



DGUHT e.V.

**DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR
UMWELT- UND HUMANTOXIKOLOGIE**

aktiv für Mensch + Umwelt

Geschäftsstelle der DGUHT

Dipl.-Ing. Waldemar Bothe
Bergstr. 32 · 73098 Rechberghausen

Tel.: 07161-3543587 · E-Mail: info@dguht.de · www.dguht.de

Gesundheitliche Folgen des Klimawandels

In den letzten Jahrhunderten war das Klima in Europa weitgehend stabil. Aber seit Beginn der Industrialisierung nimmt die globale Lufttemperatur zu. So hat sich in Deutschland zwischen 1881 und 2009 die durchschnittliche Lufttemperatur um 1,1 °C erhöht.¹

Diese globale Erwärmung, die direkt und indirekt unsere Gesundheit beeinflusst (Tab. 1), wird hauptsächlich durch Verbrennen fossiler Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas), weltumfassende Entwaldung, Land- und Viehwirtschaft und unkontrollierte Müllentsorgung verursacht.² Dadurch werden die sogenannten Treibhausgase wie Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Stickstoffoxide (NO_x) und Luftschadstoffe wie Feinstaub mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als 10 µm (PM10), Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffdioxid (NO₂) und Kohlenmonoxid (CO) in der Atmosphäre angereichert.³⁻⁶

Dieser Treibhauseffekt wurde bereits im 19. Jahrhundert beschrieben. Als verantwortliche Gase wurden damals schon Wasserdampf und CO₂ vermutet und die Hypothese aufgestellt, dass die anthropogene CO₂-Anreicherung in der Atmosphäre die Erdtemperatur erhöhen könne.⁶⁻¹⁰ Die seit 1958 durchgeführten kontinuierlichen Messungen von CO₂ auf dem Vulkan Mauna Loa auf Hawaii bestätigen, dass die CO₂-Konzentration der Atmosphäre von etwa 300 parts per million (ppm) auf nun über 400 ppm angestiegen ist.¹¹

Hitzewellen

Es liegen umfangreiche Studien über die Sterblichkeit bei hohen Umgebungstemperaturen vor. In Europa sind vorwiegend über 65-Jährige mit Atemwegs-, Herzkreislaufkrankungen und psychiatrischen Erkrankungen betroffen. Der Anstieg von 1 °C oberhalb eines Schwellenwerts von 29,4 °C (mediterrane Städte) und 23,3 °C (nordeuropäische Städte) war mit einer Zunahme der täglichen Sterberate von etwa 7 % assoziiert.^{12,13}

Feinstaub

Klimatische Faktoren beeinflussen die Bildung von Feinstaub (PM_{2,5-10} und PM₁₀). Obwohl lokale Maßnahmen zur Verminderung von Feinstaub in Ballungszentren durchgeführt werden, kann insbesondere während der Hitzeperioden der durch die vermehrt auftretenden Waldbrände entstandene Feinstaub über größere Entfernungen transportiert werden.^{14,15} Feinstaubexpositionen verursachen eine Zunahme von chronischen obstruktiven Lungenerkrankungen, Lungenkrebs, Herzinfarkt, Schlaganfall und hohem Blutdruck. Bei Kindern mit Asthma führt eine Belastung von Feinstaub zur Verschlechterung der Lungenfunktion und bei Säuglingen zur erhöhten Sterblichkeit.¹⁶

Da durch die globale Erwärmung die Wüstenbildung weiter zunimmt, sind auch mehr Sandstürme zu befürchten. Die Mittelmeerregion ist durch Sandstürme aus der Sahara besonders betroffen.^{17,18} Der feinstaubige Sand kann

| Direkte gesundheitliche Auswirkungen durch: | Indirekte gesundheitliche Auswirkungen durch: |
|---|---|
| Vermehrte Hitzewellen - Trockenheit, Dürre - Waldbrände | Veränderung der Allergenexposition - Verlängerte Pollenflugsaison - Verändertes Allergenspektrum |
| Extreme Wetterereignisse - Häufige Unwetter - Stürme, Überschwemmungen - Sandstürme | Zunahme der Luftschadstoffe - Ozon - Feinstaub (PM _{2,5-10} , PM ₁₀) - Stickstoffoxide |
| Erhöhte UV-Strahlung | Erhöhte Infektionsrisiken durch Ausbreitung von Vektoren und Reservoirorganismen |
| | Probleme der Trinkwasser- und Lebensmittelhygiene |
| | Anstieg des Meeresspiegels |
| | Migrationen |

