

Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit – RKI-Bericht

Das Robert Koch-Institut hat im letzten Herbst den [zweiten Teil des Sachstandsberichts Klimawandel und Gesundheit](#) veröffentlicht (1). In diesem Bericht werden die gesundheitlichen Risiken durch nicht übertragbare Erkrankungen und für die psychische Gesundheit adressiert, die bei fortschreitendem Klimawandel zu erwarten sind. Im vorliegenden Artikel werden die Erkenntnisse zusammengefasst.

Hitze in Deutschland:

Gesundheitliche Risiken und Maßnahmen zur Prävention

Basierend auf einer selektiven Literaturrecherche und Auswertungen wird im Bericht der aktuelle Wissensstand zu Hitze und ihren gesundheitlichen Auswirkungen für Deutschland zusammengefasst. Hitze kann bestehende Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, der Atemwege oder der Nieren verschlimmern und unter medikamentöser Therapie teils schwerwiegende Nebenwirkungen auslösen. Während Hitzeperioden wird regelmäßig ein deutlicher Anstieg der Sterbefälle beobachtet. Der größte Anteil hitzebedingter Sterbefälle (75 %) entfällt auf die Altersgruppe ab 75 Jahren. Bisherige Ansätze zur Abmilderung gesundheitlicher Auswirkungen hoher Temperaturen umfassen zum Beispiel die Hitzewarnungen des Deutschen Wetterdienstes sowie Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen.

Der menschliche Körper reagiert mit zwei maßgeblichen physiologischen Schutzmechanismen auf Hitzestress:

- a) einer Umverteilung des Blutstroms zur Haut hin (Vasodilatation), um Wärme aus den Muskeln an die Umgebung abzuführen und
- b) der Absonderung von Schweiß, der den Körper über Verdunstung kühlt.

Diese Mechanismen wiederum haben Auswirkungen auf andere Organe des Körpers: Die Vasodilatation benötigt mehr Leistung des Herzens mit reduziertem Füllungsdruck. Es muss in der Folge stärker und schneller schlagen, was eine höhere Sauerstoffversorgung voraussetzt. Bei Menschen mit Vorerkrankungen am Herzen kann das zu einem Ungleichgewicht zwischen Sauerstoffversorgung und -bedarf und daraus folgenden Durchblutungsstörungen (Ischämie), Infarkt oder Kreislaufkollaps führen. Die Morbidität an Herz-Kreislauf-Erkrankungen steigt während einer Hitzeperiode um 2,2 % pro 1 °C Lufttemperaturzunahme.

Hitzebedingte Lungenprobleme (z. B. Lungenödem, akutes Atemnotsyndrom, erhöhter pulmonaler Stress durch hitzebedingte Hyperventilation und erhöhte Luftverschmutzung bei hohen Außentemperaturen) stellen nach Herz-Kreislauf-Erkrankungen die zweithäufigste Ursache für Mortalität und Morbidität während Hitzeperioden dar. Verkehrsbedingte Luftverschmutzung vor allem in Großstädten hat einen zur Hitze zusätzlichen indirekten Effekt auf das Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko für Patientinnen und Patienten mit chronischen Atemwegserkrankungen. In den Sommermonaten kommt es an heißen Tagen in Großstädten häufiger zu teils lebensbedrohlichen Verschlechterungen (Exazerbationen) im Krankheitsverlauf von Patientinnen und Patienten mit chronisch obstruktiver Lungen-

Harjung, H.

Literatur

- 1 Winklmayr C, Matthies-Wiesler F, Muethers S, Buchien S, Kuch B, Der Heiden M an et al. Hitze in Deutschland: Gesundheitliche Risiken und Maßnahmen zur Prävention. Gesundheitsberichterstattung des Bundes gemeinsam getragen von RKI und DESTATIS. Journal of Health Monitoring 2023 8 (S4). doi: 10.25646/11645.

erkrankung (COPD). Bei Hitze gibt der Körper nicht nur über die Haut, sondern auch über die Lunge Wärme ab, wobei sich die Atemfrequenz leicht erhöht. Dieser Wärmetransport ist bei Lungenvorgeschädigten allerdings eingeschränkt, sodass ein effizientes Abatmen der Wärme nur begrenzt funktioniert. Darüber hinaus führt die erforderliche Muskelarbeit für die vermehrten Atembewegungen auch selbst zu einer Steigerung der Körpertemperatur. Schließlich wird durch eine dehydrierungsbedingte Minderdurchblutung der Lunge eine größere Infektanfälligkeit bewirkt.

