten und auch an Intensität zunehmen (IPCC 2013).

Bei der Abschätzung der Gesundheitsfolgen des Klimawandels gibt es eine Akkumulation von Unsicherheiten, dennoch sind die physiologischen Vorgänge im Zusammenhang mit Hitze bekannt und damit die Möglichkeiten für eine rechtzeitige Einführung von geeigneten Anpassungsmaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung gegeben. Nach Schätzungen des *Earth Policy Institute* kam es im gesamten Sommerhalbjahr 2003 zu etwa 52.000 mit Hitze assoziierten Todesfällen in Europa und zwar hauptsächlich deswegen, weil Europa völlig unvorbereitet auf eine derartige Situation war. Ohne Anpassungsmaßnahmen ist auch die deutsche Bevölkerung mäßig bis stark anfällig gegenüber negativen Hitzewirkungen (UBA 2005). Entsprechend können kurz-, mittel- und längerfristige Anpassungen für den Erhalt der Gesundheitskompetenz bei einer zunehmenden Zahl von Menschen lebenswichtig werden.

Kurzfristige Anpassung an Hitze

Nach Erfahrungen aus Modellprojekten ist durch sogenannte Hitzewarnsysteme eine wirksame Vorsorge möglich (WMO 2007). Bei der Erarbeitung eines Hitzewarnsystems sind im Wesentlichen vier Teilaufgaben zu lösen.

Aufgabe 1: Erstellung eines Notfallplans

Die wichtigste Teilaufgabe ist die Erstellung eines an die lokalen Verhältnisse angepassten Notfallplans durch das öffentliche Gesundheitswesen. Dieser Plan tritt in Kraft, wenn eine Hitzewarnung ausgegeben wird. Im Vorfeld sind alle wesentlichen Einzelheiten festzulegen, wie verantwortliche Organe, Entscheidungsträger, Interventionsmaßnahmen und Geltungsbereich. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass die Entwicklung von geeigneten, den lokalen Gegebenheiten und Erfordernissen angepassten Interventionsstrategien besonders schwierig ist.

Aufgabe 2: Gesundheitsbezogene Definition der thermischen Belastung

Der menschliche Organismus kann durch Hitze belastet werden, wenn für die Wärmeabgabe des Körpers ungünstige Bedingungen vorherrschen. Die Thermoregulation beansprucht bei steigender Belastung durch Hitze zunehmend das Herz-Kreislaufsystem und kann wegen ihrer hohen Priorität im menschlichen Körper auch zur Verschlechterung nicht direkt thermisch bedingter Erkrankungen beitragen (PARSONS 2003). Im schlimmsten Fall tritt unter starker thermischer Belastung bei Menschen mit eingeschränkter Anpassungsfähigkeit der Tod ein. Die Notwendigkeit einer thermophysiologisch relevanten Definition der thermischen Belastung wird offensichtlich.

Aufgabe 3: Vorhersage der Wärmebelastung

Die operationelle Vorhersage starker Wärmebelastung sollte auf den Routineprodukten des nationalen Wetterdienstes beruhen. Es ist wichtig, die Akklimatisation des Menschen an seine thermische Umwelt zu berücksichtigen. Die Warninformationen (Angaben zu Intensität, Zeitpunkt und Zeitintervall der Abgabe) sind nach den Erfordernissen der Gesundheitsbehörden auszurichten. Die Wärmebelastungsvorhersage besteht in einer biometeorologischen Vorhersage der Überschreitung eines Schwellenwertes für die thermische Belastung.

Aufgabe 4: Epidemiologische Untersuchungen

Für die praktische Einführung eines Hitzewarnsystems ist es nützlich, aber nicht zwingend erforderlich, eine spezielle epidemiologische Auswertung für die örtlichen Gegebenheiten zu erstellen. Die grundsätzlichen

Ergebnisse von epidemiologischen Untersuchungen zum Zusammenhang von Gesundheitsdaten (Morbidität, Mortalität) und thermischen Umweltbedingungen liegen bereits für unterschiedliche Klimate vor und zeigen ein sehr ähnliches Verhalten. Im Fall des Auftretens einer Hitzewelle ist das Funktionieren eines gut organisierten Hitzewarnsystems (einschließlich der zugehörigen Interventionsmaßnahmen) wesentlich als eine lokalspezifische Festlegung der Schwellenwerte.

Die Logik des zeitlichen Ablaufs eines Hitzewarnsystems erfordert zunächst die Wärmebelastungsvorhersage des nationalen Wetterdienstes, an welche sich die lokalspezifischen Interventionen in Zuständigkeit des öffentlichen Gesundheitswesens anschließen. Entscheidend für den Erfolg eines Hitzewarnsystems ist dabei die komplette Festlegung aller Abläufe im Vorfeld und die klare Festlegung der Schnittstellen zwischen den beteiligten Institutionen.

Die Hitzewellen im Sommer 2003 haben europaweit zur Einrichtung von Hitzewarnsystemen geführt, die überwiegend nach dem oben beschriebenen Verfahren arbeiten. In Deutschland haben alle Bundesländer in Zusammenarbeit mit dem DWD entsprechende Systeme eingeführt, die mit lokal angepassten Interventionsmaßnahmen verbunden sind und zeitlich und räumlich konkretisierte Warnungen und Verhaltensempfehlungen ausgeben (BECKER et al. 2005). Wenn die Vorhersagen erwarten lassen, dass bestimmte Warnkriterien erfüllt sind, erfolgt eine Hitzewarnung. Die Warnkriterien beziehen sich sowohl auf die Bedingungen tagsüber als auch auf die in der Nacht. Dabei werden die Warnstufen »starke Wärmebelastung« (die Gefühlte Temperatur erreicht 32 °C) und »extreme Wärmebelastung« (die Gefühlte Temperatur erreicht mindestens 38 °C) unterschieden. Der Schwellenwert für starke Wärmebelastung ist kein fester Wert, sondern wird in Abhängigkeit von der aktuellen Witterung bestimmt, um Anpassungen des menschlichen Organismus an seine thermische Umwelt zu berücksichtigen. Der Mensch passt sich zum einen durch geändertes Verhalten aber auch rein physiologisch an seine thermische Umwelt an. Diese physiologische Anpassung, auch Akklimatisation genannt, erfolgt durch eine Verbesserung der Mechanismen der Wärmeabgabe (z.B. schnelleres Einsetzen des Schwitzens, erhöhte Schweißabgabe, bessere Durchblutung der Peripherie) bereits nach wenigen Tagen der Wärmeexposition.

Die meteorologische Komponente des Hitzewarnsystems (KOPPE 2005) verbindet einen Ansatz, der die kurzfristige Anpassung des Menschen an die lokale Witterung berücksichtigt, mit einem thermophysiologisch relevanten Bewertungsverfahren (Gefühlte Temperatur). Auf diese Weise wird ein Schwellenwert

(absoluter Teil), über den negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit erwartet werden, im Laufe eines Jahres modifiziert, wobei dieser im Frühsommer niedrigere Werte annimmt, da die Menschen noch nicht an warme Bedingungen angepasst sind, und im Hochsommer höhere Werte, da anzunehmen ist, dass bereits eine Akklimatisation stattgefunden hat (relativer Teil). Auch für unterschiedliche Regionen ergeben sich so in Abhängigkeit von der vorangegangenen Witterung unterschiedliche Schwellenwerte.