Tab. 1: Direkte und indirekte gesundheitliche Auswirkungen des Klimawandels in Europa.^{42,46}
PM: Particulate Matter

Allergene, Metalle (Arsen, Quecksilber), Mikroorganismen (Bakterien, Viren, Pilze) und Endotoxine wie Lipopolysaccharide enthalten und über Tausende von Kilometern transportiert werden mit der Folge, dass in den betroffenen Regionen die Sterblichkeitsrate vorwiegend bei Älteren ansteigt.¹⁷⁻²²

Ozon

Das troposphärische Ozon wird durch Luftschadstoffe wie Methan, Stickoxide und flüchtige organische Verbindungen unter Sonneneinstrahlung hauptsächlich durch fotochemische Reaktion gebildet.^{23,24} Hohe Temperaturen (Hitzeperioden) sind oft verbunden mit trockener Witterung, die zu ansteigenden Ozonkonzentrationen führt. Durch Waldbrände, wie sie vorwiegend in südlichen Regionen Europas vorkommen, entsteht ebenfalls Ozon. Das Ozon verursacht eine Verschlechterung der Lungenfunktion.^{24,25} Erhöhte Ozonkonzentrationen können zur Verschlimmerung von Asthma und chronisch obstruktiver Bronchitis führen.²⁶⁻²⁹

Stickstoffoxide

Stickstoffoxide sind zusammen mit flüchtigen Kohlenwasserstoffen für die sommerliche bodennahe Ozonbildung verantwortlich. Außerdem tragen sie zur Feinstaubbelastung bei. Sie entstehen durch Verbrennung von Kohle, Holz, Gas, Öl und Abfällen. In verkehrsreichen Regionen wird NO₂ vorwiegend durch Dieselmotoren produziert. Insbesondere Asthmakranke sind durch Stickstoffoxide gefährdet, die eine akute Entzündungsreaktion der Bronchien auslösen. Längerfristige Belastungen können zur Beeinträchtigung der Lungenfunktion, zu chronischen Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Lungenkrebs führen. Berechnungen ergaben, dass im Jahr 2014 in Deutschland 10.400 vorzeitige Sterbefälle auf die Exposition von NO₂ zurückgeführt werden können.³⁰

Allergene

Die Häufigkeit von allergischen Erkrankungen wie Asthma und Schnupfen („Heuschnupfen“) hat in den vergangenen Jahrzehnten bei Kindern und Erwachsenen hauptsächlich in Ballungsgebieten zugenommen.³¹⁻³⁴ Zwar sind die Ursachen dafür noch nicht im Einzelnen geklärt, jedoch wird angenommen, dass Umweltfaktoren neben der genetischen Prädisposition die Entstehung von Allergien fördern. In Deutschland hat sich durch das mildere Klima die Pollenflugsaison in den vergangenen 30 Jahren verlängert. Dadurch sind Allergiker über einen größeren Zeitraum den Pollen ausgesetzt. Frühblüher wie Erle und Haselnuss setzen in milden Wintern ihre Pollen bereits im Dezember frei. Kräuterpollen von Spätblüher sind nun bis in den Spätherbst nachweisbar.³⁵

Der globale Klimawandel begünstigt auch die Einwanderung von Pflanzen mit starkem allergenem Potenzial wie das Beifußblättrige Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*). Dieses Traubenkraut kann bereits Anfang Juni seine Pollen freisetzen. Am höchsten sind die Pollenkonzentrationen jedoch zur Hauptblütezeit von Mitte August bis Anfang September. Seine Pollen sind hoch allergen. Bereits eine Konzentration von 5–10 Pollen/m³ Luft kann bei Sensibilisierten eine allergische Sofortreaktion mit Schnupfen, Augenjucken und Asthma auslösen.^{36,37} In Kombination mit hoher Ozonkonzentration und Stickstoffdioxid wird die Allergiewirkung der Pollen noch verstärkt.³⁸ Es wird befürchtet, dass durch die globale Erwärmung

sowohl die Zahl der Allergiker als auch die Schwere der Symptome stark zunehmen wird. Nach einer Prognose soll in Europa bis 2060 die Zahl der Betroffenen, die allergisch auf Pollen des Beifußblättrigen Traubenkrautes reagieren, von derzeit 33 Millionen auf etwa 77 Millionen ansteigen, wobei die stärksten Zunahmen in Deutschland, Polen und Frankreich auftreten werden.³⁹

