

Pneumologie im Klimawandel

Respiratory medicine in climate change

Autorinnen/Autoren

Andrea Elmer¹, Christian Grah², Sophia Kirstein³, Stephan Waltersbacher^{4,5}, Anastasia Weirich²

Institute

- 1 MVZ Wiesbaden an der DKD Helios Klinik Wiesbaden, Wiesbaden, Deutschland
- 2 Abteilung für Pneumologie, ICLEZ (DGP) und Lungenkrebszentrum (DKG), Innere Klinik ClimateFriendlyHospital Gemeinschaftskrankenhaus Havelhöhe, Berlin, Deutschland
- 3 Asklepios Lungenklinik Gauting, München, Deutschland
- 4 Sektion Pneumologie – Medizinische Klinik, Klinikum Konstanz, Konstanz, Deutschland
- 5 Universität Witten-Herdecke, Lehrstuhl für Pneumologie, Witten, Deutschland

online publiziert 2025

Bibliografie

Pneumologie

DOI 10.1055/a-2512-2993

ISSN 0934-8387

© 2025, Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Oswald-Hesse-Straße 50, 70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

Dr. med. Christian Grah, Abteilung für Pneumologie, ICLEZ (DGP) und Lungenkrebszentrum (DKG), Innere Klinik, ClimateFriendlyHospital, Gemeinschaftskrankenhaus Havelhöhe, Kladower Damm 221, 14089 Berlin, Deutschland
christian.grah@havelhoehe.de

ZUSAMMENFASSUNG

Pneumologen der DGP vertreten Maßnahmen zur Anpassung, Prävention und der Umsetzung einer nachhaltigen Gesundheitsversorgung. Um Patienten zu schützen und die gesundheitliche Bedrohung durch den Klimawandel abzumildern, sollen resiliente Systeme aufgebaut werden. Um die Lungengesundheit zu schützen, fordern sie den steigenden Temperaturen und Extremwetterentstehung entgegenzuwirken und Luftschadstoffe weiter zu vermindern. Sie weisen auf besonders gefährdete vulnerable Bevölkerungsgruppen hin, die es zu schützen gilt.

ABSTRACT

DGP pneumologists advocate measures for adaptation, prevention and the implementation of sustainable health care. To protect patients and mitigate the health threat posed by climate change, resilient systems should be built. To protect lung health, they call for action to counteract rising temperatures and the development of extreme weather events, and for further reductions in air pollution. They point out particularly vulnerable population groups that need to be protected.

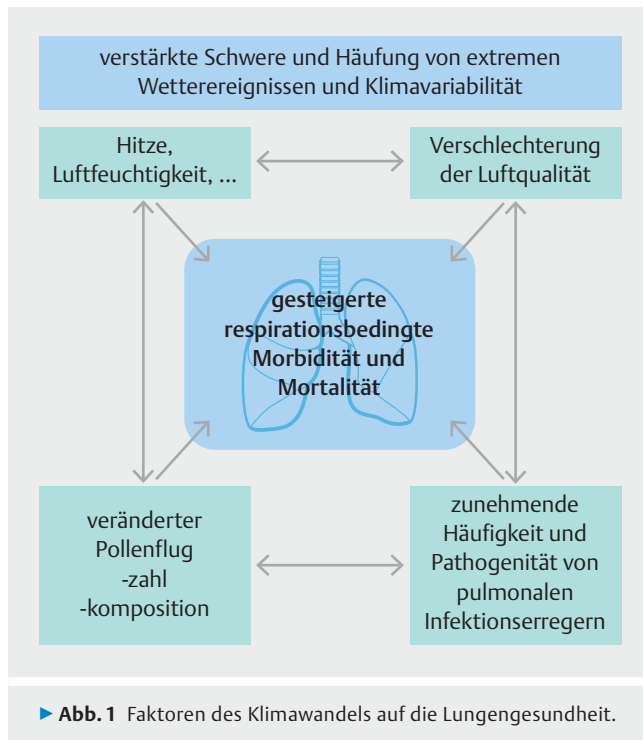
Der Klimawandel gehört zu den größten globalen Herausforderungen unserer Zeit und hat weitreichende Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Der jährlich erscheinende „Lancet Countdown“-Bericht zeigt auf, wie eng klimatische Veränderungen mit der Gesundheit und dem Überleben verknüpft sind [1]. Gleichzeitig zeigt das Konzept der planetaren Grenzen, dass die Überschreitung ökologischer Belastungsgrenzen nicht nur unsere Umwelt, sondern auch die Grundlage für ein gesundes und sicheres Leben gefährdet [2].

