

## UMWELTMEDIZIN

# Klimawandel und Pneumologie

## Eine aktuelle Kurzübersicht

Thomas Lob-Corzilius, Osnabrück

*Die Klimakrise hat unbezweifelbar Europa und Deutschland erreicht, um nicht zu sagen im Griff. In diesem Artikel geht es primär um die bislang bekannten Folgen an Lunge und Atemwegen. Natürlich gibt es erhebliche Schnittmengen zwischen lungenschädlichen Gasen und einigen Luftschadstoffen, die im Wesentlichen durch die Verbrennung fossiler Energien entstanden sind und weiter entstehen und damit den Treibhauseffekt mit seinen Konsequenzen erst verursacht haben. Aufgrund der Kürze sind die Ausführungen in Teilen „plakativ“.*

### Erderwärmung bereits deutlich spürbar

Laut dem Deutschen Wetterdienst (DWD) war der Sommer 2022 der wärmste jemals seit 1951 aufgezeichnete, der EU-Klimawandeldienst Copernicus bestätigt dies für Europa: Im Vergleich zum langjährigen Mittel von 1991 bis 2020 war der Zeitraum von Juni bis August 2022 um 1,34 °C wärmer. Besonders betroffen war der Südwesten des Kontinents [5]. Die Hitzewellen haben vielerorts zu massiver Dürre in der Landwirtschaft und damit teils erheblichen Ernteinbußen geführt. Sie haben Waldbrände auf mehr als 750.000 Hektar Land verursacht. Dabei sind in der EU und Großbritannien 6,4 Mio Tonnen Kohlenstoffdioxid ausgestoßen worden – so viel wie seit 15 Jahren nicht mehr [6]. Der fehlende Regen hat in Binnenseen, Talsperren und natürlich den Flüssen zu Niedrigwasserständen, wenn nicht zum Trockenfallen geführt. Daran haben auch die rasanten Gletscherschmelzen in den Alpen nicht viel ändern können. Laut Rounce et al. werden weltweit bis zum Ende des Jahrhunderts 50% der Gletscher weltweit verschwinden [12].

Im Vergleich zum Geburtsjahrgang 1960 – davon haben die meisten Menschen



diesen Hitzesommer erlebt – wird sich die lebenslange Exposition gegenüber Extremereignissen für im Jahr 2020 Geborene gemäß den Abschätzungen des Pariser Klimaschutzabkommens wie folgt verändern [11]:

- 6,8-mal so viele Hitzewellen,
- 2,6-mal so viele Trockenperioden und Missernten sowie
- 2-mal häufigere Waldbrände.

Damit ist der dramatische Rahmen abgesteckt, in dem natürlich auch die gesundheitlichen Auswirkungen auf uns Men-

schen bisher nur teilweise untersucht wurden und zukünftig weiter analysiert werden müssen.

### Welche Luftschadstoffe sind bedeutsam?

**Feinstäube**, insbesondere PM 2,5, d. h. mit einem Durchmesser bis 2,5 µm und kleiner, bestehen aus unterschiedlichen Komponenten, wie anorganischen Anteilen (z. B. Ammoniumsulfate und Nitrat, Salzsäure), elementarem Ruß, Metallen, Erd- oder Staubpartikeln, ferner aus or-

ganischen Chemikalien wie Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) oder Säuren (z. B. Schwefelsäure) und biologischen Materialien (z. B. Pollen, Pilzsporen). Aufgrund ihrer geringen Größe sind sie lungengängig, d. h. sie werden bis in die Bronchioli inhaled, die ultrafeinen Partikel (UFP;  $<0,2 \mu\text{m}$ ) durchdringen auch die Alveolar-Kapillar-Schranke und sind somit systemisch relevant.

## Bronchiale Hyperreagibilität bis zu Krebs

Die pathophysiologischen Abläufe an Lunge und Atemwegen als Folge der Inhalation dieser Luftschadstoffe erklären sich u. a. durch eine bronchiale Schleimhautinflammation infolge verstärkter Aktivierung der basophilen und eosinophilen Granulozyten. Auf dieser Grundlage kann sich ein hyperreagibles Bronchialsystem entwickeln, sodass andere asthmatische Triggerfaktoren wie Infekte, körperliche oder auch psychische Belastung wirksam werden können. Zudem kann die Th2-Immunität aktiviert und dadurch eine Sensibilisierung begünstigt werden – als Voraussetzung für eine mögliche spätere Allergie. Ferner bewirken Feinstäube, insbesondere PM 2,5, und Ozon in der

Lunge einen oxidativen Stress, der sich negativ auf das Lungenwachstum und damit die Lungenfunktion auswirkt und auch Infektionen des tiefen Atemtrakts begünstigt [9]