Da davon auszugehen ist, dass sich die deutsche Bevölkerung nachts überwiegend in Innenräumen aufhält, wird zur Einschätzung der thermischen Bedingungen in der Nacht das Klima in Innenräumen herangezogen. Dieses lässt sich modellhaft in Abhängigkeit von den Außenbedingungen, der Gebäudesubstanz und dem Nutzerverhalten erfassen (PFAFFEROTT & BECKER 2008). Für die Anwendung im Hitzewarnsystem wurden Gebäudesubstanz (typisches, saniertes 1970er Jahre Gebäude) und Nutzerverhalten (Gardine schützt den Raum vor direkter Sonne, gelüftet wird sobald die Innentemperatur höher als die außen ist) normiert.

Als Warnkriterium gilt die mittlere nächtliche Raumtemperatur. Die Warnschwellen liegen regional unterschiedlich zwischen 23 und 25 °C; sie basieren auf einer klimatologischen Auswertung. Unzureichende Abkühlung vermindert die Schlafentiefe und damit die nächtliche Erholung. Der Hitze am Folgetag hat man weniger entgegenzusetzen.

Gewarnt wird bei Bedarf täglich gegen 10 Uhr für den aktuellen Tag und den Folgetag. Der schematische Aufbau des Hitzewarnsystems sowie der Informationsfluss im Falle einer Hitzewarnung ist in *Abb. 5.3-1* dargestellt. In Ergänzung liefert die Hitzevorinformation eine entsprechende Vorhersage für den zweiten bis sechsten Folgetag. Dabei wird allerdings nur die thermische Situation tagsüber berücksichtigt. Der DWD regionalisiert seine Warnungen bis auf die Ebene der Landkreise. Dabei wird auch die Höhenlage berücksichtigt. Diese Vorgehensweise hat sich bewährt und wird daher bei der Hitzewarnung wie auch der Hitzevorinformation praktiziert. Die Warnungen richten sich sowohl an die allgemeine Öffentlichkeit als auch direkt an die Institutionen der Gesundheitsressorts der Länder bzw. an die Lagezentren der Innenministerien. Insbesondere Pflege- und Altenheime können so die erforderlichen Interventionsmaßnahmen (wie z.B. die Bereitstellung zusätzlichen Pflegepersonals) initiieren. Die Hitzewarnungen des DWD sind unter www.wettergefahren.de sowie unter www.dwd.de im Internet abrufbar, sie können als Newsletter (www.dwd.de/newsletter) abonniert oder als Android Applikation im Google Play bezogen werden. *Abb. 5.3-2* zeigt ein Beispiel für eine Hitzewarnung.

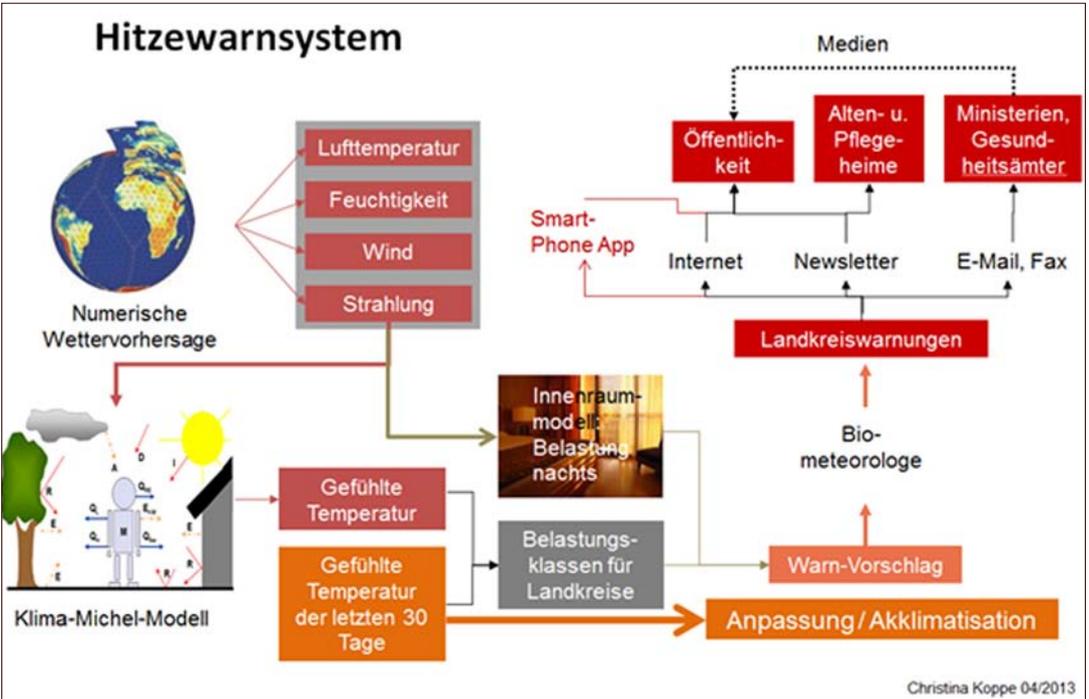


Abb. 5.3-1: Ablaufschema des Hitzewarnsystems in Deutschland.

Mittel- und langfristige Anpassung an Hitze

In Städten wird die Intensität von Hitzewellen durch die lokalen Effekte der städtischen Wärmeinsel verstärkt. Damit werden die aufgrund der Klimaerwärmung gegebenen thermischen Bedingungen insbesondere in großen Städten zunehmend belastender. Entsprechend sind zur Schaffung und Sicherstellung gesunder Wohn- und Arbeitsbedingungen auch mittel- und langfristige Anpassungsmaßnahmen in Form von klimaorientierter Stadtplanung und angepasster Gebäudearchitektur dringlich notwendig.

Stadtplanung benötigt dafür hochaufgelöste Informationen zu den innerstädtischen thermischen Bedingungen. Dabei geht es um die räumlichen Ausprägungen sowie die Häufigkeit des Auftretens von Wärmebelastung – heute, aber auch in der Zukunft. Dies lässt sich durch kombinierte Anwendung von Stadt- und regionalen Klimamodellen berechnen. Da regionale Klimamodelle keine ausreichende Auflösung besitzen, wurden spezielle Methoden entwickelt, die deren Resultate nutzen und sie gemäß der lokalen städtischen Besonderheiten interpolieren.

Abb. 5.3-3a zeigt eine hochauflösende Bioklimakarte von Berlin, die mit dem *Urbanen Bioklima Modell* (UBIKLIM) erstellt wurde. Dieses ist ein Expertensystem, das speziell zur Durchführung von Stadtklimauntersuchungen mit Gesundheitsbezug konzipiert

wurde. Unter Vorgabe geeigneter digitaler Informationen zu Flächennutzung und Stadtstruktur werden die lokalen bioklimatischen Unterschiede innerhalb der Stadt über verschiedene Ansätze ermittelt und anschließend über ein statistisches Verfahren mit dem Regionalklima bzw. den Ergebnissen aus regionalen Klimamodellen in Verbindung gebracht. Dargestellt wird die Zahl der Tage mit Wärmebelastung (Tag an dem die Gefühlte Temperatur 32 °C oder höher ist) im 30-jährigen Mittel (DEUTSCHER WETTERDIENST 2010). Als Folge unterschiedlicher Landnutzung zeigen sich dabei deutliche Unterschiede im Bioklima. Damit ergeben sich unmittelbare Ansatzpunkte zur Reduktion des Wärmeineffektes wie beispielsweise durch Begrünung.