Für die Pneumologie hat diese Entwicklung eine besondere Bedeutung in der Therapie und Versorgung ihrer Patienten. Klimabedingte Faktoren wie steigende Temperaturen, veränderte Aeroallergene, Inhalationen von Luftschadstoffen und häufigere Extremwetterereignisse tragen wesentlich zur Zunahme und Verschlechterung von pneumologischen Erkrankungen wie z. B. Asthma oder COPD (chronisch obstruktive Lungen-

erkrankung) bei (► **Abb. 1**). Diese Entwicklungen betreffen besonders vulnerable Gruppen wie ältere Menschen, Kinder und chronisch kranke Patienten [3].

Dieses Positionspapier versteht sich als Appell der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin (DGP) als Vertreter der Pneumologenschaft an Politik, Wissenschaft und Gesellschaft, gemeinsam Verantwortung zu übernehmen. Es aktualisiert die Relevanz des Klimawandels für die Pneumologie (vgl. Positionspapier Pneumologie 2018 [4]), weist auf die drängendsten Herausforderungen hin und zeigt Handlungsoptionen für eine zukunftsorientierte Gesundheitsversorgung auf.

Ziel ist es, gemeinsam Lösungen zu entwickeln, um die Resilienz von Patienten und Gesundheitssystemen gegenüber den Folgen des Klimawandels zu stärken und eine nachhaltige anpassungsfähige Gesundheitsversorgung sicherzustellen.



Auswirkungen des Klimawandels auf die Lungengesundheit

In Bezug auf die aktuellen klimatischen Veränderungen sind Patienten mit chronischen Lungenerkrankungen eine besonders vulnerable Gruppe [5]. Sowohl Änderungen der Lufttemperatur und Feuchtigkeit als auch Luftschadstoffe und modifizierte Allergene können die mukoziliäre Reinigungsfunktion, die Integrität der epithelialen Barriere als auch die angeborene und erworbene Immunität, lokal und systemisch, beeinträchtigen [6,7]. Außerdem verursachen viele bekannte Luftschadstoffe die Entstehung von reaktiven Sauerstoffspezies, oxidativem Stress und begleitende inflammatorische Reaktion im Bronchialsystem [4]. Mögliche pathophysiologische Erklärungen für vermehrte hitzebedingte Hospitalisationen sind bspw. bei COPD die eingeschränkte bzw. ineffektive Regulierung der Wärmeabgabe der vorgeschädigten Lunge über die Atmung mit daraufhin folgender Hyperventilation und dem Risiko einer dynamischen Überblähung [8].

Mehrere Übersichtsarbeiten haben bereits ausführlich die Datenlage zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Lungengesundheit dargestellt [3–5,9–12]. Ein paar wichtige Aspekte sollen im Folgenden nochmals hervorgehoben werden.

COPD

- Hitzeperioden [8] und erhöhte Feinstaub- und Ozonkonzentrationen [4, 13] führen zu einer Verschlechterung der Lungenfunktion, erhöhtem Exazerbationsrisiko und erhöhter Mortalität [3, 14].
- Diese Veränderungen führen zu einem verstärkten Gebrauch von Medikamenten und vermehrter ambulanter sowie stationärer Inanspruchnahme [15–17].

Asthma und Allergien

- Eine langfristige Exposition gegenüber Luftschadstoffen ist eine relevante Ursache für die Entwicklung von Asthma [18].
- Erhöhte Luftschadstoffexpositionen führen zu Symptomverschlechterungen, vermehrter Einnahme von Notfallmedikamenten, Abwesenheiten in der Schule oder Arbeit, Krankenhausaufenthalten, Lungenfunktionsdefiziten und Verstärkung der bronchialen Hyperreagibilität [18–21].
- Steigende Temperaturen, zunehmende Luftfeuchtigkeit sowie höhere Pollenkonzentrationen erhöhen das Risiko von Exazerbationen für Patienten mit allergischem Asthma bronchiale (z. B. Gewitterasthma) und ferner die Schwere und Dauer von Atemwegssymptomen [3, 19, 22].

Lungenkarzinome

- Neben Tabakexposition sind Feinstaubbelastung und Luftschadstoffe zunehmende Risikofaktoren für Lungenkarzinome, u. a. durch Einfluss auf bereits bestehende Treibermutationen [9, 23–25].
- Das postoperative Outcome nach onkologischen Lungenteilresektionen kann durch Exposition gegenüber Luftschadstoffen verschlechtert werden [26].

