

Klimawandel und Allergien

DARIA LUSCHKOVA^{1,2}, CLAUDIA TRIDL-HOFFMANN^{1,2,3,4}, ALIKA LUDWIG^{1,2}

¹Umweltmedizin, Medizinische Fakultät, Universität Augsburg, Augsburg, Deutschland; ²Hochschulambulanz für Umweltmedizin, Universitätsklinikum Augsburg, Augsburg, Deutschland; ³Institut für Umweltmedizin, Helmholtz Zentrum München, München, Deutschland; ⁴CK-CARE, Christine Kühne – Center for Allergy Research and Education, Davos Wolfgang, Schweiz

Abstract

Die Klimakrise stellt eine große Herausforderung für die menschliche Gesundheit sowie das Gesundheitssystem dar und droht, den medizinischen Fortschritt der letzten Jahrzehnte zu gefährden. In der Bewältigung des Klimawandels könnte jedoch auch die größte Chance für die globale Gesundheit im 21. Jahrhundert liegen.

Die Klimakrise und ihre Folgen, wie steigende Temperaturen, Waldbrände, Überschwemmungen, Dürren, Veränderungen in der Qualität und Quantität von Nahrungsmitteln und des Wassers wirken sich direkt und indirekt auf die physische und psychische Gesundheit des Menschen aus. Intensivere und häufigere Hitzewellen und die abnehmende Luftqualität erhöhen nachweislich die Gesamt mortalität, insbesondere bei den am meisten vulnerablen Personen. Die Klimaerwärmung verändert die bestehenden Ökosysteme und begünstigt biologische Invasionen von Arten, die Wärme und Trockenheit besser tolerieren. Die Erregerprofile verändern sich, die Übertragung und Verbreitung von durch Vektoren übertragene Krankheiten nehmen zu. Durch die Ausbreitung von Neophyten in Europa, wie beispielsweise der Ambrosiapflanze, entstehen neue Pollenquellen, die die Allergenexposition für

Allergiker*innen erhöhen. Darüber hinaus verändert die insgesamt mildere Witterung, gerade in Kombination mit der Luftverschmutzung und einem erhöhten CO₂-Gehalt, die Produktion und Allergenität von Pollen. Das Phänomen Thunderstorm-Asthma tritt zudem häufiger auf. Angesichts der durch den Klimawandel zunehmenden Prävalenz von allergischen Erkrankungen ist eine frühzeitige kausale immunmodulierende Therapie umso wichtiger.

Im Rahmen einer Klimasprechstunde können Patient*innen individuell bezüglich einer Klimadaptation und -resilienz beraten werden – für die eigene und die planetare Gesundheit. Fast 5 % aller Treibhausgasemissionen in Europa stammen aus dem Gesundheitssektor. Er hat damit eine zentrale Verantwortung für eine klimaneutrale und nachhaltige Transformation.

Zitierweise: Luschkova D, Traidl-Hoffmann C, Ludwig A. Climate change and allergies. *Allergo J Int* 2022;31:114-20

<https://doi.org/10.1007/s40629-022-00212-x>

Bereits 2015 stellte die Lancet-Kommission für Gesundheit und Klimawandel fest, dass die Bewältigung des Klimawandels die größte Chance für die globale Gesundheit im 21. Jahrhundert sein könnte, und warnte zugleich, dass der Klimawandel alle Fortschritte zerstören könnte, die in den vergangenen Jahrzehnten im Bereich Gesundheit und Entwicklungszusammenarbeit erzielt wurden [1]. Der Generalsekretär der UN, Antonio Guterres, bemerkte 2020, dass menschliche Aktivitäten die Ursache für unseren Abstieg ins Chaos seien. Aber das bedeute auch, dass menschliches Handeln dazu beitragen könne, die Probleme zu lösen [2].

1. Temperatur- und Schadstoffexposition und die Auswirkung auf die Gesundheit

Der Weltklimarat der Vereinten Nationen IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) hält in seinem Sachstandsbericht von 2021 fest, dass die zunehmende Häufigkeit und Intensität von Hitzeextremen, marinen Hitzewellen und Starkniederschlägen, landwirtschaftlichen und ökologischen Dürren sowie der Anteil heftiger tropischer Wirbelstürme mit der globalen Erwärmung unmittelbar zusammenhängt [3].

Der Juli 2021 war der weltweit heißeste Monat seit Beginn der Aufzeichnungen vor 142 Jahren [4]. Eine Exposition gegenüber Hitze führt neben mentaler

Abkürzungen

AIT	allergenspezifische Immuntherapie
LPS	Lipopolysaccharide
NO _x	Stickstoffoxide
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PALM	Pollenassoziierte Lipidmediator
WHO	World Health Organization

wie physischer Leistungsminderung auch zu einer erhöhten Gesamtmortalität [5, 6]. Besonders vulnabel sind Senioren, Kleinkinder und chronisch Kranke, insbesondere mit pulmonalen oder kardialen Vorerkrankungen, Niereninsuffizienz, Demenz oder Diabetes mellitus [7]. Zudem spielen sozioökologische Faktoren, wie das Leben in dicht bebauten Stadtgebieten, eine Rolle. In Deutschland leben 75 % der Bevölkerung in Städten. In diesen kommt es zu einem Wärmeinseleffekt, synergetisch verstärkt durch erhöhte Ozon- und Feinstaubwerte.