Auch Personen mit Diabetes tragen ein erhöhtes Risiko, während einer Hitzeperiode ins Krankenhaus eingeliefert zu werden. Ähnlich wie bei Lungenerkrankten besteht bei diesen Patientinnen und Patienten in der Lunge eine eingeschränkte thermoregulatorische Reaktionsfähigkeit auf vaskulärer Ebene, da Hitze einwirkung die Selbstregulation der Blutgefäße beeinflusst, was zu einer verstärkten Neigung zur Gerinnselbildung führt. Reduziertes Blutvolumen durch Dehydrierung kann zu einer Schädigung der Nieren führen. Wie vor allem in heißen Regionen der Erde bei Menschen, die draußen arbeiten, beobachtet wurde, kann eine anhaltende Dehydrierung eine chronische Verschlechterung der Nierenfunktion verursachen.

Neben den oben erwähnten Einflussfaktoren spielt auch die Einnahme von Medikamenten eine wesentliche Rolle in den Auswirkungen von Hitze auf den individuellen Menschen. Eine Übersicht über Wirkstoffe und Wirkstoffgruppen, die bei Hitze gefährliche Nebenwirkungen entfalten können, gibt Tabelle 1.

Tabelle 1: Medikamenteninteraktion/Nebenwirkungspotenzial in Hitzeperioden, unterteilt nach Wirkstoff/Indikationsklassen (Quelle: (1), *modifiziert vom Autor)

Quelle: Adaptiert und erweitert nach Kuch [48]

Wirkstoff/Indikationsklasse	Beispiele	Art der durch Hitze aggravierten Nebenwirkung
Anticholinerge Arzneimittel, Psychopharmaka, Antidepressiva, Bronchoinhalativa u. a.*	Viele Benzodiazepine (Schlafmittel), Atosil (Antipsychotikum), trizyklische Antidepressiva, Ipra-/Tiotropiumbromid (COPD), Trospiumchlorid, (gegen Dranginkontinenz), Biperiden, Oxybutinin (Antiparkinsonmittel), Butylscopolamin (Magen-Darm-Krämpfe), Scopolamin (gegen Übelkeit, z. B. bei Reisekrankheit), Dimenhydrinat (gegen Übelkeit, Beruhigung), Antihistaminika (gegen Allergien)	Hemmung der zentralen Temperaturregulierung → Schwitzen verringert, Kognitionseinschränkung; Blutdruckabfälle und andererseits Blutdruckkrisen
Antihypertensiva (AHT, Bluthochdruckmittel)	Betablocker, ACE-Inhibitoren, Sartane, Kalziumantagonisten, Clonidin, Moxonidin (letztere zentral wirksam)	Einerseits Verhinderung der Erweiterung der Blutgefäße (Betablocker) in der Haut → Hitzeableitung durch Konvektion verringert, Erhöhung der Schweißsekretionsschwelle (zentrale AHT); andererseits Verstärkung der blutdrucksenkenden Wirkung durch Vasodilatation → Blutdruckabfälle
Diuretika (als Bluthochdruckmittel oder bei Herzinsuffizienz)	Hydrochlorothiazid, in vielen Kombinationspräparaten enthalten, Chlortalidon, Indapamid, Torasemid, Furosemid, Spironolacton	Verstärkung der Blutdrucksenkung, Austrocknung, Nierenversagen, gefährliche Elektrolytentgleisung
Antianginosa (bei koronarer Herzerkrankung)	Nitrate wie ISMN, ISDN, Molsidomin	Besondere gefäßerweiternde Wirkung → gefährliche Blutdruckabfälle
Antiepileptika	Carbamazepin, Valproinsäure, Lamotrigin, Benzodiazepine, Barbiturate	Beeinträchtigung der kognitiven Wachsamkeit, Verstärkung von Elektrolytentgleisungen (Hyponatriämie) [55, 56]
Schmerzmittel	NSAR (Ibuprofen, Diclofenac, Coxibe), Opiate/Opiode (Fentanylpflaster, orale Medikamente wie Morphin, Hydromorphon, Codein, Dihydrocodein, Pethidin, Tilidin, Tramadol)	Gefahr des Nierenversagens, Auslösung von Bluthochdruckentgleisungen, Verschlechterung von Herzinsuffizienz bei Exsikkose, bei Opiaten/Opioiden Gefahr der Akkumulation bzw. verstärkter Wirkstofffreisetzung bei transdermalen Systemen → kognitive Beeinträchtigung, Atemdepression, anticholinerge Nebenwirkungen
Insuline	Basalinsuline, schnellwirksame Insuline etc.	Unter Hitzebedingungen gegebenenfalls rascheres Anfluten mit Gefahr der Hypoglykämie (Unterzuckerung)
SGLT2-Inhibitoren (bei Diabetes, Herzinsuffizienz und Niereninsuffizienz)	Dapagliflozin, Empagliflozin, Ertugliflozin	Gefahr der Exsikkose, Erhöhung der Gefahr atypischer Ketoazidose unter Volumenmangel