Durch den Klimawandel werden Zunahmen von Extremniederschlägen erwartet, die zu Überschwemmungen führen.⁴⁰ Die daraus resultierende Feuchtigkeit in den betroffenen Gebäuden fördert das Bakterien- und Schimmelpilzwachstum. Diese Mikroorganismen können akute Atemwegsinfektionen (z.B. Pneumonien) auslösen oder bei länger wirkender Exposition ein allergisches Asthma oder eine exogen-allergische Alveolitis (Entzündung der Lungenbläschen) verursachen.⁴¹⁻⁴³ Auch werden in den feuchten Wohnräumen Endotoxine, leichtflüchtige organische Verbindungen und Mykotoxine gebildet, die neben den Atemwegen auch andere Organe schädigen können.^{2,44}

Infektionen

Durch die globale Klimaerwärmung werden Infektionskrankheiten weiter zunehmen und in Regionen auftreten, die bisher nicht betroffen waren. Von besonderer Bedeutung sind hierbei vektorbedingte Infektionen, die von Insekten, Zecken, Milben oder Nagetieren übertragen werden. So beobachtet man seit Jahren die Ausbreitung der Asiatischen Tigermücke, die Dengue-, Chikungunya- und Gelbfiebertviren übertragen kann. Zecken und Nagetiere, die den Zecken als Zwischenwirt dienen, gehören zwar zur einheimischen Fauna. Durch eine globale Erwärmung ist aber zu befürchten, dass die von Zecken (Borreliose, Frühsommer-Meningoenzephalitis) und von Mäusen (Hantaviren) übertragenen Infektionskrankheiten weiter zunehmen.⁴⁵

Weltweit müssen die Ursachen des Klimawandels intensiv bekämpft werden, um den globalen Temperaturanstieg zu minimieren, damit für die nachfolgenden Generationen die gesundheitlichen Risiken durch den Klimawandel kalkulierbar bleiben. In der Pariser Klimaschutzkonferenz haben sich 195 Staaten darauf geeinigt, dass der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 °C über dem vorindustriellen Niveau begrenzt wird, wenn möglich auf 1,5 °C.

Es ist außerordentlich bedauerlich, dass die USA als eine der größten CO₂-Emittenten von dem Pariser Übereinkommen zurückgetreten sind.

Autor:

Prof. Dr. med. Hans Schweisfurth
Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats
und des Arbeitskreises Medizin der DGUHT e.V.

Pulmologisches Forschungsinstitut
– Institute for Pulmonary Research (IPR) –
Direktor: Prof. Dr. Hans Schweisfurth

D-03044 Cottbus
Walther-Rathenau-Straße 11
Tel.: +49 (0) 355 86 28 708
Fax: +49 (0) 355 86 28 707
Mobiltel.: +49 (0) 172 73 02 349
E-Mail: pulfin@t-online.de
www.Pulmologisches-Forschungsinstitut.de