Der Temperaturanstieg begünstigt Waldbrände, die neben unmittelbaren Todesfällen auch zu posttraumatischen Belastungsstörungen sowie aufgrund der freigesetzten Luftschadstoffe zu erhöhter kardiovaskulärer und respiratorischer Mortalität führen können [6]. Neben Waldbränden sind anthropogene Emissionen für eine abnehmende Luftqualität verantwortlich. Die wichtigsten gesundheitsschädlichsten Stoffe nach der WHO (World Health Organization) sind dabei Ozon, Stickstoff- und Schwefeldioxid und Feinstaub [8]. Weitere Luftschadstoffe umfassen Gase wie Benzol, Toluol, Xylol, flüssige Aerosole (Perchloroethylen, Methylenchlorid), inhalierbare an Partikel gebundene Schadstoffe wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Cadmium, Chrom, Blei und Quecksilber. Die Emissionen haben eine lange Verweildauer in der Atmosphäre und können lange Strecken über Kontinente und Ozeane überwinden. Kumulative Schäden, oxidativer Stress, proinflammatorische und inflammatorische Reaktionen sowie epigenetische Veränderungen sind mögliche Folgen [6]. Eine Ausweitung der Forschung in diesem Bereich ist essenziell [9].

Durch den Klimawandel nehmen mentale Erkrankungen wie Depressionen oder posttraumatische Belastungsstörungen zu [6], aber auch Herz-Kreislauf- und Stoffwechselerkrankungen, wie zum Beispiel Diabetes mellitus [10], Allergien und insbesondere Vektor-übertragene Infektionen [6, 11]. Faktoren, die den Klimawandel beschleunigen, wie die Vernichtung natürlicher Habitats und von Tier- und Pflanzenarten, erhöhen zudem das Risiko von Pandemien, wie zum Beispiel der aktuellen SARS-

Tab. 1: Zusammenfassung der Auswirkungen des Klimawandels auf Pollen

- Verschiebung der Vegetationszonen in nördlichere Regionen
- Veränderungen der Pollenflugsaison (Früherer Pollenflugbeginn, Ausdehnung der Pollenflugsaison)
- Steigerung der Konzentration der Pollen in der Luft
- Einwanderung und Verbreitung von Neophyten: z. B. *Ambrosia artemisiifolia*, Olivenbäume, *Parietaria*, Zypresse
- Änderung der Pollenallergenität: Veränderungen der Allergenfreisetzung, Modulation des Profils an Begleitsubstanzen aus Pollen (z. B. PALMS, LPS)
- Das Phänomen „Gewitterasthma“: erhöhte Exposition gegen kleine Allergenfragmente nach Gewitter
- Auswirkung auf Zeitspanne und Symptomstärke der Beschwerden bei Allergiker*innen

CoV-2-Pandemie [12]. Überschwemmungen können unter anderem zu vermehrter Belastung mit Schimmelpilzen und Hausstaubmilben führen und damit sekundär zu Asthma und allergischer Rhinitis [4].

2. Zunahme allergischer Erkrankungen

In den vergangenen Jahrzehnten haben sich allergische Erkrankungen epidemieartig ausgebreitet. Mehr als 128 Millionen Europäer sind betroffen. Vor allem in der jüngeren europäischen Bevölkerung sind Allergien mit über 30 % weit verbreitet. Allergien sind durch Umweltfaktoren verursacht oder getriggert und werden in Prävalenz, phänotypischer Ausprägung und Schwere durch den Klimawandel und die Luftverschmutzung verstärkt [9]. Sie führen neben dem Verlust an Lebensqualität zu enormen Schäden sozioökonomischer Art. Luftschadstoffe wie zum Beispiel Ozon, Stickstoffoxide (NO_x) und ultrafeine Partikel befeuern Entzündungsprozesse an den Schleimhäuten der oberen und unteren Atemwege. Hinzu kommt, dass Luftschadstoffe und Aeroallergene miteinander interagieren [9]. Die Urbanisierung trägt durch Luftschadstoffe und die Abnahme der Biodiversität auch zur Entstehung und Verschlechterung einer Neurodermitis bei [13].

3. Änderungen der Aeroallergenexposition

Der Klimawandel, die sich dabei einstellende mildere Witterung und die Luftverschmutzung wirken sich auf die Freisetzung und die atmosphärische Verbreitung der Pollen und dadurch auf allergische Erkrankungen aus (Tab. 1).

3.1. Veränderungen der Pollenflugsaison und der Pollenkonzentration in der Umgebungsluft

Phänologische Merkmale der Pflanzen wie Blüte und Pollenproduktion reagieren sehr sensibel auf

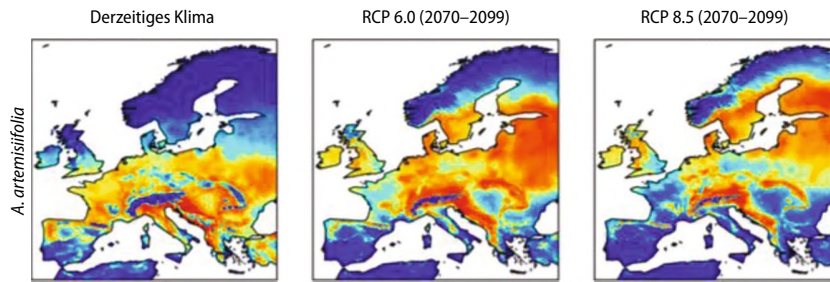


Abb. 1: Habitateignung in Europa für *Ambrosia artemisiifolia* bei gegenwärtigen Klimabedingungen sowie die zukünftigen IPCC-Klimaszenarien RCP 6.0 und RCP 8.5 für die Jahre 2070 bis 2099 (modifiziert nach Rasmussen et al. 2017 [17], Creative Commons CC-BY 4.0)