ACE=Angiotensin Converting Enzyme, AHT=Antihypertensiva, COPD=chronisch obstruktive Lungenerkrankung, ISDN=Isosorbiddinitrat, ISMN=Isosorbidmononitrat, NSAR=nicht-steroidale Antirheumatika, SGLT2-Inhibitoren=Natrium-Glukose-Cotransporter 2-Inhibitoren

Hitzebedingte Vasodilatation kann den blutdrucksenkenden Effekt vieler Herz-Kreislauf-Mittel deutlich verstärken mit der Folge von Synkopen, die möglicherweise zu schweren Verletzungen führen können (beispielsweise durch Stürze), oder kritischen Organischämien bis hin zum Herzinfarkt. Besonders gefährdet sind hier Personen mit systolisch bedingter Herzinsuffizienz, sowie Patientinnen und Patienten mit Bluthochdruck. Antihypertensiva können bei Hitze zu einer zu starken Blutdrucksenkung führen. Besonders problematisch ist die Kombination mit Diuretika, Antiarrhythmika, Antianginosa und Antidiabetika. Auch verschiedene Schmerzmittel tragen ein hohes Interaktionspotenzial, besonders aber Opiate, die transdermal verabreicht werden. Anticholinergika können bei Hitze zu Komplikationen führen, da sie die zentrale Temperaturregulierung beeinflussen und das Schwitzen unterbinden. Auch andere Arzneimittel weisen anticholinerge Effekte auf. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Lagerfähigkeit von Arzneimitteln im häuslichen Umfeld durch Hitze beeinträchtigt wird, wodurch die Wirksamkeit verringert werden kann.

Vulnerable Bevölkerungsgruppen

Hierzu gehören unter anderem ältere Menschen (insbesondere Alleinlebende), Vorerkrankte (hier vor allem Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Atemwegserkrankungen, Nierenerkrankungen, Übergewicht, Diabetes), Schwangere, Säuglinge und Kleinkinder, Menschen, die im Freien schwer arbeiten oder intensiv Sport treiben, Menschen mit körperlichen und geistigen Beeinträchtigungen, sozial schlechter gestellte Personen und Obdachlose. Die Bevölkerungsgruppen, die bei Hitzeperioden ein größeres gesundheitliches Risiko tragen, sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Bevölkerungsgruppen , die bei Hitzeperioden ein größeres gesundheitliches Risiko tragen (Quelle (1))