Potenziell wirken PM2,5 auch kanzerogen: So wurde in einer kürzlich auf dem europäischen Krebskongress der European Society for Medical Oncology (ESMO) vorgestellten epidemiologischen Studie mit mehr als 400.000 Patientinnen und Patienten in England, Süd-Korea und Taiwan die Luftverschmutzung mit PM2,5 als ein wesentlicher Promoter für Mutationen im *EGFR*-Gen identifiziert [2]. Zwar tritt diese Mutation auch bei normaler Alterung auf, bleibt aber inaktiv. Bei anhaltender PM2,5-Persistenz in den Atemwegen hingegen kann die Mutation Lungenkarzinome auslösen. Erklärt wird dies mit einer überschießenden Inflammation mutationsbetroffener Zellen. Zwar fand sich auch bei 250 lungengesunden Nie-Rauchern, die in Reinluftzonen lebten, in 18% diese *EGFR*-Mutation, sie blieb aber auch hier inaktiv.

Wie sich zudem im Tierversuch mit Mäusen nachweisen ließ, kann der proinflammatorische Botenstoff Inter-

leukin 1 durch einen Antikörper blockiert werden, sodass Lungenkarzinome vermieden wurden [13].

Laut der Global Climate Health Alliance (GCHA) enthalten die Rauchschwaden aus Waldbränden eine komplexe Mischung aus gasförmigen Feinstäuben aus Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ), polyzyklischen, aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) und Rußpartikeln. Diese werden je nach Thermik und vorherrschenden Winden über Tausende von Kilometern transportiert und können akut Husten, Luftnot und bei prädisponierten Personen Asthmaattacken auslösen [14]. Die bisher identifizierten Luftschadstoffe aus Waldbränden sind aber auch für langfristige gesundheitliche Auswirkungen wie die Verschlechterung von Asthma und COPD und die Karzinogenese bedeutsam.

## Bodennahes Ozon und Stickoxide

Ozon ( $\text{O}_3$ ) zählt im Zusammenwirken mit Stickstoffoxiden ( $\text{NO}/\text{NO}_2$ ) zu den wichtigsten gesundheitsrelevanten Luftschadstoffen. So kann sich bei langem Sonnenschein und Hitzeperioden die Symptomatik des Asthmas in allen Altersgruppen verschlimmern. Denn UV-Strahlung verursacht einen deutlichen Anstieg der Ozonkonzentration, wenn gleichzeitig Stickstoffoxide ( $\text{NO}/\text{NO}_2$ ) anwesend sind. Vor allem  $\text{NO}_2$  stammt aus verkehrsbedingten Emissionen, deren Quelle zu über 90% dieselbetriebene Fahrzeuge sind. UV-Strahlung spaltet  $\text{NO}_2$  auf in Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ) und ein Sauerstoff-Radikal. Das O-Radikal verbindet sich rasch mit Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) zu  $\text{O}_3$ .