die Veränderungen der Umwelt. Die zunehmende Erwärmung, gerade in Kombination mit dem erhöhten CO₂-Gehalt (ein natürlicher Düngereffekt), verändert die Intensität und den Zeitpunkt der Blüte, bewirkt eine Verschiebung und eine Verlängerung der Vegetationsperiode und eine Vergrößerung der Biomasse. Dies resultiert in einem jahreszeitlich früheren Pollenflugbeginn (Hasel, Erle, Birke), der Ausdehnung der Pollenflugsaison (Spätblüher), dem Auftreten neuer allergener Pflanzen und deren Pollen in Europa (z. B. *Ambrosia artemisiifolia*, Olivenbäume, Parietaria, Zypresse) sowie in Verbindung mit Luftschadstoffen zu einer Steigerung der Pollenallergenität und Konzentration der Pollen in der Umgebungsluft [6, 9]. Dies wirkt sich sowohl auf die Zeitspanne als auch auf die Symptomstärke der Beschwerden der Allergiker aus. Durch die stärkere Allergenexposition steigt zudem die Möglichkeit einer Sensibilisierung.

So blühten die ersten Haselsträucher des Bezugsjahres 2016 im Westen Deutschlands bereits Anfang Dezember. Somit fiel dort der Beginn des meteorologischen Winters mit dem Beginn des phänologischen Vorfrühlings zusammen [14]. Aufgrund der Kreuzreaktionen zu Hasel- und Erlenpollen können Birkenpollenallergiker auch bereits im Dezember Symptome zeigen. Eine möglichst genaue Vorhersage der lokalen Pollenbelastung (Pollenflug, Ferntransport) mithilfe des Pollenmonitorings ist wichtig, damit sich Betroffene rechtzeitig auf die Allergenexposition einstellen können. Dabei ist zu beachten, dass die Veränderungen im Pollenspektrum und der Pollenemission nicht nur von klimatischen Faktoren abhängen, sondern beispielsweise auch durch landwirtschaftliche Aktivitäten sowie Änderungen der Landnutzung und des Mikroklimas infolge zunehmender Urbanisierung beeinflusst werden [15].

3.2. Neue Pollenquellen in Europa

Die Rahmenbedingungen – zunehmend heißere und trockenere Sommer sowie mildere und niederschlagsreichere Winter – führen zu einer Verände-

rung der bestehenden Ökosysteme, des Artenspektrums und der Verschiebung der Vegetationszonen. Die Abundanz wärmeliebender und Trockenheit tolerierender Arten steigt. Parallel dazu werden kälteangepasste Arten in nördlichere Regionen und höhere Lagen verdrängt. Die allergenarmen Rückzugsorte für Allergiker*innen, wie zum Beispiel die Alpen, gehen verloren. Zudem wird eine Invasion gebietsfremder Spezies begünstigt.

Die Anzahl der invasiven Arten Deutschlands geht in die Tausende. Zuvor gebietsfremde Pflanzen, wie zum Beispiel Glaskraut, Olivenbäume und Zypressen, werden in Deutschland heimisch und stellen damit neue Pollenquellen dar [9]. Allergologisch gesehen verdient insbesondere die *Ambrosia artemisiifolia* (Beifußblättriges Traubenkraut) als Neophyt aus Nordamerika Beachtung. Die klimatischen Veränderungen der letzten Jahrzehnte begünstigen die Einbürgerung und Ausbreitung der gebietsfremden Pflanze. Seit den 1980er-Jahren wird eine rasche Expansion in Mitteleuropa verzeichnet [15]. Die Pflanze breitet sich vor allem an Ruderalstellen, Brachflächen und entlang von Verkehrswegen aus [15]. Das allergene Potenzial dieser Pflanze ist erheblich. Die Blütenstände produzieren mit circa einer Milliarde Pollen eine enorme Pollenmenge, die zudem kleiner als Graspollen sind und größere Distanzen zurücklegen können. Die späte Hauptblühzeit (August bis September) verlängert die Symptome der spezifisch sensibilisierten Personen bis in den Herbst. Bereits geringe Konzentrationen von fünf bis zehn Pollenkörnern pro Kubikmeter Luft reichen aus, um allergische und insbesondere asthmatische Symptome auszulösen [11]. Die Prävalenz der Sensibilisierungsrate für *Ambrosia artemisiifolia* steigt rasch an (aktuell über 8% der deutschen Erwachsenen) [16]. Zudem ist die Kreuzreaktivität zu Beifuß problematisch. Eine Neusensibilisierung gegen Ambrosiapollen ist nämlich oftmals nicht notwendig, um allergische Symptome hervorzurufen [9]. Ein komplettes Zurückdrängen des Neophyts wird inzwischen als nicht mehr realistisch angesehen (**Abb. 1**).