Infektionserkrankungen

- Aggravierte Hitzewellen und Kälteperioden erhöhen das Risiko für bakterielle und virale Lungenentzündungen in allen Altersgruppen [27].
- Das Auftreten vieler infektiologischer Atemwegserkrankungen (u. a. Aspergillose oder vektorübertragene Krankheiten) wird durch das veränderte Klima sowie schlechte Luftqualität und Umweltkatastrophen begünstigt [28–30].
- Auf warme Winter folgen i. d. R. schwerere Grippeepidemien und extreme Niederschlagsereignisse wurden mit einem erhöhten Risiko für Atemwegsinfektionen in Verbindung gebracht [30, 31].

Interstitielle Lungenerkrankungen

- Luftschadstoffe führen zu einer Reduktion der Lungenfunktion von Fibrosepatienten und stehen im Zusammenhang mit Exazerbationen und erhöhter Mortalität [4, 5, 32].

Anpassungsstrategien für Pneumologen und ihre Patienten

Mit Voranschreiten des Klimawandels werden Häufigkeit und Schwere von pneumologischen Erkrankungen zunehmen, sodass der Fokus auf Vorbereitung und Prävention liegen muss. Anpassung beschreibt in diesem Zusammenhang alle Maßnahmen und Strategien, die in der Vorbereitung auf und im Umgang mit den gesundheitlichen Folgen des Klimawandels helfen, diese abzumildern. Folgende Anpassungsstrategien sind hierbei von zentraler Bedeutung (siehe auch: Positionspapier der ERS 2023: "Climate change and respiratory health: a European Respiratory Society position statement" [11]):

Klimasensible Gesundheitsberatung

Ärzten kommt die wichtige Aufgabe zu, ihre Erkrankten über die gesundheitlichen Folgen des Klimawandels aufzuklären und entsprechend zu beraten (Hilfestellungen bspw. unter www.klimadocs.de). Dazu gehören Anpassungsstrategien wie bspw. das Meiden von Zonen mit hoher Schadstoffbelastung bei Vegetationsbränden und anderen Wetterextremen. Ferner kann die Anwendung von Schutzmaßnahmen wie z. B. das Tragen einer Atemschutzmaske bei hoher Staubbelastung oder das konsequente Peak-Flow-Messen zu Hause mit frühzeitiger Anpassung der Basismedikation Asthma-Exazerbationen verhindern.

Frühwarnsysteme

Die Nutzung niederschwelliger und einheitlicher Informations- und Warnsysteme, die vor Extremwetter-Ereignissen wie Hitzewellen, Waldbränden oder Starkregenereignissen warnen, sollte in der Bevölkerung eine breite Anwendung finden. Hier sind z. B. die Warn-App NINA des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) [33] und die WarnWetter-App des Deutschen Wetterdienstes (DWD) [34] zu nennen. Konkrete Verhaltensempfehlungen während Extremwetter-Ereignissen sind für vulnerable Patienten entscheidend; diese Risikokommunikation kann durch Ärzte gezielt unterstützt werden.

Monitoring der Luftqualität

Die App „Luftqualität“ des Umweltbundesamtes liefert aktualisierte Luftschadstoffwerte von über 400 Messstationen deutschlandweit und bietet zudem eine Warnfunktion mit individuellen Schwellenwerten [35]. Insbesondere bei Sonneneinstrahlung mit hoher UV-Belastung steigen die Ozonwerte; dies führt zu vermehrter Atemnot besonders bei körperlicher Belastung. Ferner können Erkrankte selbst dazu beitragen, die Innen- und Außen-Luftverschmutzung zu reduzieren durch z. B. Lüften oder Vermeiden von offenen Feuern.

Hitzeschutzkonzepte

Von großer Bedeutung sind die Weiterentwicklung, Anwendung und das Training von Hitzeschutzkonzepten, die sowohl die Patienten als auch die Gesundheitsberufe betreffen. Dazu gehören etwa klimatisierte Räume in Krankenhäusern und Arztpraxen sowie spezielle Maßnahmen wie Wasserspender, Anpassung der Sprechstundenzeiten und bestmögliche Reduktion diagnostischer oder therapeutischer Eingriffe während Hitzewellen (vgl. auch Hitzeschutzplan für Gesundheit des BMG [36], Hitzeaktionspläne der Kommunen [37], Hitzeschutzpläne für Krankenhäuser und stationäre Pflegeeinrichtungen sowie Muster-Hitzeschutzpläne für Praxen [38]).