Kategorie	Risikogruppe
Physiologische Anpassungskapazität	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ältere Menschen (> 65 Jahre) ▶ Säuglinge und Kleinkinder ▶ Schwangere
Vorerkrankungen	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kardiovaskuläre Erkrankungen (z. B. arterielle Hypertonie, koronare Herzkrankheit, Herzinsuffizienz) ▶ Zerebrovaskuläre Erkrankungen (z. B. Schlaganfall) ▶ Respiratorische Erkrankungen (z. B. COPD, Asthma bronchiale) ▶ Stoffwechselerkrankungen (z. B. Diabetes mellitus) ▶ Neurologische Erkrankungen (z. B. Morbus Parkinson durch krankheitsbedingt beeinträchtigte Thermoregulation) ▶ Psychische Erkrankungen (z. B. Depression, Schizophrenie, Drogenabhängigkeit) ▶ Nierenerkrankungen (z. B. Niereninsuffizienz) ▶ Übergewicht ▶ Einnahme von bestimmten Medikamenten zur Behandlung der genannten Erkrankungen (siehe Tabelle 1)
Menschen mit Behinderung	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Körperliche Behinderungen (z. B. Rückenmarksverletzungen [58]) ▶ Geistige Behinderungen, da sich Personen mit schweren kognitiven Einschränkungen schlechter selbst vor Hitze schützen können.
Funktionelle Einschränkungen	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Bettlägerigkeit ▶ Unterbringung in Pflegeeinrichtung
Sozioökonomische Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Soziale Isolation, insbesondere im hohen Alter ▶ Obdachlosigkeit ▶ Ungünstige Wohnsituation
Körperliche Anstrengung bei hohen Außentemperaturen	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Im Freien Arbeitende (z. B. in der Landwirtschaft, im Bausektor) ▶ Im Freien Sporttreibende ▶ Gesundheitspersonal, v. a. in Kombination mit persönlicher Schutzausrüstung
Beschäftigte, die ihren Arbeitsplatz auch bei hohen Innenraumtemperaturen während Hitzewellen nicht verlassen können	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mitarbeitende in Medizin- und Pflegeeinrichtungen, v. a. in Kombination mit persönlicher Schutzausrüstung

COPD = chronisch obstruktive Lungenerkrankung

Quelle: Aktualisiert und ergänzt nach World Health Organization [31]

Anpassungsmaßnahmen zum Schutz der Gesundheit bei Hitze und das Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes (DWD)

Die Aufgabe bevorstehende Hitzeperioden zu erkennen und die Bevölkerung sowie das Gesundheitssystem über diese rechtzeitig zu informieren, übernimmt in Deutschland seit 2005 das Hitzewarnsystem des DWD. Eine „Warnung vor starker Wärmebelastung“ wird veröffentlicht, wenn die „Gefühlte Temperatur“ (siehe Hinweis am Seitenrand) die Schwelle von $32\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ überschreitet; eine „Warnung vor extremer Wärmebelastung“ hingegen, wenn erwartet wird, dass die „Gefühlte Temperatur“ am frühen Nachmittag (14 Uhr) die Schwelle von 38 °C überschreitet.

Ist eine Hitzewarnung herausgegeben, sind die zuständigen Gesundheitsbehörden der Bundesländer aufgerufen Interventionsmaßnahmen einzuleiten. Auf der Basis erster Studienergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen hat die Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization, WHO) bereits 2008 einen Leitfaden für Hitzeaktionspläne (HAP) zum Schutz der Gesundheit veröffentlicht. Damit sollen gezielte Maßnahmen zum präventiven Gesundheitsschutz etabliert werden. HAP wurden seither in mehreren europäischen Staaten, wie zum Beispiel in Frankreich, Italien und der Schweiz etabliert. 2017 wurden in Deutschland die Bund/Länder-Handlungsempfehlungen zur Erstellung von HAP veröffentlicht. Erste HAP auf kommunaler Ebene sind bereits erarbeitet worden.