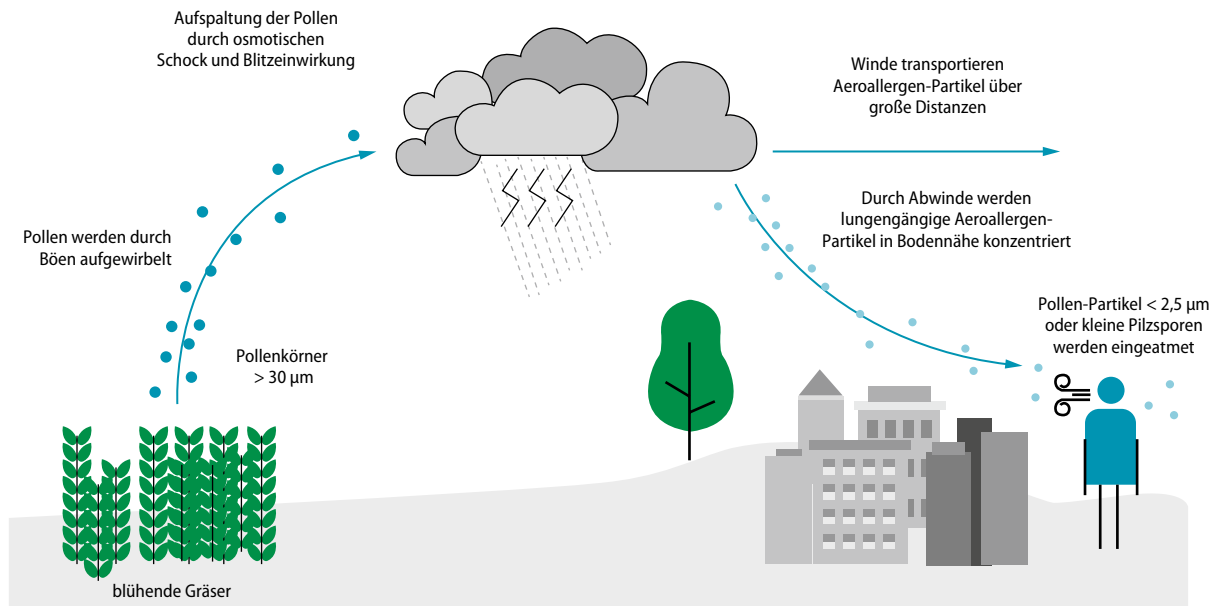


Abb. 2: Bei „Gewitterasthma“ werden Aeroallergene durch Böen aufgewirbelt und durch den osmotischen Schock sowie Blitzeinwirkung aufgespalten, wodurch eine Vielzahl allergener Partikel freigesetzt wird. Durch starke Winde können diese Partikel über weite Distanzen transportiert werden. Durch Abwinde können die Partikel in Bodennähe konzentriert werden und somit zu einer starken Erhöhung des Allergengehalts in der Umgebungsluft führen (modifiziert nach Chatelier et al. 2021 [23], Creative Commons CC-BY 4.0).

3.3. Steigerung der Allergenität und der Konzentration der Pollen in der Umgebungsluft

Luftschadstoffe und Klimaszenarien wie ein hoher CO₂-Gehalt oder Trockenheit wirken als zusätzliche Stressfaktoren auf die Pflanzen. Sie reagieren oftmals mit einer Veränderung der allergenkodierenden Transkripte, Protein- und Metabolitenprofile und steigern die Allergenität ihrer Pollen. Gerade in den urbanen Mikroklimaten oder an stark befahrenen Straßen steigert die schadstoffbelastete Umgebungsluft die Pollenkonzentration und die Allergenität der Pflanzen [18]. In Studien wurde zum Beispiel an Birkenpollen in Regionen mit einem hohen atmosphärischen Ozongehalt eine stärkere Allergenität nachgewiesen. In den Pollenproben waren nicht nur die Menge des Hauptallergens Bet v 1, sondern auch adjuvante Substanzen (wie pollenassoziierte Lipidmediatoren [PALMs], Lipopolysaccharide [LPS], Adenosin) moduliert [19, 20]. Diese wirken sowohl entzündungsfördernd als auch immunmodulierend und können eine Allergie fördern oder verstärken [18]. Sowohl Klimakammer- als auch Feldexperimente zeigen eine erhöhte Allergenität von Ambrosiapollen bei höherer Konzentration an Luftschadstoffen. Ein Anstieg des CO₂-Gehaltes und Trockenstress führen zu einer deutlich vermehrten Produktion von Ambrosiapollen. Zudem wird das Ambrosia-Majorallergen Amb a 1 unter solchen Bedingungen verstärkt gebildet [21]. Höhere NO₂-Konzentrationen können die Entstehung neuer

Allergene in Pollen bewirken [22]. Die Pollen können sich zudem an Feinstaub- und Dieselrußpartikeln anlagern und bei Einatmung in dieser Kombination zu einer stärkeren allergischen Wirkung führen. Neben Pollen kann die Allergenität auch bei Pilzsporen im Zuge des Klimawandels zunehmen.

3.4. Das Phänomen „Gewitterasthma“

Das Phänomen „gewitterbedingtes Asthma“ oder „Thunderstorm Asthma“ bezeichnet das gehäufte Auftreten teilweise schwerer Asthmaanfälle im zeitlichen und räumlichen Umfeld von Gewittern. Bei schweren Gewittern, deren Häufigkeit und Intensität im Zuge des Klimawandels zunehmen wird, und gleichzeitig hoher Pollenbelastung können Asthma-Exazerbationen oder starke Heuschnupfen-Symptomatik auftreten. Als Pathomechanismus wird vermutet, dass Pollen (insbesondere von Gräsern) und Pilzsporen (*Alternaria* und *Cladosporium*) im Vorfeld eines Gewitters verstärkt aufgewirbelt werden, durch die elektrostatische Ladung und die atmosphärische Luftfeuchtigkeit osmotisch bedingt aufquellen und bersten. In Pollenkörnern vorhandene zytoplasmatische Komponenten werden in die Umgebungsluft abgegeben. Dadurch entstehende kleinere, lungengängigere Pollenfragmente dringen tiefer in die Bronchien als gewöhnlich vor und können zu akuten Bronchospasmen führen [23, 24] (**Abb. 2**). Die Expositionssituation für auf das Allergen sen-