In Abb. 5.3-3b ist ein Zukunftsszenario für die Mitte des 21. Jahrhunderts dargestellt. Bis dann werden sich die thermischen Bedingungen in den bereits aktuell am stärksten belasteten Arealen am deutlichsten verschärft haben – ein Hinweis für die Stadtplanung, hier heute schon Verbesserungen anzustreben.

Da sich die meisten Menschen überwiegend in Innenräumen aufhalten, ist ein wesentlicher Punkt zur Anpassung auch die Verminderung der Wärmebelastung in Innenräumen. Erforderlich wird eine intelligente Architektur, die beispielsweise variable Möglichkeiten zur Abschattung, zur Ventilation, zur passiven

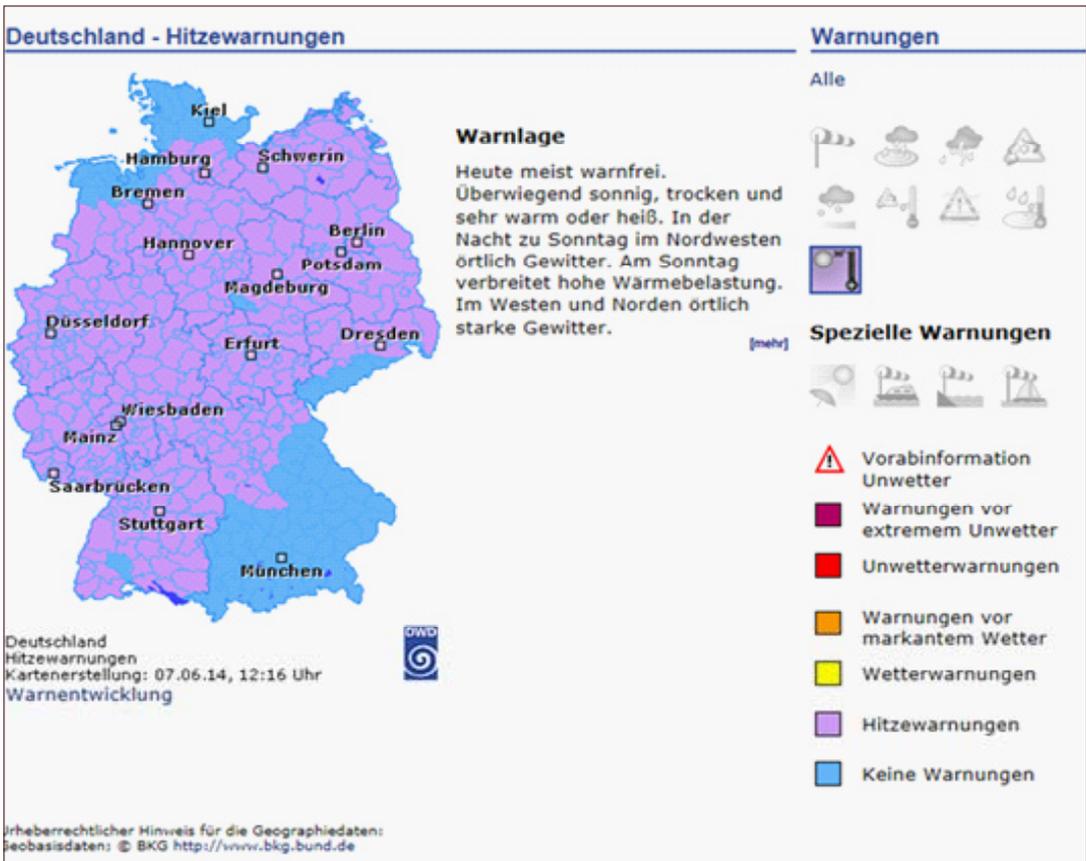


Abb. 5.3-2: Beispiel für eine Hitzewarnung im Internet-Warnauftritt des DWD (Überblick Gesamtdeutschland).

oder für besondere Risikogruppen (z.B. in Alten- und Pflegeheimen) auch zur aktiven Kühlung gestattet.

Trotz einer umfangreichen Wissensbasis zur Stadtklimatologie besteht noch ein hoher Bedarf entsprechende Anwendungen umzusetzen. Um die Lücke zwischen Theorie und Praxis zu schließen, müssen sowohl auf administrativer Seite geeignete Standards für die Stadtentwicklung vorgegeben werden als auch auf wissenschaftlicher Seite die Verfügbarkeit des Wissens verbessert und geeignete, leicht anwendbare Werkzeuge für seine Anwendung bereitgestellt werden.

Anpassung an veränderte aktinische Bedingungen

Im Bereich des aktinischen Wirkungskomplexes ist die mit Risiken verbundene UV-Exposition für breite Teile der Bevölkerung durch Aktivitäten im Freien und Urlaubsaufenthalte z.B. in südlichen Ländern allgegenwärtig. Die Stärke der sonnenbrandwirksamen UV-Strahlung ist u.a. eng mit der Menge stratosphärischen Ozons verbunden, sie nimmt bei sonst gleichen Bedingungen mit abnehmendem stratosphärischen Ozon zu. Die Gefahr eines vorzeitigen Sonnenbrandes erhöhte

sich innerhalb der letzten Jahrzehnte, da die Ozonschicht für die sonnenbrandwirksame UV-Strahlung durchlässiger wurde. Dies wurde zunächst als Erscheinung unabhängig vom Klimawandel betrachtet. Inzwischen werden aber – trotz weiterhin bestehender Unsicherheiten – auch Zusammenhänge zum Klimawandel gesehen (s.a. Kap. 1.2). Die Bevölkerung könnte den Risiken durch erhöhte UV-Strahlungsdosen ausgesetzt sein, falls nicht entsprechende Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Als Folge der geschädigten Ozonschicht und eines veränderten Freizeitverhaltens beobachten die Strahlenschutzbehörden eine starke Zunahme der Neuerkrankungen an Hautkrebs.

Der DWD hat zum Schutz der Bevölkerung vor zu intensiver UV-Strahlung einen Warndienst eingeführt. Die Warnung vor erhöhter UV-Intensität lenkt die Aufmerksamkeit der Bevölkerung auf die Risiken exzessiver UV-Exposition und leitet zu gesundheitsgerechtem Verhalten gegenüber der UV-Exposition an. Seit 2005 können im Internet unter www.dwd.de/warnungen aktuelle UV-Warnungen abgerufen werden. Unter www.dwd.de/newsletter steht auch die Möglichkeit zum Abonnieren eines Newsletters zur Verfügung.