Gesundheitliche Auswirkungen von Extremwetterereignissen – Risikokaskaden im anthropogenen Klimawandel

Extremwetterereignisse stellen eine der greifbarsten Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels dar: Neben den unmittelbaren gesundheitlichen Belastungen durch Extremwetterereignisse, wie Verletzungen, treten langfristige Folgen, wie psychische Belastungsstörungen, auf. Diese Belastungen betreffen in besonderem Maße die vulnerablen Gruppen (siehe Tabelle 2). Anhand von beschriebenen Risikokaskaden können Vorsorgemaßnahmen für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels entwickelt werden, die sogar vor unterschiedlichen Risiken gleichzeitig schützen können. Neben planerischen Maßnahmen ist aber vor allem die Erhöhung der Selbstschutzzfähigkeit der Bevölkerung durch Wissen und die Stärkung sozialer Netzwerke anzustreben. Wichtig zu beachten ist, dass Extremwetterereignisse nur dann Katastrophen auslösen können, wenn sie auf eine vulnerable Bevölkerung und/oder eine vulnerable Infrastruktur treffen.

Auswirkungen des Klimawandels auf nicht übertragbare Erkrankungen durch veränderte UV-Strahlung

Es ist evident, dass UV-Strahlung schwerwiegende gesundheitliche Folgen hat. Die UV-bedingte Hautkrebsinzidenzen steigen seit Jahrzehnten an, wobei die individuelle UV-Belastung entscheidend ist. Änderungen atmosphärischer Faktoren, die durch den Klimawandel bedingt werden, beeinflussen die individuelle UV-Belastung. Das genaue Ausmaß des Einflusses lässt sich allerdings aufgrund von erheblichen Unsicherheiten gegenwärtig noch nicht belastbar vorhersagen.

„Gefühlte Temperatur“: Eine physiologisch relevante Bewertung von Hitzeperioden muss neben der Lufttemperatur auch den Wasserdampfgehalt der Luft (Schwüle), sowie die Wind- und Strahlungsverhältnisse berücksichtigen. Dafür wird z. B. die „Gefühlte Temperatur“ herangezogen, die das Temperaturempfinden eines „Standard-Menschen“ (Klima-Michel) beschreibt und die aktuellen thermischen Bedingungen in die Lufttemperatur einer Standardumgebung „übersetzt“. Für die „Gefühlte Temperatur“ existieren Belastungsklassen, die eine thermisch relevante Bewertung der aktuellen Bedingungen ermöglichen.

Auswirkungen des Klimawandels auf allergische Erkrankungen

Bei der Entstehung von allergischen Erkrankungen, insbesondere Inhalationsallergien, spielen Umweltfaktoren eine wichtige Rolle. Der Klimawandel hat daher einen Einfluss auf Auftreten, Häufigkeit und Schwere von Allergien. Ein klarer Handlungsbedarf wurde für die Bereiche Pollen- und Schimmelpilzsporenmonitoring, Allergie- und Sensibilisierungsmonitoring, Städteplanung unter allergologischen Gesichtspunkten und Veränderungen der Arbeitswelt definiert.

Klimaveränderungen haben durch Einfluss auf Flora und Fauna Auswirkungen auf das Vorkommen von Aeroallergenen. So können polysensibilisierte Pollenallergikerinnen und Pollenallergiker aufgrund von Veränderungen der Blühperiode von Pflanzen heute fast ganzjährig unter Allergiesymptomen leiden. Der frühere Beginn der Baumpollen- und die Verlängerung der Kräuterpollensaison in den Herbst hinein bedingen eine Verlängerung der Pollensaison und damit eine Verlängerung der Beschwerdeperiode für viele Personen mit Allergie. Da Polysensibilisierungen grundsätzlich ein höheres Risiko zur Entwicklung stärkerer Symptome und Asthma bronchiale haben, stellt die verlängerte Expositionszeit für diese Personengruppe ein besonderes Risiko dar.