Tab. 2: Forschungsbedarf zur Anpassung an den Klimawandel

Primärprävention

- Förderung von Grundlagen-, angewandter oder klinischer Forschung im Bereich der Immunologie und Allergologie: Allergenforschung, Erforschung von Sensibilisierungswegen, Entstehung und Chronifizierung der allergischen Erkrankungen
- Erforschung protektiver Umweltfaktoren in Hinsicht auf Allergien (Biodiversität, traditioneller Lebensstil)
- Erforschung der Barrierefunktion und des Mikrobioms der Haut, des Darms und der Atemwege
- Bedeutung psychosozialer Faktoren auf Entstehung und Manifestation allergischer Erkrankungen
- Veränderung atmosphärischer Zirkulationsmuster: Auswirkung auf Quantifizierung der Pollenkonzentration
- Langzeitrends der Ambrosia-Allergie in Deutschland

Sekundärprävention

- Förderung von Studien zu Interaktion zwischen Expositum, Risiken von Umwelteinflüssen und allergischen Erkrankungen, bessere Verbreitung dieser Informationen
- Verbesserung der molekularen Diagnostik, Entwicklung neuer Allergentherapeutika
- Biomarker zur Auswahl geeigneter Patienten und Prognoseermittlung für die SIT
- Ansprechen von Systemtherapien unter verschiedenen Umweltfaktoren wie Hitze, UV-Strahlung, Pollenexposition
- Auswirkungen des Mikrobioms auf allergische Erkrankungen
- Individuelles Pollenmonitoring
- Personalisierte Frühwarnsysteme (z. B. Gewitter für Pollenallergiker)

sibilisierte Personen verschlechtert sich massiv. Auch Personen mit allergischer Rhinitis können plötzlich schwere Bronchialobstruktionen und Asthmaattacken erleiden [9]. Ein erhebliches Risiko besteht vor allem bei Patienten mit nicht adäquat behandeltem Asthma.

Eines der größten gewitterbedingten Asthmaereignisse geschah in Melbourne, Australien. Dabei stieg die Anzahl der Notaufnahmen aufgrund von Atemproblemen nach einem Sturm am 21. November 2016 innerhalb weniger Stunden um 672 % an (3.365 Fälle mehr als erwartet). Die Folge waren zahlreiche Behandlungen auf Intensivstationen und insgesamt zehn Todesfälle [23]. Auch in Europa wird das Phänomen „Gewitterasthma“ immer häufiger beobachtet [25].

4. Pollen und SARS-CoV-2-Viren

Die Exposition gegenüber Pollen schwächt unabhängig vom Vorliegen einer Allergie die Immunabwehr gegenüber bestimmten Rhinoviren durch Verringerung der Interferonantwort. Dies trifft auch für SARS-CoV-2-Viren zu, wie eine weltweite epidemiologische Studie zeigt [26]. Ein Mund-Nasenschutz kann nicht nur die Übertragung von SARS-CoV-2-Viren, sondern auch die Aufnahme von Pol-

len verringern. Die Autoren empfehlen daher in Pandemiezeiten vor allem bei starkem Pollenflug das Tragen von FFP2-Masken auch im Freien [11, 26].

5. Steigerung der Prävalenz des Eichenprozessionsspinner durch den Klimawandel

Eichen können die aus allergologischer Sicht bedeutsamen Raupen des Eichenprozessionsspinners (*Thaumetopoea processionea*) beherbergen [11, 27]. Dieser Nachtfalter ist seit Jahren auf dem Vormarsch in Europa, auch in Deutschland. Die Häufigkeit des Vorkommens kann nur geschätzt werden. Für das menschliche Auge unsichtbare Brennärchen der Raupen, die weit durch die Luft getragen werden können, lösen toxische und auch IgE-vermittelte Reaktionen aus. Zu den Symptomen gehören Urtikaria und andere Hautreaktionen, Reizung der Atemwege, Konjunktivitis, Atemnot bis hin zum anaphylaktischen Schock. Der Klimawandel begünstigt eine frühere Triebzeit und das Wachstum der Eichen. Aus Sicht des Gesundheitsschutzes sind eine Bekämpfung der Raupen oder Absperrungen rund um befallene Bäume in der Nähe von Kindergärten, Schulen oder Erholungsgebieten nötig.

6. Neue Nahrungsmittelallergene

Der Klimawandel kann zum Beispiel durch Dürren oder Überschwemmungen die Nahrungsmittelproduktion bremsen bis hin zu Hungersnöten [5]. Daher sind als neue Nahrungsmittel(quellen) beispielsweise Insekten interessant, die als proteinreiche Alternative für tierische Nahrungsmittel den Klimawandel wiederum bremsen können [5]. Die Larven des Mehlkäfers (*Tenebrio molitor*), Heimchen beziehungsweise Hausgrille (*Acheta domestica*) und europäische Wanderheuschrecken (*Locusta migratoria*) wurden in der Europäischen Union bisher als „Novel Food“ zugelassen [28]. Anaphylaktische Reaktionen beim Verzehr von Insekten wurden beobachtet, insbesondere infolge von Kreuzreaktionen zum Beispiel über die auch in anderen Arthropoden enthaltenen hitze- und verdauungsstabilen Panallergene Tropomyosin beziehungsweise Argininkinase bei Hausstaubmilben-, Küchenschaben- und oder Krustentierallergikern. Aber auch zum Beispiel (allergene) Algen, Säugetiere, Pflanzen und Pilze könnten mit Insekten kreuzreagieren [29].

7. Fazit für den Gesundheitssektor

Zahlreiche negative Auswirkungen der Klimakrise auf die Gesundheit sind erkannt. Allerdings stellte der Lancet Countdown on Health and Climate Change 2021 für Deutschland fest, dass in den Bereichen Hitzeschutz, Reduktion des CO₂-Fußabdruckes des Gesundheitssektors und Integration

des Themas in Aus-, Fort- und Weiterbildung in den letzten zwei Jahren bei der Umsetzung der Empfehlungen des Lancet Policy Briefs für Deutschland von 2019 „wesentliche Fortschritte jedoch ausblieben“ [30].