Medikamentenmanagement bei Hitze

Viele Medikamente ändern sich in ihrer Pharmakodynamik und Wirksamkeit unter hohen Temperaturen/Hitze, sodass Dosisanpassungen oder Medikamentenwechsel erforderlich werden können [39]. Empfohlene Lagerungstemperaturen und -bedingungen müssen ebenfalls beachtet werden [40,41]. Ferner funktionieren viele mobile Sauerstoffkonzentratoren über einer

Temperatur von 36°C nicht mehr zuverlässig (vgl. Herstellerangaben).

In Hinblick auf zunehmende Extremwetterereignisse ist auch für die medikamentöse Versorgungssicherheit im Katastrophenfall bestmöglich Sorge zu tragen.

Prävention

Eine konsequente Stärkung von Primär- und Sekundärprävention gehört zu den stärksten Wirkfaktoren einer klimafreundlichen Medizin. Vermeidung von Noxen (Tabakentwöhnung), Stärkung von Bewegungskonzepten (Reha-Maßnahmen, Lungensport), Empfehlungen zur Ernährungsanpassung (Planetary Health Diet) und Stärkung von Infektionsschutzmaßnahmen (Impfungen) haben unmittelbare positive Auswirkungen auf die Gesundheit Einzelner und dienen gleichzeitig der Vermeidung von klimabelastenden Therapien.

Tabak- und Nikotinentwöhnung

Tabak- und Nikotinprodukte sind gesundheitsschädigend für den Rauchenden und verschlechtern die Luftqualität durch Passivrauchbelastung. Weiterhin haben die Produktion und der Konsum von Tabakprodukten einen oft unterschätzten, negativen Effekt auf das Klima: Der globale Fußabdruck der Zigarettenindustrie entspricht jährlich rund 84 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten [42, 43]. Ein umfassendes Werbeverbot für Tabakprodukte einschließlich E-Zigaretten und die Einführung kostenloser professioneller Entwöhnungsprogramme – wie von der DGP gefordert – reduziert Gesundheitsschäden und Klimaschäden gleichzeitig. Die Einflussnahme der Tabak- und Nikotinindustrie auf Politik und Wissenschaft darf nicht toleriert werden.

Rolle der Gesundheitsberufe

Ärzte und andere Gesundheitsberufe sind Vorbilder im Umgang mit den Herausforderungen des Klimawandels und sollen als Anwälte zum Schutz ihrer Patienten fungieren. Somit ist die Entwicklung und Einbindung klimarelevanter Inhalte in die Curricula der Gesundheitsberufe in Zukunft zwingend notwendig [1].

Anpassungsstrategien in pneumologischen Gesundheitseinrichtungen

Wir unterstützen das Ziel der Klimaneutralität des Gesundheitssystems bis 2030, welches 2021 von der Deutschen Bundesärztekammer verabschiedet wurde [44]. Der Gesundheitssektor spielt mit einem Beitrag von mehr als 5% an den gesamten Treibhausgasemissionen des globalen Nordens eine zentrale Rolle [1]. Dafür muss die Reduktion von Treibhausgasemissionen, Abfall und weiteren Umweltbelastungen zur Verlangsamung des Klimawandels weiter vorangetrieben werden.

In Deutschland gibt es Kompetenznetzwerke, die Gesundheitseinrichtungen bei dieser Anpassung unterstützen (z. B. <https://klimeg.de/>). Folgende Maßnahmen sind dabei von besonderer Bedeutung:

Abfallvermeidung und -recycling

Klimaneutralität im Gesundheitssektor beginnt bei der Vermeidung von Verpackungsmüll, Einsatz von wiederverwendbaren Medizinprodukten und der konsequenten Mülltrennung bis hin zum Recycling [45]. Durch getrennte Sammlung von Verpackungsmaterial ohne Kontamination mit Körpersekreten, können im OP bis zu 50% Müll kostenlos über das Duale System entsorgt werden. Hierüber gelangen immerhin bis zu 30% der Verpackungen in eine wertstoffliche Wiederverwertung [46]. Unter Beachtung von Hygiene, Arbeitsschutz und Infektionsschutz sind diese Maßnahmen möglich, wie bereits in der S1-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesie und Intensivmedizin dargestellt [47]. Dies wird durch die Forderungen des 125. Bundesärztekongresses von 2021 nach Reduktion von Verpackungsmüll unterstützt [44].