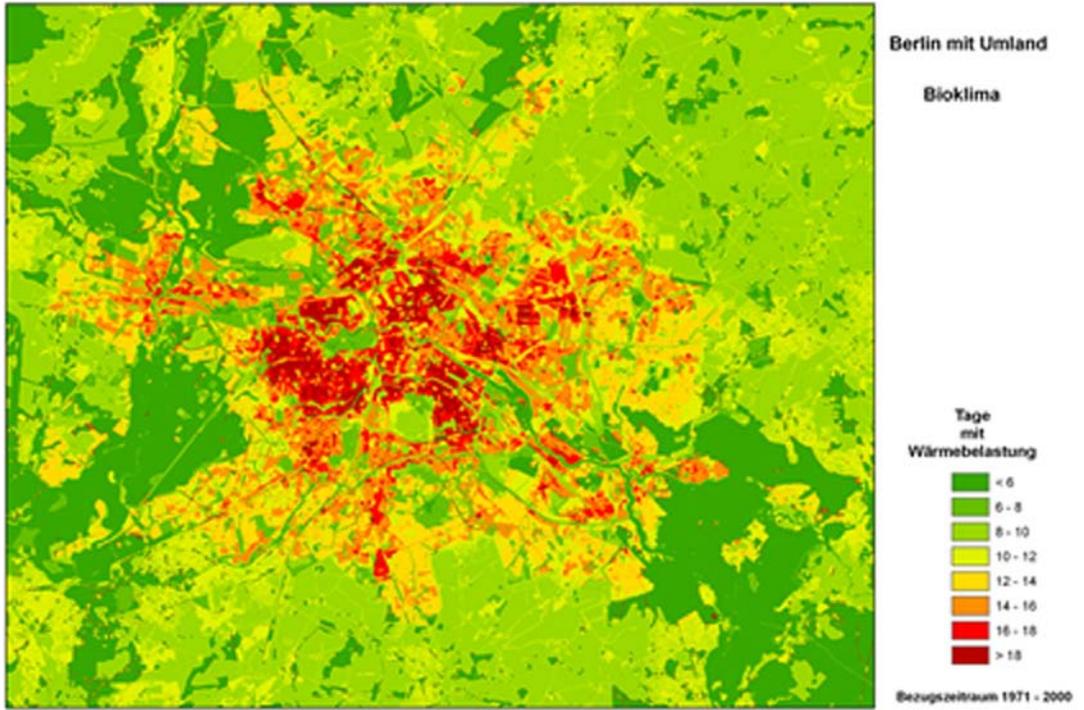


Abb. 5.3-3a: Wärmebelastung im Referenzzeitraum 1971–2000.

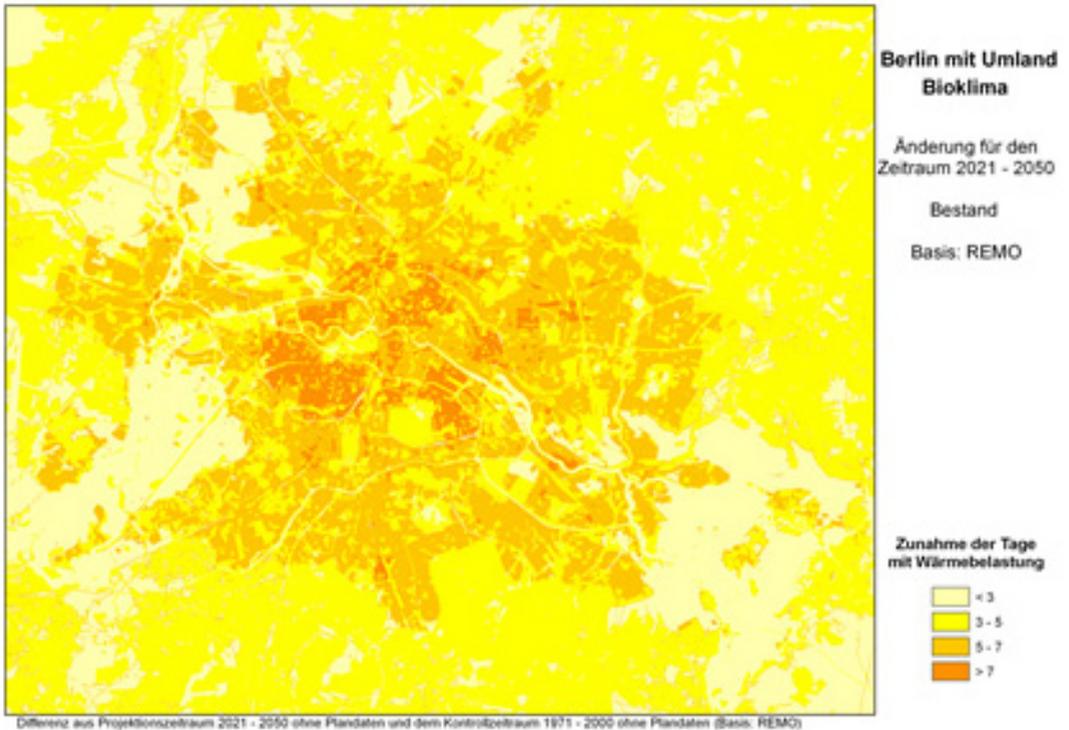


Abb. 5.3-3b: Änderung der mittleren jährlichen Zahl der Tage mit Wärmebelastung im Zeitraum 2021-2050 gegenüber 1971-2000.

Abb. 5.3-4 zeigt ein Beispiel. Die Warnungen werden täglich aktualisiert, wenn die UV-Intensität festgelegte Warnschwellen überschreitet. Im Hochsommer liegen die Warnkriterien bei einem zu erwartenden UV-Index von 8 in Norddeutschland und in den übrigen deutschen Regionen bei einem UV-Index von 8.5. Die Warnungen zeigen grafisch die von erhöhter UV-Strahlung betroffenen Landkreise an. Ein Warntext nennt die zu erwartenden UV-Werte und empfiehlt, welche Kleidung und Sonnenschutzmittel sinnvoll sind und wann der längere Aufenthalt im Freien vermieden werden sollte. Die Warnsaison reicht von Anfang April bis Ende August.

Im Frühjahr und Frühsommer ist das Jahresmaximum des UV-Index noch nicht erreicht, weshalb die oben genannten Warnkriterien in der Regel noch nicht erfüllt werden. Aber die Dicke der Ozonschicht

schwankt zu dieser Zeit auch aus natürlichen Gründen erheblich. Da die Haut überwiegend noch sonnenunbewohnt ist und der Aufbau des Eigenschutzes des Körpers (Bräunung) der Jahreszeit immer etwas hinterher hinkt, mahnt unter diesen Bedingungen eine saisonale Warnung den Sonnenschutz an. Der DWD warnt ab 1. April ergänzend immer dann vor Sonnenbrandgefahren, wenn die UV-Intensität in Deutschland 20 Prozent über dem durchschnittlichen Wert liegt. Gewarnt wird nur dort, wo ein gering bewölkter Himmel zu erwarten ist und der UV-Index mindestens den Wert 5 erreicht.