Ozon entsteht daher im Sommer vor allem in Städten mit viel Verkehr und wird

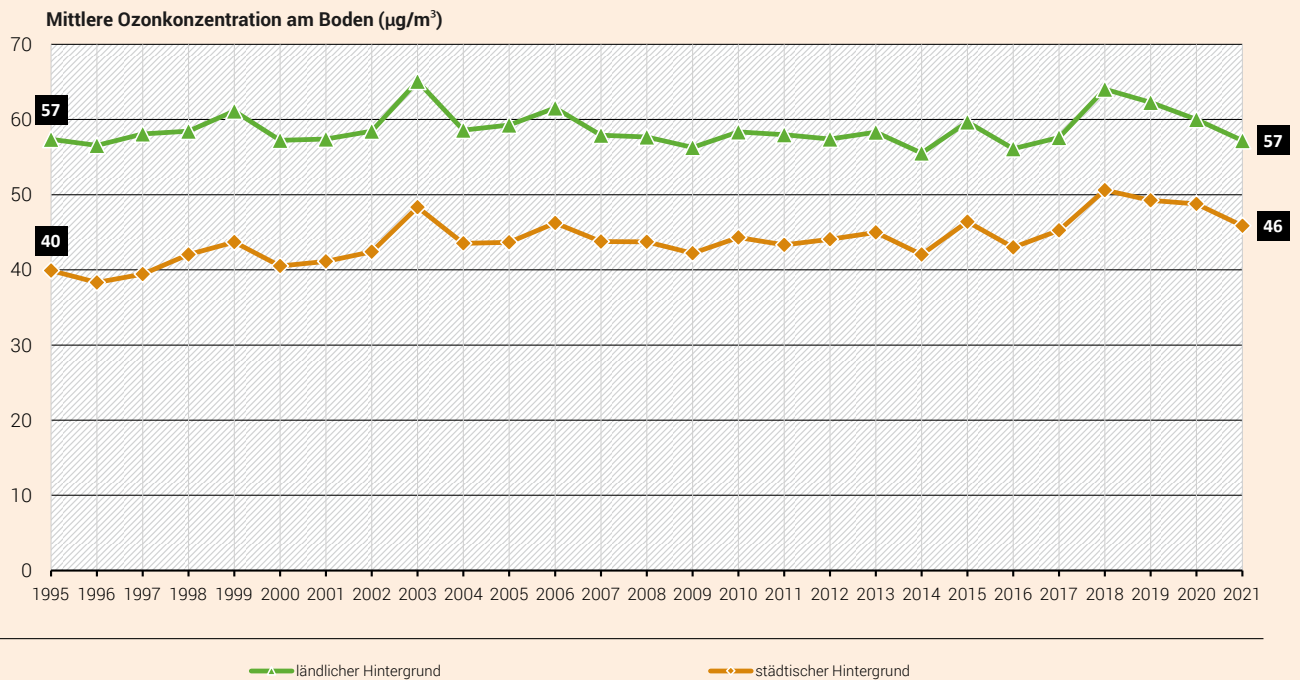
Starbseite > Klima und Umwelt

Basisfakten zum Klimawandel

### Klima und Umwelt

Der Deutsche Wetterdienst führt im Bereich Klima und Umwelt eine umfassende Diagnose des Klimasystems durch. In Zeiten des weltweiten Klimawandels sind die Klimaüberwachung, deren Dokumentation und die Modellierung des Klimawandels essentiell für das allgemeine

Abbildung. Trend der Ozon-Jahresmittelwerte seit 1995

Quelle: [Umweltbundesamt](#) 2022 [15]

von dort durch die Luftströmung und Winde in die ländliche Umgebung verweht. Beim abendlichen Berufsverkehr in der Stadt wird Ozon dann wiederum mit NO, das ebenfalls durch den Verkehr „bereitgestellt“ wird, wieder zu NO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> reduziert. Da auf dem Lande weniger Verkehr herrscht, fehlt dort NO, um Ozon wieder zu Sauerstoff und NO<sub>2</sub> abzubauen. Dies erklärt die scheinbare Paradoxie, dass die durchschnittlichen Ozonkonzentrationen in ländlichen Gebieten seit mehr als 30 Jahren deutlich über denen der Stadtgebiete liegen, so im Jahr 2021 mit 57  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  und 46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Abb.).

Der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit liegt bisher in der EU bei 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  O<sub>3</sub> im sogenannten 8-Stunden-Mittel, laut WHO bei 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  O<sub>3</sub>. Bei kurzfristigen Ozonkonzentrationen >120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  kann es zu akuten Atembeschwerden kommen, da O<sub>3</sub> als reaktives Reizgas tief in die Luftwege eintritt und

akute Schleimhautreizungen bzw. -entzündungen verursacht. Der sog. oxidative Stress geht mit Husten, Engegefühl in der Brust und Atemnot einher, führt also zu akuten Asthmaanfällen [8].

Dauerhaft bestehende Ozonbelastungen, auch <120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , führen bei Kindern bis zur Pubertät zu vermindertem Lungewachstum [3], bei Jugendlichen und Erwachsenen ist die Lungenfunktion eingeschränkt und das elastische Bindegewebe der Lunge wird chronisch geschädigt. Dadurch steigt bei Erwachsenen die Sterblichkeit an Atemwegserkrankheiten.

### Gewitterasthma und Pollenbelastung

Dieses Phänomen ist seit einigen Jahren vor allem in Australien als „thunderstorm asthma“ bekannt [1], wird aber über Kasuistiken hinaus auch in Süd- und Mitteleuropa zunehmen. Physikalisch bewirkt Hit-

ze eine vermehrte regionale Verdunstung und damit Wasserbelastung der Atmosphäre, die sich dann andernorts durch Gewitter als sog. Starkwetterereignisse mit teils massiven Regengüssen entlädt. Beim sog. Gewitterasthma brechen Pollen vermehrt schon 1–2 Stunden vor dem Gewitterbeginn durch den „osmotischen Schock“ auf. Daran wirken Wärme, elektrostatische Aufladung durch Blitze und hohe Luftfeuchtigkeit mit. Die in den Pollen enthaltenen Allergene binden an Feinstäube, die wie dargelegt bis in die Bronchioli inhaled werden.

Besonders betroffen sind Jugendliche und junge Erwachsene mit einem hyperreagiblen Bronchialsystem, die in der Regel bisher nur geringe Asthmasymptome, z.B. bei Belastung, haben und deshalb selten eine Dauertherapie nutzen und meist kein antiasthmatisches Notfallspray mit sich führen. Verstärkend kommt hinzu, dass die Zu-



nahme des Treibhausgases CO<sub>2</sub> auch zu einer vermehrten Pollen- und Blütenproduktion führt, wie dies am Beispiel von Ambrosia gezeigt werden kann [7].