Mobilität

Eine verbesserte Planung von Abläufen kann die mobilitätsbedingten Emissionen vermindern. Gesundheitseinrichtungen können zudem durch Umrüstung der eigenen Fuhrparks und bei Mitarbeitern durch Anreizsysteme zur Nutzung von ÖPNV oder Fahrradmobilität weiteren positiven Einfluss nehmen und dabei auch noch die Gesundheit der Mitarbeitenden verbessern.

Beschaffungswesen

Der 125. Deutsche Ärztetag 2021 fordert den Gesetzgeber auf, das Wirtschaftlichkeitsgebot (§ 12 SGB V) um den Grundsatz des Klimaschutzes zu ergänzen [44]. Daher können Ärzte durch die Auswahl von Medizinprodukten Einfluss auf eine klimafreundlichere Medizin nehmen. Bspw. sind Mehrweg-Bronchoskope im Vergleich zu Einweg-Bronchoskopen aus ökologischer Sicht zu bevorzugen [48]. Orientierend helfen bei der Beschaffung von Medizinprodukten und Verbrauchsmaterialien Siegel wie z. B. der „Blaue Engel“ oder andere Nachhaltigkeitssiegel. Ärzte sollen in den Beschaffungsprozess integriert werden.

Gebäudemaßnahmen und regenerative Energienutzung

Medizinische Einrichtungen sind in ihrem Betrieb stark energieabhängig. Dieser Energieverbrauch wird aktuell größtenteils noch mit fossilen Energieträgern gedeckt und führt damit zu erheblichen CO₂-Emissionen. Eine Umstellung auf erneuerbare Energien, energieeffiziente Gebäude und Energiesparmaßnahmen ist daher entscheidend und sorgt nicht nur für bessere Luft für die Patienten, sondern längerfristig auch für geringere Energiekosten.

Umweltfreundliche Arzneimittel- und Medizinprodukte (UKAM)

Ein besonderer Hebel beim Klimaschutz für Ärzte liegt in der Verordnung von Arzneimitteln, denn diese tragen durch ihre Herstellung, Nutzung und Entsorgung erheblich zum Umwelt- und Klimaschaden des Medizinsektors bei [49]. Dafür ist es erforderlich, die Ärzteschaft über die umweltschädlichen Auswirkungen und den Carbon-Footprint von Arzneimitteln zu informieren [50, 51]. Somit sollte auf umwelt- und klimafreundliche Produk-

te umgestellt werden, sofern dies ohne Abstriche auf Behandlungsstandards und Qualitätsanforderungen möglich ist [44].

Wir fordern auf, Über-, Fehl- und Unterversorgung weiter zu optimieren, z. B. durch leitliniengerechtes Antibiotikamanagement im Sinne von systematischer Implementierung von Antibiotic Stewardship (ABS)-Teams.

Die Erhaltung und Wiederherstellung der Biodiversität bedeutet Gesundheits- und Klimaschutz zugleich. Medikamenteneinträge in die Umwelt (bspw. in Oberflächen- und Grundwasser) schädigen die Biodiversität [2, 50]. Das Umweltbundesamt leistet wichtige Informationen und bietet den „Arzneimittelindex Umwelt“ zur Bewertung von besonders umweltschädigenden Arzneimitteln und deren Alternativen [52]. Jedoch liegen nur für ein Drittel der am Markt verfügbaren Medikamente bislang valide Daten vor.

In diesem Zusammenhang ist für eine bessere Kontrolle der Herstellungsprozesse zu sorgen und Lieferengpässen vorzubeugen und die Arzneimittelproduktion in Europa zu stärken.

Beispiel Inhalativa

Das Treibhauspotenzial von Dosieraerosolen gegenüber Pulverinhalationssystemen ist aktuell mehr als tausendfach erhöht. Im europäischen Ländervergleich ist der Anteil von Dosieraerosolen z. T. unter 20%, in Deutschland liegt er über 50% – und stieg in den letzten Jahren weiter an. Pneumologen setzten sich durch Umsetzung der S2k-Leitlinie „Klimabewusste Verordnung von Inhalativa“ durch konsequenten Einsatz von Pulverinhalationssystemen bei zumeist mindestens gleichem Patientennutzen aktiv für den Klimaschutz ein [53] (siehe auch: Aktionsbündnis Inhalativa [54]).

Fazit – Pneumologen übernehmen Verantwortung für den Patientenschutz im Klimawandel

Der Klimawandel ist eine der größten gesundheitlichen Herausforderungen unserer Zeit und fordert die Pneumologie durch Verschlechterung der Luftqualität und Zunahme von Extremwetterereignissen schon heute besonders heraus.