Das UV-Warnsystem stellt eine Ergänzung zum Vorhersagesystem des UV-Index dar, welches der DWD bereits seit 1995 betreibt. Im Internet unter www.uv-index.de kann sich die Bevölkerung tagesaktuell über den UV-Gefahrenindex in Deutschland informie-

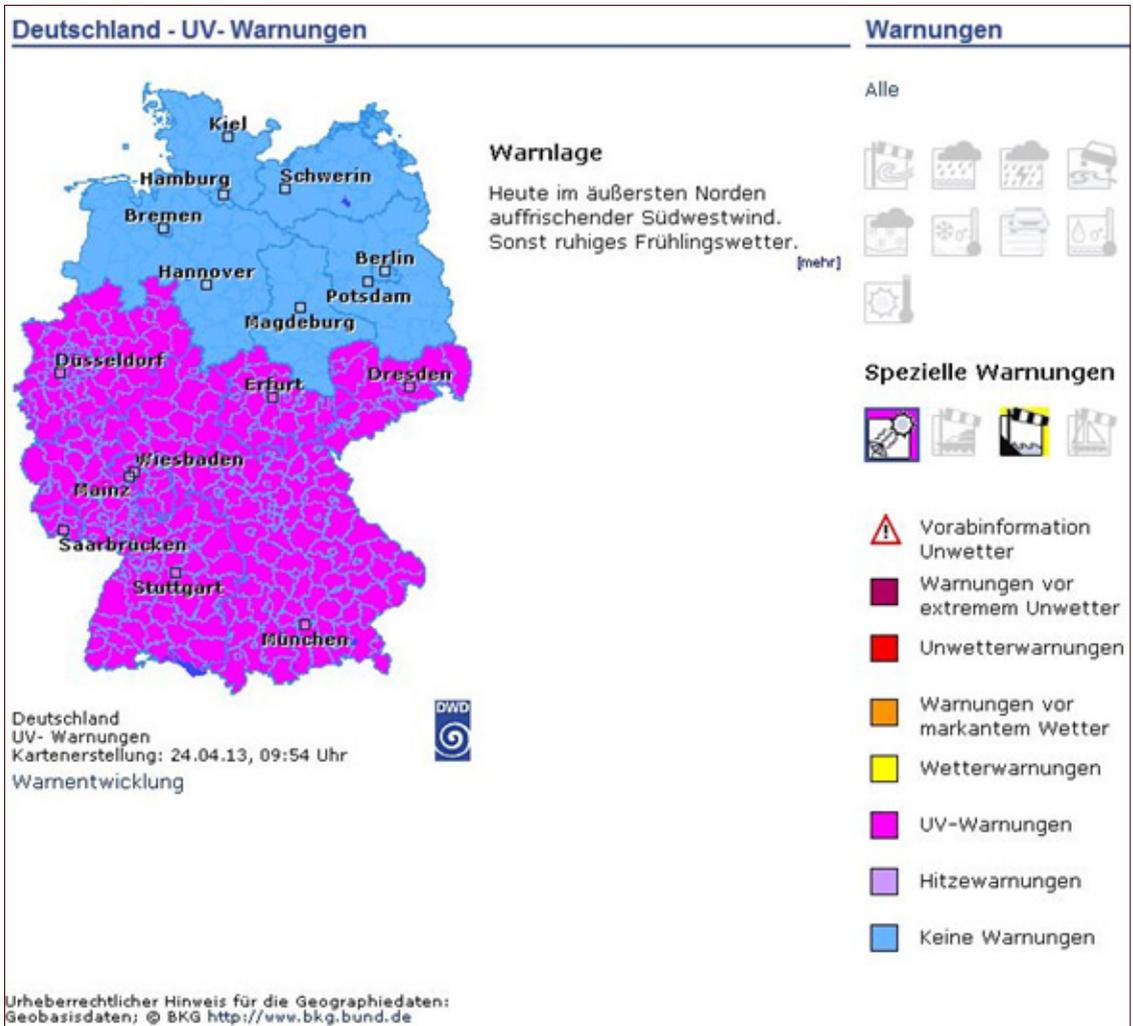


Abb. 5.3-4: Beispiel für eine Warnung vor erhöhter Intensität der UV-Strahlung im Internet-Warnauftritt des DWD (Überblick Gesamtdeutschland) (www.dwd.de/warnungen).

ren – auch dann, wenn die Werte nicht im Warnbereich liegen. Weltweite Informationen zur Sonnenbrandgefahr, also auch in den strahlungsintensiven Tropen mit UV-Indexwerten sogar über 14, stellt der DWD allen Urlaubern und Geschäftsreisenden unter www.dwd.de/uvi (in englischer Sprache) zur Verfügung (STAIGER & KÖPKE 2005, STAIGER et al. 2008). *Abb. 5.3-5* zeigt dies am Beispiel Deutschlands.

Diese Informationssysteme zielen darauf, die gesundheitlich wünschenswerten Aktivitäten im Freien zu fördern, in dem man sich der damit verbundenen Risiken aus der UV-Exposition bewusst wird und ihnen durch vernünftige Schutzmaßnahmen entgegenwirkt und somit die empfangenen UV-Dosen deutlich senkt. Auch auf mögliche Risiken des Klimawandels durch erhöhte UV-Strahlungsdosen kann sich der informierte Bürger so einstellen und sich relativ einfach durch eine individuelle Verhaltensänderung anpassen.

Anpassung an veränderte lufthygienische Bedingungen

Die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels im lufthygienischen Bereich sind vielfältig und geprägt von zahlreichen Unsicherheiten. Dementsprechend ist die Entwicklung von geeigneten Anpassungsstrategien

durch Unwägbarkeiten erschwert. Es ist anzunehmen, dass die Nutzung von Möglichkeiten zur individuellen Verhaltensanpassung, in jedem Fall zur Minderung der Auswirkungen beiträgt, auch wenn es momentan noch schwierig ist, die Wirksamkeit dieses Beitrags im Vergleich zu anderen (z.B. administrativen) Maßnahmen zu gewichten.

Als Beispiel für Anpassungsmaßnahmen, die der Bevölkerung die Möglichkeit geben, sich individuell auf akut herrschende Bedingungen einzustellen, wird im Folgenden das Pollenfluginformationssystem vorgestellt. In Deutschland leiden bereits ca. 12 Mio. Menschen an Heuschnupfen, ca. 7 Mio. Menschen an Asthma bronchiale, Tendenz zunehmend (LANGEN et al. 2013). Dabei weisen Süßgräser und Birke unter den Hauptallergenen die höchste Sensibilisierungsrate von ca. 38% auf (HEINZERLING et al. 2009, BURBACH et al. 2009). Für die Betroffenen stellt die Allergie eine erhebliche Einschränkung ihrer Lebensqualität und ein ernst zunehmendes gesundheitliches Risiko dar. Die Beschwerden reichen von brennenden Augen und lästigem Niesreiz bis hin zu lebensbedrohlichen Asthmaanfällen.

Wie sich der Pollenflug zukünftig verhalten wird, wurde in den vergangenen Jahren verstärkt untersucht.