Literatur

- 1 Deutscher Wetterdienst: Klimawandel im Detail. Zahlen und Fakten zum Klima in Deutschland. Klima-Presskonferenz. Berlin, 27.04.2010.
- 2 Ayres JG, Forsberg B, Annesi-Maesano I, Dey R, Ebi KL, Helms PJ, Medina-Ramón M, Windt M, Forastiere F: Environment and Health Committee of the European Respiratory Society. Climate change and respiratory disease: European Respiratory Society position statement. *Eur Respir J* 2009; 34: 295-302.
- 3 Dennekamp M, Carey M: Air quality and chronic disease: why action on climate change is also good for health. *N S W Public Health Bull* 2010; 21: 115-121.
- 4 Hansen J, Sato M, Ruedy R, Nazarenko L, Lacis A, Schmidt GA, Russell G, Aleinov I, Bauer M, Bauer S, Bell N, Cairns B, Canuto V, Chandler M, Cheng Y, Del Genio A, Faluvegi G, Fleming E, Friend A, Hall T, Jackman C, Kelley M, Kiang N, Koch D, Lean J, Lerner J, Lo K, Menon S, Miller R, Minnis P, Novakov T, Oinas V, Perlwitz Ja, Perlwitz Ju, Rind D, Romanou A, Shindell D, Stone P, Sun S, Tausnev N, Thresher D, Wielicki B, Wong T, Yao M, Zhang S: Efficacy of climate forcings. *J Geophys Res* 2005; 110: D18104 <http://dx.doi.org/10.1029/2005JD005776>.
- 5 Noyes PD, McElwee MK, Miller HD, Clark BW, Van Tiem LA, Walcott KC, Erwin KN, Levin ED: The toxicology of climate change: environmental contaminants in a warming world. *Environ Int* 2009; 35: 971-986.
- 6 The Lancet commissions: Managing the health effects of climate change. *Lancet* 2009; 373: 1693-1733.
- 7 Fourier J: Remarques générales sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires. *Annales de Chimie et de Physique* 1824; 27: 136-167.
- 8 Tyndall, J: On the absorption and radiation of heat by gases and vapours, and on the physical connection. *Philos Mag* 1861; 22: 277-302.
- 9 Arrhenius S: On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature on the ground. *Philos Mag* 1896; 41: 237-276.
- 10 Wisniak J: Svante Arrhenius and the Greenhouse Effect. *Indian J Chem Technol* 2002; 9: 165-173.
- 11 National Oceanic and Atmospheric Administration: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>.
- 12 Baccini M, Biggeri A, Accetta G, Kosatsky T, Katsouyanni K, Analitis A, Anderson HR, Bisanti L, D'Ippoliti D, Danova J, Forsberg B, Medina S, Paldy A, Rabczenko, Schindler C, Michelozzi P: Heat effects on mortality in 15 European cities. *Epidemiology* 2008; 19: 711-719.
- 13 De Sario M, Katsouyanni K, Michelozzi P: Climate change, extreme weather events, air pollution and respiratory health in Europe. *Eur Respir J* 2013; 42: 826-843.
- 14 Dennekamp M, Abramson MJ: The effects of bushfire smoke on respiratory health. *Respirology* 2011; 16: 198-209.
- 15 Finlay SE, Moffat A, Gazzard R, Baker D, Murray V: Health impacts of wildfires. *PLoS Curr*. 2012 Nov 2;4:e4f959951cce2c. doi: 10.1371/4f959951cce2c.
- 16 Salvi S: Health effects of ambient air pollution in children. *Paediatr Respir Rev* 2007; 8: 275-280.
- 17 De Longueville F, Ozer P, Dombia S, Henry S: Desert dust impacts on human health: an alarming worldwide reality and a need for studies in West Africa. *Int J Biometeorol* 2013; 57: 1-19.
- 18 Díaz J, Tobías A, Linares C: Saharan dust and association between particulate matter and case-specific mortality: a case-crossover analysis in Madrid (Spain). *Environ Health*. 2012 Mar 8;11:11. doi: 10.1186/1476-069X-11-11.
- 19 Jiménez E, Linares C, Martínez D, Díaz J: Role of Saharan dust in the relationship between particulate matter and short-term daily mortality among the elderly in Madrid (Spain). *Sci Total Environ* 2010; 408: 5729-5736.
- 20 Karanasiou A, Moreno N, Moreno T, Viana M, de Leeuw F, Querol X: Health effects from Sahara dust episodes in Europe: literature review and research gaps. *Environ Int*. 2012; 47: 107-114.
- 21 Mallone S, Stafoggia M, Faustini A, Gobbi GP, Marconi A, Forastiere F: Saharan dust and associations between particulate matter and daily mortality in Rome, Italy. *Environ Health Perspect* 2011; 119: 1409-1414.
- 22 Zauli Sajani S, Miglio R, Bonasoni P, Cristofanelli P, Marinoni A, Sartini C, Goldoni CA, De Girolamo G, Lauriola P: Saharan dust and daily mortality in Emilia-Romagna (Italy). *Occup Environ Med* 2011; 68: 446-451.