Alle Mitarbeitende im Gesundheitswesen müssen sich als klare Fürsprecher ihrer Patienten positionieren und aktiv gegen klimabedingte Gesundheitsrisiken vorgehen. Ein widerstandsfähiges, nachhaltiges und klimafreundlicheres Gesundheitssystem muss zur Priorität werden.

Die DGP stellt sich dieser Verantwortung und bringt ihre Expertise ein, um die Gesundheit der Patienten zu schützen und das Gesundheitssystem für die Zukunft zu stärken.

Redaktionsgruppe der Taskforce Klimawandel und Gesundheit der DGP

in alphabetischer Reihenfolge

Andrea Elmer

Christian Grah

Sophia Kirstein

Stephan Waltersbacher

Anastasia Weirich

Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- [1] Romanello M, Walawender M, Hsu S-C et al. The 2024 report of the Lancet Countdown on health and climate change: facing record-breaking threats from delayed action. *The Lancet* 2024; 404: 1847–1896 doi:10.1016/S0140-6736(24)01822-1
- [2] Richardson K, Steffen W, Lucht W et al. Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Sci Adv* 2023; 9: eadh2458 doi:10.1126/sciadv.adh2458
- [3] Andersen ZJ, Vicedo-Cabrera AM, Hoffmann B et al. Climate change and respiratory disease: clinical guidance for healthcare professionals. *Breathe (Sheff)* 2023; 19: 220222 doi:10.1183/20734735.0222-2022
- [4] Schulz H, Karrasch S, Bölke G et al. *Atmen – Luftschadstoffe und Gesundheit*. Berlin: Ludwig-Maximilians-Universität München; 2018
- [5] Balakrishnan B, Callahan SJ, Cherian SV et al. Climate Change for the Pulmonologist: A Focused Review. *Chest* 2023; 164: 963–974 doi:10.1016/j.chest.2023.04.009
- [6] Kudo E, Song E, Yockey LJ et al. Low ambient humidity impairs barrier function and innate resistance against influenza infection. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2019; 116: 10905–10910 doi:10.1073/pnas.1902840116
- [7] Allouche J, Cremoni M, Brglez V et al. Air pollution exposure induces a decrease in type II interferon response: A paired cohort study. *eBio-Medicine* 2022; 85: 104291 doi:10.1016/j.ebiom.2022.104291
- [8] Konstantinoudis G, Minelli C, Vicedo-Cabrera AM et al. Ambient heat exposure and COPD hospitalisations in England: a nationwide case-crossover study during 2007–2018. *Thorax* 2022; 77: 1098–1104 doi:10.1136/thoraxjnl-2021-218374
- [9] Berg CD, Schiller JH, Boffetta P et al. Air Pollution and Lung Cancer: A Review by International Association for the Study of Lung Cancer Early Detection and Screening Committee. *J Thorac Oncol* 2023; 18: 1277–1289 doi:10.1016/j.jtho.2023.05.024
- [10] D’Amato G, Chong-Neto HJ, Monge Ortega OP et al. The effects of climate change on respiratory allergy and asthma induced by pollen and mold allergens. *Allergy* 2020; 75: 2219–2228 doi:10.1111/all.14476
- [11] Vicedo-Cabrera AM, Melén E, Forastiere F et al. Climate change and respiratory health: a European Respiratory Society position statement. *Eur Respir J* 2023; 62: 2201960 doi:10.1183/13993003.01960-2022
- [12] Witt C, Schubert AJ, Jehn M et al. The Effects of Climate Change on Patients With Chronic Lung Disease. A Systematic Literature Review. *Dtsch Arztebl Int* 2015; 112: 878–883 doi:10.3238/arztebl.2015.0878
- [13] Ruckerl R, Schneider A, Breitner S et al. Health effects of particulate air pollution: A review of epidemiological evidence. *Inhal Toxicol* 2011; 23: 555–592 doi:10.3109/08958378.2011.593587
- [14] Li M-H, Fan L-C, Mao B et al. Short-term Exposure to Ambient Fine Particulate Matter Increases Hospitalizations and Mortality in COPD: A Systematic Review and Meta-analysis. *Chest* 2016; 149: 447–458 doi:10.1378/chest.15-0513