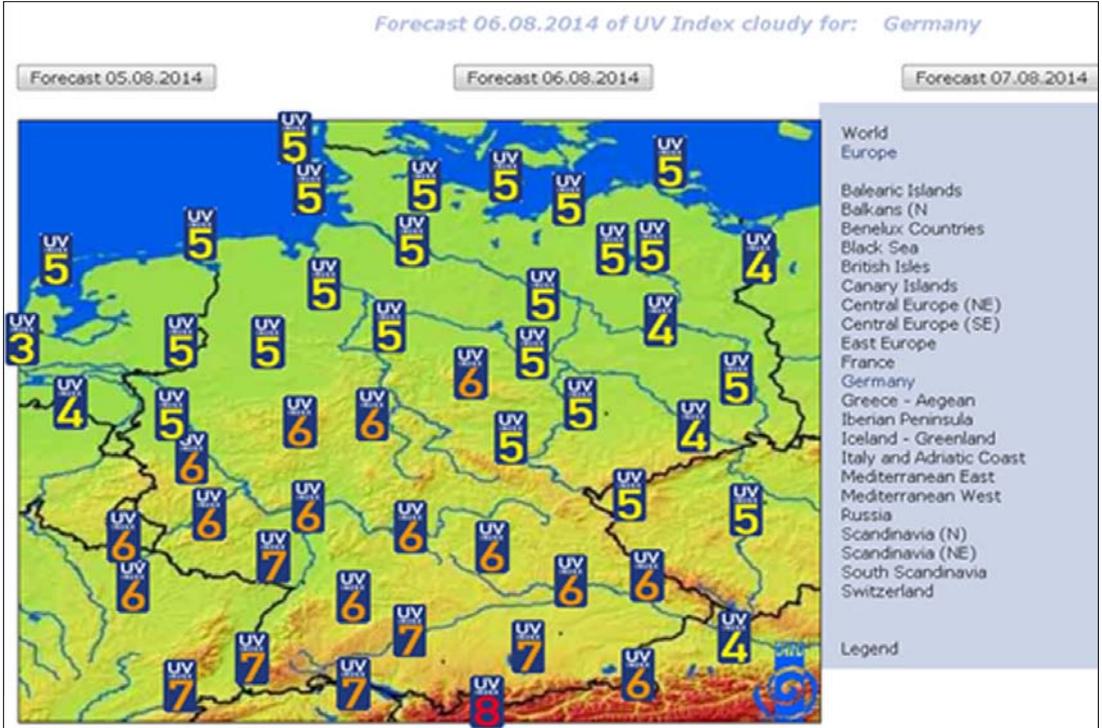


Abb. 5.3-5: UV-Index-Vorhersage für Deutschland für den Zeitraum 05.08.2014 bis 07.08.2014 als Beispiel für die weltweite UV-Index-Vorhersage des DWD im Internet (www.dwd.de/uvi).

So zeigte sich bereits in den letzten Dekaden des 20. Jahrhunderts in vielen Ländern Europas ein früherer Blühbeginn der Frühlüher im Mittel um 10–14 Tage (z.B. MENZEL et al. 2006, CHMIELEWSKI & RÖTZNER 2001, RASMUSSEN 2002, SEIZ & FOPPA 2007). Dieser Trend wird sich bis zum Ende des 21. Jahrhunderts weiter fortsetzen (z.B. VAN VLIET et al. 2002, ZHANG et al. 2013), wobei der Hasel wohl die größte Verschiebung von bis zu 2 Monaten erfahren könnte (VERIANKAITE et al. 2010). Weiterhin bestätigen Feldversuche für Ambrosia, dass eine Zunahme von CO₂ die Pollenproduktion anregt (ZISKA & CAULFIELD 2000, WAN et al. 2002, WAYNE et al. 2002) und zu einer größeren Allergenität der Pollen führt (SINGER et al. 2005, ROGERS et al. 2006).

Die Pollenkonzentration der Gräser weist eher einen rückläufigen Trend auf, welcher mitunter durch einen Rückgang der Graslandschaft von bis zu 40% er-

klärt werden kann (D'AMATO 2000, KAMINSKI & GLOD 2011).

Inwiefern neue, bisher nicht einheimische und unbekannte Pollenarten durch Archäo- oder Neophyten wie einst die hochallergene *Ambrosia artemisiifolia* die zukünftige Pollenlandschaft prägen, darüber kann bislang nur spekuliert werden. Denkbar ist, dass wärme-liebende Pflanzen wie sie derzeit im Mittelmeerraum anzutreffen sind (z.B. Glaskraut, Olive, Zypresse), einwandern können (D'AMATO et al. 2007). In Deutschland sind bereits 9.7% gegen Olive, 6.9% gegen Glaskraut und 2.8% gegen Zypresse sensibilisiert (HEINZERLING et al. 2009). Zypresse gilt als mitverantwortlich für Winter-Heuschnupfen.

Somit kann sich die Leidenszeit von Allergikern verlängern und darüber hinaus Neuerkrankungen und Sensibilisierungen hervorrufen.

Pollenfluginformationssysteme haben in Deutsch-

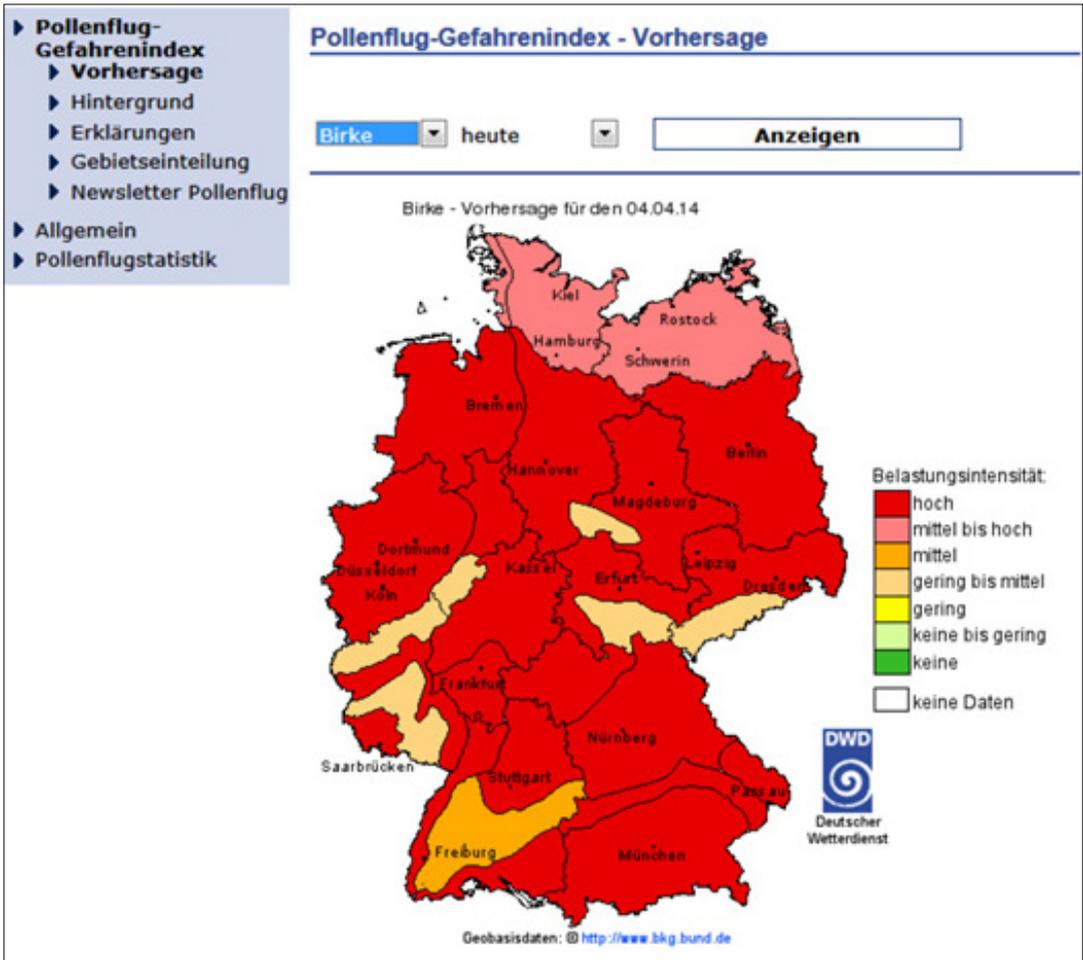


Abb. 5.3-6: Pollenfluginformationssystem des DWD im Internet vom 04.04.2014.