## Fazit

Die Klimakrise ist in Deutschland mit Hitze, Dürre und Starkwetterereignissen mit Flutkatastrophen wie im Ahrtal angekommen. Selbst wenn die Erwärmung gestoppt werden sollte, wird sie die nachwachsenden Generationen lebenslang begleiten und sich auf deren Gesundheit auswirken.

Zum globalen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck trägt auch das Gesundheitssystem wesentlich bei: 4,4% der globalen CO<sub>2</sub>-Netto-Emissionen entstammen dem Gesundheitssystem [4]. Hier spielt auch der Einsatz von FKW-haltigen Narkosemitteln und die Verordnung von Inhalativa zur Behandlung von Asthma und obstruktiven Bronchitiden eine bedeutsame Rolle,



wenn sie mit Dosieraerosolen erfolgt. Deshalb ist hier eine Änderung im Sinne einer klimabewussten Inhalationstherapie sinnvoll und nötig, wie in einem [Artikel des Autors](#) in diesem eJournal in 2022 dargestellt wurde [10].

Dr. med. Thomas Lob-Corzilius

WAG Umweltmedizin  
[thlob@uminfo.de](mailto:thlob@uminfo.de)

## Literatur

- 1 Department of Health and Human Services, Victoria. Review of response to the thunderstorm asthma event of 21–22 November 2016; Final report. 2017. Verfügbar unter: <https://www.health.vic.gov.au/publications/review-of-response-to-the-thunderstorm-asthma-event-of-21-22-november-2016-final>
- 2 European Society for Medical Oncology (ESMO). Verfügbar unter: <https://www.esmo.org/meeting-calendar/past-meetings/esmo-congress-2022>
- 3 Frischer T, Studnicka M, Gartner C et al. Lung function growth and ambient ozone: a three-year population study in school children. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;160(2):390-6.)
- 4 Health Care without Harm. Health Care's climate footprint. 2019. Verfügbar unter: [https://sustainability.emory.edu/wp-content/uploads/2020/06/HealthCaresClimateFootprint\\_090619.pdf](https://sustainability.emory.edu/wp-content/uploads/2020/06/HealthCaresClimateFootprint_090619.pdf)
- 5 <https://www.tagesschau.de/ausland/europa/waermster-sommer-europa-101.html>
- 6 <https://www.tagesschau.de/ausland/europa/waldbraende-emissionen-rekord-101.html>
- 7 Lake IR, Jones NR, Agnew M et al. Climate Change and Future Pollen Allergy in Europe. *Environmental Health Perspectives* 2017; 125(3): 385–391
- 8 Lee SW, Yon DK, James CC et al. Short-term effects of multiple outdoor environmental factors on risk of asthma exacerbations: Age-stratified time-series analysis. *J Allergy Clin Immunol*. 2019; 144(6): 1542-50 e1.
- 9 Lob-Corzilius T. Die Luftschadstoffe Feinstaub, Stickstoffdioxid und Ozon beeinflussen deutlich die Kindergesundheit – Teil 1. *Kinder- und Jugendarzt* 2021; 3(21): 153-162. Verfügbar unter: <https://www.kinderumwelt.de/wp-content/uploads/2021/09/lob-luftschadstoffe-kindergesundheit-1.pdf>
- 10 Lob-Corzilius T. Sinn und Notwendigkeit einer klimabewussten Inhalationstherapie. *Päd Allergologie* 2022; 3: 56-59
- 11 Luthen S, Ryan E, Wakefield J. Born into the Climate Crisis: Why we must act now to secure children's rights. 2021. Verfügbar unter: <https://resourcecentre.savethechildren.net/pdf/born-into-the-climate-crisis.pdf>
- 12 Rounce D, Hock R, Maussion F et al. Global glacier change in the 21st century: Every increase in temperature matters. *Science* 2023; 379(6627): 78-83
- 13 The Francis Crick Institute. Scientists reveal how air pollution can cause lung cancer in people who have never smoked. Sept 2022. Verfügbar unter: [https://www.crick.ac.uk/news/2022-09-10\\_scientists-reveal-how-air-pollution-can-cause-lung-cancer-in-people-who-have-never-smoked](https://www.crick.ac.uk/news/2022-09-10_scientists-reveal-how-air-pollution-can-cause-lung-cancer-in-people-who-have-never-smoked)
- 14 The Global Climate and Health Alliance. The Limits of Livability. The emerging threat of smoke impacts on health from forest fires and climate change. June 2021. Verfügbar unter: <https://climateandhealthalliance.org/bushfires-report>
- 15 Umweltbundesamt. Trend der Ozon-Jahresmittelwerte. 2022. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/7\\_abb\\_trend-ozon-jmw\\_2022-09-26.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/7_abb_trend-ozon-jmw_2022-09-26.pdf)