Angesichts der durch den Klimawandel zunehmenden Häufigkeit von Atemwegsallergien ist eine frühzeitige kausale immunmodulierende Therapie umso wichtiger. Hierfür steht die AIT (allergenspezifische Immuntherapie, Hyposensibilisierung) in subkutaner oder sublingualer Form zur Verfügung und ist besonders mit Gräser- und Birkenpollen bei allergischer Rhinitis und/oder Konjunktivitis sehr erfolgversprechend, aber auch effektiv bei allergischem Asthma bronchiale. Allerdings gibt es für die AIT bereits jetzt eine erhebliche Unterversorgung der Betroffenen in Deutschland [31]. Dies hat vielfältige Ursachen, denen entgegengewirkt werden sollte (Tab. 3). Es besteht hoher Forschungsbedarf im Bereich der Immunologie und Allergologie. Beispielsweise könnten neue Erkenntnisse über die Wirkungsweise der AIT, deren Langzeiteffekte sowie geeignete Biomarker für die Auswahl der zu Behandelnden und auch für die Prognose des Therapieerfolges die Versorgung der Patient*innen effektiver und kosteneffizienter machen. Die Pathomechanismen und molekularen Prozesse der Allergieentwicklung sind noch teilweise ungeklärt [31] (Tab. 2).

Eine gesetzliche Verankerung von gesundheitsbezogenem Hitzeschutz ist Voraussetzung, um Hitzeaktionspläne zu priorisieren [30]. Diese sollten auch Handlungsszenarien für außergewöhnlich extreme und komplexe Situationen beinhalten [32]. Durch entsprechende Stadtplanung, zum Beispiel dem Ausbau von Parks, Straßenbäumen und Dachbegrünung, kann dem Hitzeinseleffekt entgegengewirkt werden [11, 32]. Dabei ist es wichtig, von vornherein interdisziplinär und sektorübergreifend zusammenzuarbeiten unter Einbeziehung von unter anderem Stadtplanern, Architekten, Verkehrsexperten und Angehörigen der Gesundheitsberufe [33]. Gerade letztere wurden bisher vielfach nicht einbezogen. So erklärt sich etwa, dass am Potsdamer Platz in Berlin ausgerechnet Birkenalleen angelegt wurden. Die Bepflanzung sollte sich also (auch) nach dem Allergierisiko richten [11].

Eine Beratung der Patienten zu individueller Klimaadaptation und -resilienz kann zum Beispiel im Rahmen einer Klimasprechstunde erfolgen [11].

Lehrinhalte zum Thema Klimawandel und Gesundheit sowie zur planetaren Gesundheit („Planetary Health“) und Allergologie sollten in den Pflichtcurricula, Fort- und Weiterbildungen aller Gesundheitsberufe verankert werden [32, 34].

Das Gesundheitswesen trägt mit 5,2 % zu den deutschen Treibgasemissionen bei. Die WHO-Initiative „Healthy Hospitals, Healthy Planet, Healthy

People“ [35] unterscheidet sieben Bereiche für Klimaschutz im Krankenhaus: Energieeffizienz, Bau- design, alternative Energien, Verkehr (Anfahrt der Mitarbeiter*innen und Patient*innen), Essen, Abfall und Wasser. Klimaschutzmaßnahmen lassen sich auch in Praxen, Ärztekammern, auf Ärztetagen et cetera umsetzen. Hierzu gibt es bisher weder auf Landes-, Bundes- noch auf europäischer Ebene Gesetzesvorschläge [32]. Der 125. Deutsche Ärztetag 2021 forderte Klimaneutralität im deutschen Gesundheitswesen bis zum Jahr 2030. Als Voraussetzungen wurden die Initiierung der erforderlichen rechtlichen Rahmenbedingungen, die Benennung von Klimabeauftragten und die Verabschiedung von Klimaschutzplänen genannt. In Deutschland existieren bereits einige Initiativen wie das Gütesiegel „Energiesparendes Krankenhaus“, das Projekt KLIKgreen, das Fachkräfte in Kliniken zu Klimamanager*innen ausbildet, oder die Green Hospital Initiative Bayern. Wichtig sind Bereitstellung von Fördermitteln durch die Bundes- und Landesregierungen, Identifikation und Abbau rechtlicher Barrieren sowie Fortschrittskontrolle durch Bilanzierung und Reporting der Treibgasemissionen in den beteiligten Einrichtungen [32].

Im Sinne der Planetary Health ist die Erde ein medizinischer Notfall [36]. Es liegt an uns Leser*innen des Allergo Journal, aufzustehen, aufzuklären, Bewusstsein zu schaffen und gerechte Lösungen für Klima und Gesundheitspolitik zu fordern [4]. Ärzt*innen können hierbei den Vertrauensvorsprung in der Bevölkerung nutzen, um Impulsgeber und Vorbilder zu sein. Die Entscheidungen,