- [15] Dominici F, Peng RD, Bell ML et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA* 2006; 295: 1127–1134 doi:10.1001/jama.295.10.1127
- [16] Lake IR, Jones NR, Agnew M et al. Climate Change and Future Pollen Allergy in Europe. *Environ Health Perspect* 2017; 125: 385–391 doi:10.1289/EHP173
- [17] Weichenthal SA, Lavigne E, Evans GJ et al. Fine Particulate Matter and Emergency Room Visits for Respiratory Illness. Effect Modification by Oxidative Potential. *Am J Respir Crit Care Med* 2016; 194: 577–586 doi:10.1164/rccm.201512-2434OC
- [18] Thurston GD, Balmes JR, Garcia E et al. Outdoor Air Pollution and New-Onset Airway Disease. An Official American Thoracic Society Workshop Report. *Ann Am Thorac Soc* 2020; 17: 387–398 doi:10.1513/AnnalsATS.202001-0465T
- [19] Agache I, Sampath V, Aguilera J et al. Climate change and global health: A call to more research and more action. *Allergy* 2022; 77: 1389–1407 doi:10.1111/all.15229
- [20] Darrow LA, Klein M, Flanders WD et al. Air pollution and acute respiratory infections among children 0–4 years of age: an 18-year time-series study. *Am J Epidemiol* 2014; 180: 968–977 doi:10.1093/aje/kwu234
- [21] Perera RAPM, Tso E, Tsang OTY et al. SARS-CoV-2 Virus Culture and Subgenomic RNA for Respiratory Specimens from Patients with Mild Coronavirus Disease. *Emerg Infect Dis* 2020; 26: 2701–2704 doi:10.3201/eid2611.203219
- [22] Cecchi L, D’Amato G, Ayres JG et al. Projections of the effects of climate change on allergic asthma: the contribution of aerobiology. *Allergy* 2010; 65: 1073–1081 doi:10.1111/j.1398-9995.2010.02423.x
- [23] Hamra GB, Guha N, Cohen A et al. Outdoor particulate matter exposure and lung cancer: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect* 2014; 122: 906–911 doi:10.1289/ehp/1408092
- [24] Hill W, Lim EL, Weeden CE et al. Lung adenocarcinoma promotion by air pollutants. *Nature* 2023; 616: 159–167 doi:10.1038/s41586-023-05874-3
- [25] Stanaway JD, Afshin A, Gakidou E et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet* 2018; 392: 1923–1994 doi:10.1016/S0140-6736(18)32225-6
- [26] Zhang D, Xi Y, Boffa DJ et al. Association of Wildfire Exposure While Recovering From Lung Cancer Surgery With Overall Survival. *JAMA Oncol* 2023; 9: 1214–1220 doi:10.1001/jamaoncol.2023.2144
- [27] Wu J, Wu Y, Wu Y et al. The impact of heat waves and cold spells on pneumonia risk: A nationwide study. *Environmental Research* 2024; 245: 117958 doi:10.1016/j.envres.2023.117958
- [28] Curriero FC, Patz JA, Rose JB et al. The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948–1994. *Am J Public Health* 2001; 91: 1194–1199 doi:10.2105/ajph.91.8.1194
- [29] Hunter PR. Climate change and waterborne and vector-borne disease. *J Appl Microbiol* 2003; 94 (Suppl.): 37S–46S doi:10.1046/j.1365-2672.94.s1.5.x
- [30] Towers S, Chowell G, Hameed R et al. Climate change and influenza: the likelihood of early and severe influenza seasons following warmer than average winters. *PLoS Curr* 2013; 5: ecurrents.flu.3679b56a3a5313dc7c043fb944c6f138 doi:10.1371/currents.flu.3679b56a3a5313dc7c043fb944c6f138
- [31] Liang SY, Messenger N. Infectious Diseases After Hydrologic Disasters. *Emerg Med Clin North Am* 2018; 36: 835–851 doi:10.1016/j.emc.2018.07.002
- [32] Lan D, Fermoye CC, Troy LK et al. The impact of air pollution on interstitial lung disease: a systematic review and meta-analysis. *Front Med (Lausanne)* 2023; 10: 1321038 doi:10.3389/fmed.2023.1321038