- 23 Schweisfurth H: Umweltschadstoff Ozon. *Dtsch Med Wschr* 1994; 119: 351-355.
- 24 Schweisfurth H: Beeinflussung der Atemwege durch Luftschadstoffe (SO₂, NO_x und O₃). *Allergo J* 1996; 5: 339-345.
- 25 Uysal N, Schapira RM: Effects of ozone on lung function and lung diseases. *Curr Opin Pulm Med* 2003; 9: 144-150.
- 26 Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K, Analitis A, Touloumi G, Schwartz J, Samoli E, Medina S, Anderson H, Niciu E, Wichmann H, Kriz B, Kosnik M, Skorkovsky J, Vonk J, Dörtludak Z: Acute effects of ozone on mortality from the air pollution and health: A European approach project. *Am J Resp Crit Care* 2004; 170: 1080-1087.
- 27 Levy JI, Chemerynski SM, Sarnat JA: Ozone exposure and mortality: an empiric bayes metaregression analysis. *Epidemiology* 2005; 16: 458-468.
- 28 Ren C, Tong S: Health effects of ambient air pollution – recent research development and contemporary methodological challenges. *Environ Health*. 2008 Nov 6;7: 56. doi: 10.1186/1476-069X-7-56.
- 29 Sartor F, Snacken R, Demuth C, Walckiers D: Temperature, ambient ozone levels, and mortality during summer 1994, in Belgium. *Environ Res* 1995; 70: 105-113.
- 30 Telegram: Umwelt und Gesundheit 01/2016. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/360/dokumente/telegramm_01_2016_stickstoffdioxid.pdf.
- 31 D'Amato G, Cecchi L, D'Amato M, Liccardi G: Urban air pollution and climate change as environmental risk factors of respiratory allergy: an update. *J Investig Allergol Clin Immunol* 2010; 20: 95-102.
- 32 Douwes J, Pearce N: Asthma and the westernization 'package'. *Int J Epidemiol* 2002; 31: 1098-1102.
- 33 Pearce N, Ait-Khaled N, Beasley R, Mallol J, Keil U, Mitchell E, Robertson C: ISAAC Phase Three Study Group. Worldwide trends in the prevalence of asthma symptoms: phase III of the International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC). *Thorax* 2007; 62: 758-766.
- 34 von Mutius E: The rising trends in asthma and allergic disease. *Clin Exp Allergy* 1998; 28(Suppl 5): 45-49.
- 35 Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst: www.pollenstiftung.de.
- 36 Taramarcz P, Lambelet C, Clot B, Keimer C, Hauser C: Ragweed (Ambrosia) progression and its health risks: will Switzerland resist this invasion? *Swiss Med Wkly* 2005; 135: 538 – 548.
- 37 Buters J, Alberterst B, Nawrath S, Wimmer M, Traidl-Hoffmann C, Starfinger U, Behrendt H, Schmidt-Weber C, Bergmann KC: Ambrosia artemisiifolia (Traubenkraut) in Deutschland – aktuelles Vorkommen, allergologische Bedeutung und Maßnahmen zur Eingrenzung. *Allergo J Int* 2015; 24: 108-120.
- 38 Holz O, Mücke M, Paasch K, Böhme S, Timm P, Richter K, Magnussen H, Jörres RA: Repeated ozone exposures enhance bronchial allergen responses in subjects with rhinitis or asthma. *Clin Exper Allergy* 2002; 32: 681-689.
- 39 Lake IR, Jones NR, Agnew M, Goodess CM, Giorgi F, Hamaoui-Laguel L, Semenov MA, Solomon F, Storker J, Vautard R, Epstein MM: Climate Change and Future Pollen Allergy in Europe. *Environ Health Perspect* 2017; 125: 385-391.
- 40 World Meteorological Organization, United Nations Environment Programme. Intergovernmental Panel on Climate Change. www.ipcc.ch.
- 41 Dumon H, Palot A, Charpin-Kadouch C, Quéral J, Lehtihet K, Garans M, Charpin D: Mold species identified in flooded dwellings. *Aerobiologia* 2009; 25: 341-344.
- 42 Eis D, Helm D, Lauffmann D, Stark K: Klimawandel und Gesundheit – Ein Sachstandsbericht. Hrsg.: Robert Koch-Institut, Berlin 2010.
- 43 Schweisfurth H: Exogen-allergische Alveolitis durch Schimmelpilze und andere Mikroorganismen. *Atemw-Lungenkrkh* 2005; 31: 25-29.
- 44 Pinkerton KE, Rom WN, Akpınar-Elci M, Balmes JR, Bayram H, Brandli O, Hollingsworth JW, Kinney PL, Margolis HG, Martin WJ, Sasser EN, Smith KR, Takaro TK, on behalf of the American Thoracic Society Environmental Health Policy Committee. An official American Thoracic Society workshop report: Climate change and human health. *Proc Am Thorac Soc* 2012; 9: 3-8.
- 45 Schweisfurth H: Klimawandel und Krankheit, Nora Verlagsgemeinschaft, Berlin 2014.
- 46 Schweisfurth H: Klimawandel und pulmonale Erkrankungen. *Atemw-Lungenkrkh* 2013; 39: 314-322.