Umweltfaktoren wie Luftschadstoffe und Klima beeinflussen die Allergenität von Pollen durch chemische Modifikationen und Aneinanderlagerung von Allergenen (Agglomeration), die zur Bildung neuer Allergene (Neoallergene) führen können. Zudem können Umweltschadstoffe durch Schädigung der Haut- und Schleimhautbarriere die Penetration von Allergenen in Haut und Schleimhäute fördern, das Immunsystem modulieren, Inflammation hervorrufen und dadurch die individuelle Empfindlichkeit zur Entwicklung von Allergien beeinflussen. Symptome allergischer Reaktionen werden durch freigesetzte Mediatoren ausgelöst. Die Stärke der Reaktion hängt von der Allergenkonzentration ab und damit einerseits von der Pollenkonzentration, andererseits von der Menge und der Struktur der aus Pollen freigesetzten Allergene, die wiederum auch von klimatischen Bedingungen abhängen. Deutlich wird dies bei einem Phänomen, das als Gewitterasthma Bedeutung erlangt hat. Menschen mit Heuschnupfen können in solchen außergewöhnlichen Situationen schwere Asthmaanfälle erleiden, die vorher nicht bestanden.

Unwetter und Starkregen führen zu Überschwemmungen; feuchte Wohnungen sind prädestiniert für Schimmelpilz- und Bakterienwachstum. Gefährdet sind nicht nur Menschen, die feuchte Wohnungen/Häuser bewohnen, sondern auch Personen, die mit Sanierung und Abriss beschäftigt sind. Die Klimaveränderungen bedingen zudem Veränderungen in Flora, Fauna und Funga. Zunehmende Temperaturen begünstigen das Wachstum von Pflanzen und Pilzen sowie die Verbreitung von Tieren, darunter auch Schädlingen, die ansonsten in wärmeren Regionen beheimatet sind. Bestandteile von Insekten werden insbesondere in warmen Klimaregionen als relevante Aeroallergene angesehen. Derzeit stellt die Allergen-Immuntherapie immer noch die einzige Behandlungsmöglichkeit dar, die darauf zielt, bei Patientinnen und Patienten individuell Toleranz gegen Allergene zu induzieren. Dabei müssen Allergenextrakte dem jeweiligen Sensibilisierungsprofil gegebenenfalls angepasst werden. Da Klimaveränderungen dazu führen können, dass Pflanzen neue Allergene exprimieren oder sich die quantitative Zusammensetzung der Allergene ändert, muss zukünftig sichergestellt werden, dass in den Allergenpräparaten die relevanten Allergene in adäquater Konzentration enthalten sind.

Gewitterasthma, auch Thunderstorm Asthma genannt, ist ein sehr seltenes Phänomen, das durch schwere Asthmaanfälle oder starke Symptome einer allergischen Rhinitis wie Juck- und Niesreiz sowie Anschwellen der Nasenschleimhaut gekennzeichnet ist. Die Symptome treten etwa 20 bis 30 Minuten nach Beginn eines Gewitters auf. Vermutet wird, dass ein starkes Gewitter, das zu einem Zeitpunkt stattfindet, an dem viele Allergene – beispielsweise aus Pollen oder Pilzsporen – in der Luft sind, diese vermehrt aufwirbelt. Aufgrund der elektrostatischen Aufladung und der Luftfeuchtigkeit während des Gewitters quellen diese Allergene osmotisch auf und platzen. Dadurch entstehen kleinere lungengängigere Allergenteilchen, die in besonders tiefe Bereiche der Bronchien vordringen und dadurch bei Menschen mit Heuschnupfen Asthmasymptome verstärken oder auch erstmalig auslösen können. Eine andere Vermutung ist, dass die Pollen durch das Gewitter leicht geöffnet werden und in diesem Zustand auf den Schleimhäuten schneller als geschlossene Pollen ihre Allergene freisetzen können. Bei einem Gewitter werden neben den bereits in der Luft befindlichen kleinen Allergenen auch größere Partikel aus Erdmaterial, Bakterien oder Schimmelsporen aufgewirbelt und in die Umgebungsluft geschleudert, sodass sie entsprechend beim Einatmen in die Atemwege gelangen können. Weitere Informationen dazu: <https://www.allergieinformationsdienst.de/aktuelles/schwerpunktthemen/gewitterasthma>.