- [33] BK. BWarn-App NINA. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe 2025. https://www.bbk.bund.de/DE/Warnung-Vorsorge/Warn-App-NINA/warn-app-nina_node.html Stand: 23.01.2025
- [34] DWD. Wetter und Klima – Deutscher Wetterdienst – DWD-Apps. 2025. https://www.dwd.de/DE/service/dwd-apps/dwdapps_node.html Stand: 23.01.2025
- [35] UBA. App Luftqualität | Umweltbundesamt. Umweltbundesamt 2025. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftqualitaet/app-luftqualitaet> Stand: 23.01.2025
- [36] Bundesministerium für Gesundheit. Hitzeschutzplan für Gesundheit. 2024. https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/H/Hitzeschutzplan/230727_BMG_Hitzeschutzplan.pdf Stand: 02.11.2024
- [37] Aktionsbündnis Hitzeschutz Berlin. Aktionsbündnis Hitzeschutz Berlin. 2025. <https://hitzeschutz-berlin.de/> Stand: 23.01.2025
- [38] KLUG e. V. hitze.info. 2025. <https://hitze.info/> Stand: 23.01.2025
- [39] ÖÄZ. Medikamenteneinnahme bei Hitzewellen: Interaktion mit Thermoregulation | Österreichische Ärztezeitung – ÖÄZ. 2023. <https://aerztezeitung.at/2023/oaz-artikel/medizin/medikamenteneinnahme-bei-hitzewellen-interaktion-mit-thermoregulation/> Stand: 23.01.2025
- [40] Universitätsklinik Heidelberg. DOSING. Informationen zur korrekten und sicheren Arzneimittel-Anwendung 2025. <https://www.dosing.de/> Stand: 23.01.2025
- [41] Medikamentenmanagement bei Hitzewellen. <https://dosing.de/Hitze/heatindex.php> Stand: 17.01.2025
- [42] von Eichborn S. Tabak zerstört die Umwelt und das Klima. *unfairtobacco* 2022. <https://unfairtobacco.org/tabak-zerstort-umwelt-und-klima/> Stand: 23.01.2025
- [43] Zafeiridou M, Hopkinson NS, Voulvoulis N. Cigarette Smoking: An Assessment of Tobacco's Global Environmental Footprint Across Its Entire Supply Chain. *Environ Sci Technol* 2018; 52: 8087–8094 doi:10.1021/acs.est.8b01533
- [44] Bundesärztekammer. 125. Deutscher Ärztetag. 125. Deutscher Ärztetag 2021. <https://www.bundesaerztekammer.de/aerztetag/aerztetag-der-vorjahre/125-daet-2021-in-berlin> Stand: 02.11.2024
- [45] Geels FW, Schot J. Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy* 2007; 36: 399–417 doi:10.1016/j.respol.2007.01.003
- [46] Welter S, Schmalbach IL, Meierling S et al. Nachhaltiger Umgang mit Abfällen im OP – ein schwieriges Thema mit großem Potential. *Zentralblatt für Chirurgie – Zeitschrift für Allgemeine, Viszeral-, Thorax- und Gefäßchirurgie* 2023; 148: 322–328 doi:10.1055/a-2110-3595
- [47] DGAI. S1-Leitlinie Nachhaltigkeit in der Intensiv- und Notfallmedizin. 2025. <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/113-004> Stand: 27.01.2025
- [48] Bringier R, Arrigoni A, Muret J et al. An integrated environmental, economic, and clinician satisfaction comparison between single-use and reusable flexible bronchoscopes for tracheal intubation. *Br J Anaesth* 2023; 131: e4–e7 doi:10.1016/j.bja.2023.03.005
- [49] Steenmeijer MA, Rodrigues JFD, Zijp MC et al. The environmental impact of the Dutch health-care sector beyond climate change: an input–output analysis. *Lancet Planet Health* 2022; 6: e949–e957 doi:10.1016/S2542-5196(22)00244-3
- [50] Caesar L, Sakschewski B, Andersen L et al. Planetary Health Check Report 2024. Potsdam, Germany: 2024
- [51] Linder E, Wettermark B, Ovesjö M-L et al. Knowledge support for environmental information on pharmaceuticals: experiences among Swedish Drug and Therapeutics Committees. *BMC Health Serv Res* 2023; 23: 618 doi:10.1186/s12913-023-09646-7
- [52] Stoll J. Die UBA Datenbank – „Arzneimittel in der Umwelt“. Umweltbundesamt; 2019. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/arzneimittel/die-uba-datenbank-arzneimittel-in-der-umwelt> Stand: 30.01.2025
- [53] DEGAM, DGP. S2k-Leitlinie Klimabewußte Verordnung von Inhalativa. 2024. <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/053-059> Stand: 02.11.2024
- [54] KLUG e. V. Gemeinsame Erklärung des Aktionsbündnisses Patient:innenfreundliche und klimabewusste Verordnung von Inhalativa bei chronisch obstruktiven Atemwegs- und Lungenerkrankungen | KLUG. 2025. <https://www.klimawandel-gesundheit.de/aktionsbueundnis-inhalativa/> Stand: 30.01.2025