Tab. 3: Forderungen an den Gesetzgeber im Hinblick auf Allergien

- Nationaler Aktionsplan Allergie [37]
- Förderung der Forschung auf allergologischem Gebiet
- Allergologie als verpflichtender Inhalt in Aus- und Weiterbildung aller Gesundheitsberufe und für Erziehendes und Lehrendes Personal
- Schaffung von separaten und unabhängigen, vollwertigen Lehrstühlen für Allergologie und für Umweltmedizin
- finanzielle Unterstützung von Informationskampagnen für die Bevölkerung z. B. zur allergenspezifischen Immuntherapie (AIT)
- Erstattung der Pharmakotherapie der allergischen Rhinitis durch die gesetzliche Krankenversicherung
- Erhalt der Verordnungs- und Erstattungsfähigkeit auch seltener Allergene für die AIT
- Finanzielle Förderung der Standardisierung von Präparaten für AIT und Hauttestung
- Sicherung der Finanzierung für Entwicklung, klinische Prüfung und Herstellung von Allergiediagnostika
- Erstattung der Patientenschulungen für Neurodermitis, Anaphylaxie und Asthma durch die gesetzliche Krankenversicherung
- Verschreiben von Vorsorgeuntersuchungen bzw. Berufseingangsberatungen für Berufe mit besonderer Gefährdung [31, 38]

die wir heute treffen, einschließlich unseres individuellen Handelns oder Nichthandelns werden sich auch auf zukünftige Generationen auswirken. Wir haben die Verantwortung, die Auswirkungen des Klimawandels auf die öffentliche Gesundheit zu verringern.

Daria Luschkova

Lehrstuhl und Hochschulambulanz für Umweltmedizin
Medizinische Fakultät der Universität Augsburg
Stenglinstraße 2
86156 Augsburg
Deutschland
daria.luschkova@tum.de

Interessenskonflikt

Die Autorinnen geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Der Verlag erklärt, dass die inhaltliche Qualität des Beitrags durch zwei unabhängige Gutachten geprüft wurde. Werbung in dieser Zeitschriftenausgabe hat keinen Bezug zur CME-Fortbildung. Der Verlag garantiert, dass die CME-Fortbildung sowie die CME-Fragen frei sind von werblichen Aussagen und keinerlei Produktempfehlungen enthalten. Dies gilt insbesondere für Präparate, die zur Therapie des dargestellten Krankheitsbildes geeignet sind.

Zitierweise

Luschkova D, Traidl-Hoffmann C, Ludwig A. Climate change and allergies. *Allergo J Int* 2022;31:114-20
<https://doi.org/10.1007/s40629-022-00212-x>

Literatur

1. Watts N, Adger WN, Agnolucci P, Blackstock J, Byass P, Cai W et al. Health and climate change: policy responses to protect public health. *Lancet* 2015;386:1861-914
2. Harvey F. Humanity is waging war on nature. *The Guardian*, 2020
3. IPCC-Sachstandsbericht (AR6. Beitrag von Arbeitsgruppe I: Naturwissenschaftliche Grundlagen). 2021; www.de-ipcc.de/media/content/Hauptaussagen_AR6-WGI.pdf; accessed 22.1.2022
4. Pacheco SE, Guidos-Fogelbach G, Annesi-Maesano I, Pawankar R, D'Amato G, Latour-Staffeld P et al. Climate change and global issues in allergy and immunology. *J Allergy Clin Immunol* 2021;148:1366-77
5. Traidl-Hoffmann C. Klimaresilienz – Weg der Zukunft. *Dtsch Arztebl* 2020;117:B1332-1334
6. Luschkova D, Ludwig A, Traidl-Hoffmann C. Klimakrise und deren Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. *Dtsch Med Wochenschr* 2021;146:1636-41
7. Klauber H, Koch N. Individuelle und regionale Risikofaktoren für hitzebedingte Hospitalisierungen der über 65-Jährigen in Deutschland. In: Günster C et al. (eds.), *Versorgungs-Report: Klima und Gesundheit*. Berlin: Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 2021
8. Agache I, Sampath V, Aguilera J, Akdis CA, Akdis M, Barry M et al. Climate Change and Global Health: A Call to more Research and more Action. *Allergy* 2022;77:1389-1407
9. Traidl-Hoffmann, C., *Allergologie*. In: Traidl-Hoffmann, C., Schulz, C. Herrmann, M. Simon, B. (Hrsg.). *Planetary Health. Klima, Umwelt und Gesundheit im Anthropozän*.

Berlin: Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 2021. p. 52-59.