Auswirkungen des Klimawandels auf nicht übertragbare Erkrankungen durch erhöhte Luftschadstoffbelastungen

Schlechte Luftqualität erhöht das Risiko für viele Erkrankungen. Durch den Klimawandel kommt es unter anderem zu einer Zunahme von Perioden extremer Hitze mit gleichzeitig erhöhten Konzentrationen von Luftschadstoffen. Die Wechselwirkungen zwischen Lufttemperaturen und Luftschadstoffen sowie ihre kombinierten Auswirkungen auf den Menschen sind noch nicht ausreichend erforscht. Zum Schutz der Gesundheit sind Grenz-, Ziel- und Richtwerte von besonderer Bedeutung.

Aktuelle Studien gehen trotz der Bemühungen zur Luftreinhaltung davon aus, dass die gesundheitlichen Risiken durch Luftverschmutzung künftig weiter zunehmen werden, vor allem in Ballungsräumen und Innenstädten. Grund dafür ist ein nach wie vor hoher bzw. steigender Energieverbrauch durch Prozesse der fossilen Verbrennung. Darüber hinaus kann die Klimaerwärmung die Emissionen von Luftschadstoffen und ihren Vorläuferstoffen zusätzlich indirekt verändern. Neben der Steigerung des Ozonbildungspotenzials kann zunehmende Trockenheit die Feinstaubbelastung erhöhen, zum Beispiel wenn sie Waldbrände befördert oder durch die Deflation ausgetrockneter Böden. In Bezug auf gesundheitliche Auswirkungen von Luftschadstoffen sind ferner die Interaktionen mit der Lufttemperatur zu beachten, da unter dem fortschreitenden Klimawandel zunehmend mit Hitzeereignissen gerechnet werden muss. Auch die Wirkung weiterer Multi-Expositionen, wie Luftschadstoff- und thermische Belastung in Kombination mit Pollen- und UV-Belastung ist bisher kaum erforscht.

Die wesentlichen gesundheitsrelevanten Luftschadstoffe in der Außenluft in Deutschland werden in partikuläre und gasförmige Luftschadstoffe eingeteilt. Eine wichtige Quelle für partikuläre Luftschadstoffe ist der Kfz-Verkehr. Neben den sogenannten Auspuffemissionen gibt es zudem noch das Aufwirbeln von Staub, Verschleiß von Bremsen und Reifen sowie Abrieb von Straßenoberflächen. Daneben stellen auch Schornsteine von Industrieanlagen und Kraftwerken, Heizanlagen in Haushalten sowie die Landwirtschaft wichtige Quellen dar. Natürliche Quellen für Partikel sind Emissionen aus Vulkanen und Meeren, Wald- und Buschfeuer sowie bestimmte biogene Aerosole, wie zum Beispiel Viren. Zu den gasförmigen Luftschadstoffen gehören vor allem Ozon, Stickstoffdioxid, Kohlenmonoxid und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (siehe Hinweis am Seitenrand).

In Tabelle 3 sind mögliche Mechanismen, die den beobachteten Zusammenhang zwischen Luftschadstoffen und Erkrankungen erklären, dargestellt.

Scoping Review zu Klimawandel und psychischer Gesundheit in Deutschland – direkte und indirekte Auswirkungen, vulnerable Gruppen, Resilienz-faktoren

Um den Kenntnisstand zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die psychische Gesundheit in Deutschland zu erfassen, wurde ein Scoping Review für die Schwerpunktthemen Extremwetterereignisse, Temperaturerhöhung, innerpsychische Verarbeitung, soziologische Aspekte und Resilienzfaktoren durchgeführt. Dabei zeigten sich Hinweise auf eine Häufung an psychischen Störungen nach Extremwetterereignissen, zudem ein Anstieg des Suizidrisikos und von aggressivem Verhalten bei höheren Temperaturen.

O₃, bodennahes Ozon, wird nicht durch eine Schadstoffquelle freigesetzt, sondern entsteht im Wesentlichen als Folgeprodukt komplexer Umwandlungsprozesse. An diesen Mechanismen sind hauptsächlich flüchtige organische Verbindungen und Stickoxide beteiligt; die Sonneneinstrahlung liefert die Energie für die Bildung von bodennahem Ozon. Daher wird vor allem im Sommer und in anthropogen belasteten Luftmassen besonders viel Ozon erzeugt.