land und auch in einigen anderen Ländern Europas den Status von operationellen Vorhersagesystemen. Seit Anfang der 1980er-Jahre erstellt der DWD – in Kooperation mit der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst (PID) – Pollenflugvorhersagen für die acht allergologisch wichtigsten Blütenpollen Hasel, Erle, Esche, Birke, Süßgräser, Roggen, Beifuß und Ambrosia (Abb. 5.3-6). Dabei wird Deutschland in 27 Regionen unterteilt. Die Vorhersagen basieren auf den Daten aus dem bundesweiten Pollenmessnetz des PID sowie den Wettervorhersagen des DWD. Berücksichtigt wird auch der Wetterzustand zum Zeitpunkt der Messungen selbst, um eine Trennung der wetterbedingten von der blühphasenbedingten Abschwächung des Pollenfluges vornehmen zu können. Die phänologischen Daten des DWD ergänzen die Basis der Vorhersage. Sie geben Anhaltspunkte über den Beginn der Blühphasen der allergenen Pflanze und damit auch für den Beginn des Pollenfluges. Die Vorhersagen werden täglich erstellt. Seit 2005 werden die Informationen als Gefahrenindex den Allergikern im Internet zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wurde ein Newsletterservice ins Leben gerufen. Damit wird den Betroffenen die Möglichkeit gegeben, ihre Lebensweise mit Hilfe der Pollenflugvorhersagen des DWD an die aktuelle Pollenflugsituation anzupassen. Zum anderen stellt sie eine Hilfe für den Allergologen beim Erkennen der Ursache allergischer Reaktionen bei Patienten sowie beim Empfehlen prophylaktischer Maßnahmen dar. Aufgrund der Berücksichtigung orographischer und geografischer Abhängigkeiten bei der Pollenflugvorhersage kann es für Allergiker die Möglichkeit geben, dem Pollenflug kurzfristig zu entfliehen durch Aufenthalt in höheren Lagen, in denen noch kein oder in geringerem Maße Pollenflug auftritt oder auch im Küstenbereich oder auf Inseln mit geringerem Pollenaufkommen.

Grundsätzlich wird das Pollenfluginformationssystem mit zunehmendem Erkenntnisstand und technischem Fortschritt sowie durch die Anwendung von Ausbreitungsmodellen einer fortlaufenden Optimierung unterliegen. Bisher gibt es nur wenige Modelle, die die Ausbreitung von Pollen berechnen und vorhersagen, wie z.B. COSMO-ART. Dabei wird an dem Wettervorhersagemodell des DWD, COSMO, das Ausbreitungsmodell ART (*Aerosols and Reactive Trace Gases*, VOGEL et al. 2009) gekoppelt. Mit ART können alle relevanten Prozesse, die in der Atmosphäre ablaufen (z.B. Emission, Transport und Sedimentation) beschrieben werden. Bevor eine Pollenflugvorhersage berechnet werden kann, müssen noch zusätzliche Informationen über die Pflanzenverbreitung sowie über Start und Ende der Pollensaison bereitgestellt werden. Letzteres kann über die Implementierung phänologischer

Modelle (meist Temperatursummenmodelle) erfolgen. Die Forschung ist stets bemüht, die räumliche Auflösung der Modelle zu verfeinern, um den Betroffenen regional differenziertere Vorhersagen bereitzustellen.

Zusammenfassung

Auch wenn es dringend geboten bleibt, mit den fortschreitenden Risiken des Klimawandels Schritt zu halten, sind bereits wesentliche Voraussetzungen für einige Formen der individuellen Anpassung der Bevölkerung im Bereich des Humanbioklimas bereits geschaffen. Es gilt, die Gesundheitskompetenz der Bevölkerung dauerhaft zu stärken. Die Warn- und Informationssysteme bedürfen – in unterschiedlichem Maße – der weiteren praktischen und wissenschaftlichen Optimierung, und abhängig vom Klimawandel einer Ergänzung, sowie der Flankierung durch zusätzliche politische Maßnahmen.

Literatur

- BECKER P., BUCHER K., JENDRITZKY G. & C. KOPPE (2005): Germany's Heat-Health Warning System. *Annalen der Meteorologie*, 41, Volume 1, Deutscher Wetterdienst, 279-281.
- BURBACH G. J., HEINZERLING L. M., EDENHARTER G., BACHERT C., BINDSLEV-JENSEN C., BONINI S., BOUSQUET J., BOUSQUET-ROUANET L., BOUSQUET P. J., BRESCIANI M., BRUNO A., CANONICA G. W., DARSOW U., DEMOLY P., DURHAM S., FOKKENS W. J., GIAVI S., GJOMARKAJ M., GRAMICIONI C., HAAHTELA T., KOWALSKI M. L., MAGYAR P., MURAKÓZI G., OROSZM., PAPADOPOULOS N. G., RÖHNELT C., STINGL G., TODO-BOM A., VON MUTIUS E., WIESNER A., WÖHRL S. & T. ZUBERBIER (2009): GA?LEN skin test study II: clinical relevance of inhalant allergen sensitizations in Europe. – *Allergy* 64: 1507-1515. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1398-9995.2009.02089.x>.
- CHMIELEWSKI F.-M. & T. RÖTZER (2001): Response to phenology to climate change across Europe. – *Agric. Forest. Meteorol.* 108: 101-112. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1923\(01\)00233-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1923(01)00233-7).
- D'AMATO G. (2000): Urban air pollution and plant-derived respiratory allergy. – *Clin. Exp. Allergy* 30: 628-636. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2222.2000.00798.x>.
- D'AMATO G., CECCHI L., BONINI S., NUNES C., ANNESI-MAESNO I., BEHRENDT H., LICCARDI G., POPOV T. & P. VAN CAUWENBERGE (2007): Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. – *Allergy* 62: 976-990. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1398-9995.2007.01393.x>.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2010): Berlin im Klimawandel – eine Untersuchung zum Bioklima. Eine Kooperation mit der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung von Berlin. www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/download/Berlin_Waermebelastung_der_Zukunft_Projektbericht.pdf.
- FRIEDRICH M., GRÄTZ A. & G. JENDRITZKY (2001): Further development of the urban bioclimate model UBIKLIM, taking lokal wind systems into account. *Met. Z.* 10 (4): 267-272.
- KAMINSKI U. & T. GLOD (2011): Are there changes in Germany regarding the start of the pollen season, the season length and the pollen concentration of the most important allergenic pollens? – *Met. Z.* 20: 497-507. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2222.2011.02672.x>.