10. Münzel T, Hahad O, Sørensen M, Lelieveld J, Duerr GD, Nieuwenhuijsen M et al., Environmental risk factors and cardiovascular diseases: a comprehensive expert review. *Cardiovasc Res* 2021;cvab316; <https://doi.org/10.1093/cvr/cvab316>
11. Traidl-Hoffmann C, Trippel K. *Überhitzt*. Dudenverlag; 2021
12. Atwoli L, Baqui AH, Benfield T, Bosurgi R, Godlee F, Hancocks S et al. Call for emergency action to limit global temperature increases, restore biodiversity and protect health: Wealthy nations must do much more, much faster. *Allergy* 2022;77:730-3
13. Luschkova D, Zeiser K, Ludwig A, Traidl-Hoffmann C. Neurodermitis ist eine Umwelterkrankung. *Allergologie* 2021;44:681-8
14. Endler C. Die Pollenflugvorhersage vom Deutschen Wetterdienst (DWD). *Phänologie-Journal*, Nr. 48; Juli 2017
15. Eis D, Helm D, Laußmann D, Stark K. Gesundheitliche Auswirkungen des Klimawandels durch UV-, Allergen- und Schadstoff-Exposition. In: *Klimawandel und Gesundheit-Ein Sachstandsbericht*. 2011: Robert Koch-Institut
16. Thamm R, Hey I, Thamm M. Epidemiologie allergischer Erkrankungen: Prävalenzen und Trends in Deutschland. In: Klimek L, Vogelberg C, Werfel T. (Hrsg.). *Weißbuch Allergie in Deutschland*. München: Springer Medizin Verlag; 2018
17. Rasmussen K, Thyrring J, Muscarella R, Borchsenius F. Climate-change-induced range shifts of three allergenic ragweeds (*Ambrosia L.*) in Europe and their potential impact on human health. *PeerJ* 2017;5:e3104
18. Rauer D, Gilles S, Wimmer M, Frank U, Mueller C, Musiol S et al. Ragweed plants grown under elevated CO₂ levels produce pollen which elicit stronger allergic lung inflammation. *Allergy* 2021;76:1718-30
19. Beck I, Jochner S, Gilles S, McIntyre M, Buters JTM, Schmidt-Weber C et al. High environmental ozone levels lead to enhanced allergenicity of birch pollen. *PLoS One* 2013;8:e80147
20. Gilles S, Fekete A, Zhang X, Beck I, Blume C, Ring J et al. Pollen metabolome analysis reveals adenosine as a major regulator of dendritic cell-primed T helper cell responses. *J Allergy Clin Immunol* 2011;127:454-61.e1-9
21. El Kelish A, Zhao F, Heller W, Durner J, Winkler JB, Behrendt H et al. Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) pollen allergenicity: SuperSAGE transcriptomic analysis upon elevated CO₂ and drought stress. *BMC Plant Biol* 2014;14:176
22. Zhao F, Elkelish A, Durner J, Lindermayr C, Winkler JB, Ruëff F et al. Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia L.*): allergenicity and molecular characterization of pollen after plant exposure to elevated NO₂. *Plant Cell Environ* 2016;39:147-64
23. Chatelier J, Chan S, Tan JA, Stewart AG, Douglass JA. Managing Exacerbations in Thunderstorm Asthma: Current Insights. *J Inflamm Res* 2021;14:4537-50
24. D'Amato G, Annesi-Maesano I, Cecchi L, D'Amato M. Latest news on relationship between thunderstorms and respiratory allergy, severe asthma, and deaths for asthma. *Allergy* 2019; 4:9-11
25. Damialis A, Bayr D, Leier-Wirtz V, Kolek F, Plaza M, Kaschuba S et al. Thunderstorm Asthma: in search for relationships with airborne pollen and fungal spores from 23 sites in Bavaria, Germany. A rare incident or a common threat? *J Allergy Clin Immunol* 2020;145:AB336
26. Damialis A, Gilles S, Sofieva M, Sofieva V, Kolek F, Bayr D et al. Higher airborne pollen concentrations correlated with increased SARS-CoV-2 infection rates, as evidenced from 31 countries across the globe. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2021;118:e2019034118

27. Rahlenbeck S, Utikal J. Eichenprozessionsspinner-Allergie: Raupen mit reizenden Brennhaaren. *Dtsch Arztebl* 2017;114:A-896
28. Europäische Kommission. Hausgrille: Kommission lässt drittes Insekt als Lebensmittelzutat für den EU-Markt zu. https://germany.representation.ec.europa.eu/news/hausgrille-kommission-lasst-drittes-insekt-als-lebensmittelzutat-fur-den-eu-markt-zu-2022-02-11_de; accessed 28.3.2022
29. de Gier S, Verhoeckx K. Insect (food) allergy and allergens. *Mol Immunol* 2018;100:82-106
30. Romanello M, McGushin A, Di Napoli C, Drummond P, Hughes N, Jamart L et al. The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: code red for a healthy future. *Lancet* 2021;398:1619-62
31. Ludwig A, Bayr D, Pawlitzki M, Traidl-Hoffmann C. Der Einfluss des Klimawandels auf die Allergenexposition: Herausforderungen für die Versorgung von allergischen Erkrankungen. In: Günstner C, Klauber J, Robra BP, Schmuker C, Schneider A, eds. *Versorgungs-Report Klima und Gesundheit*. Berlin: Med. Wiss. Verlagsgesellschaft; 2021. p. 133-43
32. Matthies-Wiesler F, Herrmann M, Schulz C, Gebb S, Jung L, Schneider A et al. The Lancet Countdown on Health and Climate Change. Policy Brief für Deutschland 2021. https://klimagesund.de/wp-content/uploads/2021/12/Lancet-Countdown-Policy-Brief-Germany_DEU.pdf; accessed 22.1.2022
33. Matthies-Wiesler F, Herrmann M, Von Philipsborn P, Wabnitz K, Geffert K, Schneider A et al. The Lancet Countdown on Health and Climate Change. Policy Brief für Deutschland 2020. https://klimagesund.de/wp-content/uploads/2020/12/Lancet-Countdown-Policy-Brief-Germany_DEU.pdf; accessed 22.1.2022
34. Lauletta M, Moisé E, La Grutta S, Cilluffo G, Piacentini G, Ferrante G et al. Climate advocacy among Italian pediatric pulmonologists: A national survey on the effects of climate change on respiratory allergies. *Pediatr Pulmonol* 2022;57:862-70
35. World Health Organization. Healthy Hospitals, Healthy Planet, Healthy People. Addressing climate change in health care settings. WHO Discussion Draft. www.who.int/globalchange/publications/climatefootprint_report.pdf?ua=1v; accessed 22.1.2022
36. Traidl-Hoffmann C, Schulz C, Herrmann M, Simon B. *Planetary Health. Klima, Umwelt und Gesundheit im Anthropozän*. Berlin: Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 2021
37. Schumacher B. AeDA/DGAKI informieren. Nationaler Aktionsplan Allergie. Fachgesellschaften wollen dem Versorgungsmangel nicht mehr länger zusehen. *Allergo J* 2014;23(8):81-2
38. Wagenmann M, Stenin I, Scheckenbach K. Qualität in der Allergologie. *Laryngorhinootologie* 2020;99:S272-S300