Stickstoffdioxid (NO₂) ist ein Spurengas in der Atmosphäre und entsteht als Nebenprodukt bei natürlichen und anthropogenen Verbrennungsprozessen. Die Hauptquellen in der Außenluft sind Verbrennungsmotoren und Feuerungsanlagen (für Kohle, Öl, Gas, Holz, Abfälle). Neben der Rolle als Vorläufersubstanz für Ozon ist NO₂ in der Atmosphäre auch an der Bildung von Feinstaubpartikeln beteiligt.

Kohlenmonoxid (CO) entsteht bei der unvollständigen Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen, wenn bei Verbrennungsprozessen zu wenig Sauerstoff zur Verfügung steht. Der Straßenverkehr und Feuerungsanlagen sind daher die Hauptquellen, aber auch im Tabakrauch ist Kohlenmonoxid in signifikanten Mengen vorhanden.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe sind Substanzen, die durch unvollständige Verbrennungsprozesse von organischen Materialien (z. B. Holz, Kohle oder Öl) oder in Lebensmitteln (z. B. beim Grillen oder Braten) entstehen. Hauptquellen sind industrielle Prozesse der Mineralölverarbeitung, der Kohlechemie, der Metallverarbeitung, oder der Energieerzeugung.

Tabelle 3: Mögliche Mechanismen, die den beobachteten Zusammenhang zwischen Luftschadstoffen und Erkrankungen erklären (Quelle (1))

Primäre Pfade → → →	Ablaufende Mechanismen → → →	Mögliche Folgen
Inhalierter Partikel rufen persistierenden oxidativen Stress und Abwehrprozesse in Form von schwachen chronischen Entzündungsreaktionen hervor	Freisetzung von Botenstoffen im Lungengewebe, die zu einer systemischen Entzündungsreaktion führt (unter Einbezug der angeborenen und erworbenen Immunabwehr)	Störung der Endothelfunktion; Bildung von Thromben; Fortschreiten von atherosklerotischen Läsionen; eingeschränkte Lungenfunktion; Verschlimmerung von Asthma und COPD; DNA-Schäden; Förderung von Karzinogenese und Metastasierung
Lungengängige Partikel oder sekundäre Mediatoren stimulieren Reflex-Rezeptoren auf der Oberfläche der Lungenbläschen	Ungleichgewicht des vegetativen Nervensystems und somit Beeinflussung der autonomen Kontrolle des Herzens durch Begünstigung des sympathischen Tonus über afferente Nervenbahnen; Oxidation; Alteration von zentralen Signalwegen der Zelldifferenzierung und des Wachstums; mitochondriale Dysfunktion	Einfluss auf die Herzleistung; Herzrhythmusstörungen; Bronchokonstriktion; Schädigungen der Atemwegsschleimhaut; Einschränkung des Selbstreinigungsmechanismus der Bronchien
Direkte Translokation: UFP oder Partikelkomponenten durchdringen die Lungenbläschen und gelangen in den Blutstrom	Direkter Einfluss auf Organe oder Blutbestandteile	Beeinflussung der Viskosität des Blutes; Lokale Entzündungsreaktionen: erhöhte Entzündungswerte und verstärkte Gerinnungsneigung im Blut; Zentrales Nervensystem: Auswirkungen auf den Stoffwechsel und Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinde Achsenaktivierung

COPD = chronisch obstruktive Lungenerkrankung (chronic obstructive pulmonary disease), DNA = Desoxyribonukleinsäure, UFP = ultrafeine Partikel

Quelle: Eigene Darstellung nach Schulz et al. [23]

Es besteht aber der dringende Bedarf an zusätzlicher Forschung zu diesem Thema mit einem Fokus auf vulnerable Gruppen und Möglichkeiten der Prävention und Anpassung, weil die Auswirkungen des Klimawandels auf die psychische Gesundheit vielfältig sind und in ihrer Ausprägung abhängig von individuellen und gesellschaftlichen Faktoren sind.

Interessenkonflikte

Der Autor gibt an, keine Interessenkonflikte zu haben.

Dr. med. Hans Harjung, Griesheim
h.harjung@gmx.de