- org/10.1127/0941-2948/2011/0297.
- KOPPE C. (2005): Gesundheitsrelevante Bewertung von thermischer Belastung unter Berücksichtigung der kurzfristigen Anpassung der Bevölkerung an die lokalen Witterungsverhältnisse. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 226, Offenbach am Main. 168 pp.
- HEINZERLING L. M., BURBACH G. J., EDENHARTER G., BACHERT C., BINDSLEV-JENSEN C., BONINI S., BOUSQUET J., BOUSQUET-ROUANET L. P., BOUSQUET J., BRESCIANI M., BRUNO M., BURNEY P., CANONICA G. W., DARSOW U., DEMOLY P., DURHAM S., FOKKENS W. J., GIAVI S., GJOMARAJ M., GRAMICCIONI C., HAAHTELA T., KOWALSKI M. L., MAGYAR P., MURAKÖZI G., OROSZ M., PAPADOPOULOS N. G., RÖHNELT G., STINGL G., TODO-BOM A., VON MUTIUS E., WIESNER A., WÖHRL S. & T. ZUBERBIER (2009): GA²LEN skin test study I: GA²LEN harmonization of skin prick testing: novel sensitization patterns for inhalant allergens in Europe. *Allergy* 64: 1498-1506. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1398-9995.2009.02093.x>.
- IPCC (2013): Climate Change - The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds. Stocker T. F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S. K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. & P. M. Midgley. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1535 pp.
- LANGEN U., SCHMITZ R. & H. STEPPHUHN (2013): Häufigkeit allergischer Erkrankungen in Deutschland. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsbl.* 56:698-706. [Doi 10.1007/s00103-012-1652-7](http://dx.doi.org/10.1007/s00103-012-1652-7).
- MENNE B. & K. L. EBI (eds.) (2006): Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health. Steinkopff Verlag, Darmstadt. 449 pp.
- MENZEL A., SPARKS T. H., ESTRELLA N., KOCH E., AASA A., AHAS R., ALM-KÜBLER K., BISSOLLI P., BRASLAVSKA O., BRIEDE A., CHMIELEWSKI F. M., CREPINSEK Z., CURNEL Y., DAHL A., DEFILA C., DONNELLY A., FILELLA Y., JATCZAK K., MAGE F., MESTRE A., NORDLI O., PENUELAS J., PIRINEN P., REMISOVA V., SCHEIFINGER H., STRIZ M., SUSSNIK A., VLIET VAN A. J. H., WIELGOLASKI F.-E., ZACH S. & A. ZUST (2006): European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology*. 12: 1969-1976. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01193.x>.
- PARSONS K. C. (2003): Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance. 2. Ausgabe. London, Taylor & Francis. 527 pp.
- PFAFFEROTT J. & P. BECKER (2008): Erweiterung des Hitzewarnsystems um die Vorhersage der Wärmebelastung in Innenräumen. *Bauphysik* 30: 237-243.
- RASMUSSEN A. (2002): The effects of climate change on the birch pollen season in Denmark. *-Aerobiologia* 18: 253-265. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1021321615254>.
- SEIZ G. & N. FOPPA (2007): National Climate Observing System (GCOS Switzerland). Publication of the Federal Office of Meteorology and Climatology MeteoSwiss and ProClim. 92 p. <http://dx.doi.org/10.5194/asr-6-95-2011>.
- ROGERS C. A., WAYNE P. M., MACKLIN E.-A., MULLENBERG M. L., WAGNER C. J., EPSTEIN P. R. & F. A. BAZZAZ (2006): Interaction of the Onset of Spring and Elevated Atmospheric CO₂ on Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) Pollen Production. *- Environ. Health Perspect.* 114: 865-869. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.8549>.
- SINGER B. D., ZISKA L. H., FRENZ D. A., GEBHARD D. E. & J. G. STRAKA (2005): Increasing Amb a 1 content in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) pollen as a function of rising atmospheric CO₂ concentration. *- Funct. Plant. Biol.* 32: 667-670. <http://dx.doi.org/10.1071/FP05039>.
- STAIGER H., DENOUTER P. N., BAIS A. F., FEISTER U., JOHNSON B. & L. VUILLMIER (2008): Hourly resolved cloud modification factors in the ultraviolet. *Atmos. Chem. Phys.* 8: 2493-2508.
- STAIGER H. & P. KÖPKE (2005): UV-Index forecasting on a global scale. *Met. Z.*, 14 (2): 1-12.
- UBA (2005): Klimawandel in Deutschland. Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. Umweltbundesamt – Forschungsbericht 00844. 205 pp.
- VERIANKAITE L., SAULIENE I. & A. BUKANTIS (2010): The modelling of climate change influence on plant flowering shift in Lithuania. *- Zemdirbyste-Agriculture* 97: 41-48.
- VLIET VAN A. J. H., OVEREEM A., DE GROOT R. S., JACOBS A. F. G. & F. T. M. SPIEKSMAN (2002): The influence of temperature and climate change on the timing of pollen release in the Netherlands. *- Int. J. Climatol.* 22: 1757-1767. DOI: 10.1002/joc.820.
- VOGEL B., VOGEL H., BÄUMER D., BANGERT M., LUNDGREN K., RINKE R. & T. STANELLE (2009): The comprehensive model system COSMO-ART - Radiative impact of aerosol on the state of the atmosphere on the regional scale. *Atmos. Chem. Phys.*, 9: 8661-8680.
- WAN S., YUAN T., BOWDISH S., WALLACE L., RUSSELL S. D. & Y. LUO (2002): Response of an allergenic species, *Ambrosia psilostachya* (Asteraceae), to experimental warming and clipping: implications for public health. *- Am. J. Bot.* 89: 1843-1846. <http://dx.doi.org/10.3732/ajb.89.11.1843>.
- WAYNE P. S., FOSTER J., CONNOLLY F., BAZZAZ & P. EPSTEIN (2002): Production of allergenic pollen by ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) is increased in CO₂-enriched atmospheres. *- Ann. Allergy Asthma Immunol.* 88: 279-282. [http://dx.doi.org/10.1016/S1081-1206\(10\)62009-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1081-1206(10)62009-1).
- WMO (2007): MeteoWorld No.3, 4 pp.
- ZHANG Y., ISUKAPALLI S., BIELORY L. & P. G. GEORGOPOULOS (2013): Bayesian analysis of climate change effects on observed and projected airborne levels of birch pollen. *- Atm. Environ.* 68: 64-73. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.11.028>.
- ZISKA L. H. & F. A. CAULFIELD (2000): Rising CO₂ and pollen production of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.), a known allergy-inducing species: implications for public health. *- Australian J. Plant Physiol.* 27: 893-898. <http://dx.doi.org/10.1071/PP00032>.

Kontakt:

Dr. Gudrun Laschewski

Dr. Klaus Bucher

Dr. Christina Endler

Dr. Angelika Grätz

Deutscher Wetterdienst (Freiburg i. Br.)

Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung

gudrun.laschewski@dwd.de

christina.endler@dwd.de

Laschewski G., Bucher K., Endler Chr. & A. Grätz (2014): WARN- UND INFORMATIONSSYSTEME ALS MASSNAHMEN ZUR STÄRKUNG DER GESUNDHEITSKOMPETENZ DER BEVÖLKERUNG DURCH ANPASSUNGEN IM BEREICH DES HUMANBIOKLIMAS. In: Lozán, J.L., Grassl, H., Karbe, L. & G. Jendritzky (Hrsg.). Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. Elektronische Veröffentlichung (Kap. 5.3) - www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de.