

A Science-Policy
Initiative

Air Pollution and Health

Luftverschmutzung
und Gesundheit



Academy of Science
of South Africa



Brazilian Academy
of Sciences



German National Academy
of Sciences Leopoldina



U.S. National Academy
of Medicine



U.S. National Academy
of Sciences

Übersetzung aus dem Englischen: „Air Pollution and Health. A science-policy initiative by the Academy of Science of South Africa, the Brazilian Academy of Sciences, the German National Academy of Sciences Leopoldina, the U.S. National Academy of Medicine and the U.S. National Academy of Sciences“. Kein offizielles Dokument.

Luftverschmutzung stellt eine große, vermeidbare und kontrollierbare Gefahr für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen sowie für eine nachhaltige Entwicklung dar. Schätzungen zufolge trägt Luftverschmutzung jährlich zu mindestens 5 Millionen vorzeitigen Todesfällen weltweit bei. Verschmutzte Luft betrifft jeden. Die negativen Auswirkungen der Luftverschmutzung treffen die schutzbedürftigsten Bevölkerungsgruppen besonders stark: -u.a. Kinder, Frauen und Arme. Gruppen, gegenüber denen Staaten im Rahmen internationaler Menschenrechtsabkommen besondere Verpflichtungen haben.

Schlechte Luftqualität bedroht das Leben und die Gesundheit der Menschen sowie den zukünftigen Wohlstand von Kindern. Darüber hinaus stellt Luftverschmutzung eine Bedrohung der nachhaltigen Entwicklung der Umwelt auf der Erde dar, denn saubere Luft ist ebenso wie sauberes Wasser von grundlegender Bedeutung für das Leben auf der Erde.

Die wissenschaftliche Erkenntnislage ist eindeutig: Luftverschmutzung kann die Gesundheit das ganze Leben hindurch gefährden. Sie führt zu Erkrankungen, Behinderungen und Todesfällen und beeinträchtigt die Lebensqualität aller. Sie schädigt die Lunge, das Herz, das Gehirn, die Haut und andere Organe und erhöht das Risiko für Erkrankungen und Behinderungen, da sie Auswirkungen auf praktisch alle Systeme im menschlichen Körper hat.

Die Kosten der Luftverschmutzung für die Gesellschaft und die Wirtschaft von Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen sind enorm. Diese wirtschaftlichen Verluste sind so erheblich, dass sie eine nachhaltige Entwicklung untergraben können. Ein Wirtschaftswachstum, das Luftverschmutzung hinnimmt und die Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit und die Umwelt ignoriert, ist nicht nachhaltig und unethisch.

Die Verbrennung von fossilen Brennstoffen und Biomasse ist weltweit die bedeutendste Quelle der Luftverschmutzung. Fossile Brennstoffe und Biomasse sind gleichzeitig in erheblichem Umfang für kurzlebige Klimaschadstoffe wie Ruß, Methan und bodennahem Ozon verantwortlich sowie die Hauptquellen von CO₂-Emissionen. Viele der Lösungen zur Bekämpfung der Luftverschmutzung wirken sich auch positiv auf den Klimaschutz aus und können einen wichtigen Beitrag zum Erreichen des 1,5°C-Klimaziels leisten.

Die öffentlichen und privaten Investitionen zur Bewältigung der Luftverschmutzung sind unzureichend und entsprechen nicht der Dimension des Problems. Es gibt viele Möglichkeiten, Synergien zwischen den Bereichen Luftreinhaltung, Klimaschutz und nachhaltiger Entwicklung zu schaffen, die jedoch bislang nicht hinreichend ausgeschöpft wurden.

Luftverschmutzung ist ein vermeidbares Problem. Aber ohne erneutes Handeln wird die Belastung durch Luftverschmutzung auch weiterhin erheblich zur weltweiten Sterblichkeit beitragen. Im Zusammenspiel mit Alterung, Bevölkerungswachstum und Urbanisierung werden jedes Jahr mehr Menschen leiden und sterben.

Luftverschmutzung kann durch eine Kombination von politischen Maßnahmen, Gesetzen, Regulierungen, Normen und deren Durchsetzung sowie der Implementierung neuer Technologien und einer Steigerung des gesellschaftlichen Bewusstseins kosteneffizient bekämpft werden. Luftreinhaltung fördert das Wirtschaftswachstum; gleichzeitig profitieren die Volkswirtschaften durch die Vermeidung von Erkrankungen und die Vermeidung von Produktivitätsverlusten.

Die Nationalen Akademien der Wissenschaften und Medizin von Südafrika, Brasilien, Deutschland und den USA fordern die Regierungen, die Wirtschaft und die Zivilgesellschaft dazu auf, unverzüglich Maßnahmen zur Verringerung der Luftverschmutzung auf der ganzen Welt zu ergreifen – zum Wohle der menschlichen Gesundheit und des menschlichen Wohlbefindens sowie als Bedingung für eine nachhaltige Entwicklung. Luftverschmutzung ist ein übergreifender Aspekt in vielen der UN-Ziele für nachhaltige Entwicklung.

Wir, die fünf genannten Nationalen Akademien der Wissenschaften und Medizin, schlagen die Verabschiedung eines globalen Pakts zur Luftverschmutzung vor, um die Bekämpfung und Reduzierung der Luftverschmutzung zu einer Priorität für alle zu erheben.

Luftverschmutzung beeinträchtigt die Gesundheit aller

Saubere Luft ist für Leben und Gesundheit von zentraler Bedeutung. Luftverschmutzung ist der größte umweltbedingte Auslöser von Erkrankungen und vorzeitigen Todesfällen weltweit. So wird sie mit mindestens 5 Millionen vorzeitigen Todesfällen pro Jahr in Verbindung gebracht. Zwar ist jeder von Luftverschmutzung betroffen, am höchsten ist jedoch die Krankheitsbelastung bei den Mittel- und Machtlosen, bei Minderheiten und Marginalisierten.

Luftverschmutzung beeinträchtigt Menschen vom Anfang bis zum Ende des Lebens und verursacht von der frühesten Kindheit bis ins hohe Alter eine Vielzahl von akuten und chronischen Erkrankungen. Zu den besonders gefährdeten Bevölkerungsgruppen gehören Ugeborene, Kinder, alte Menschen und Menschen mit chronischen Vorerkrankungen. Nahezu alle Organe, Systeme und Prozesse im menschlichen Körper können betroffen sein: die Lunge, das Herz, das Gehirn, das Gefäßsystem, der Stoffwechsel und die Fortpflanzung.

Bei Säuglingen und Kindern ist Luftverschmutzung ein Hauptauslöser von Lungenentzündung, Bronchitis und Asthma. Bei Kindern und Jugendlichen verlangsamt sie die Entwicklung der Lunge. Luftverschmutzung trägt zu Herzerkrankungen wie Herzrhythmusstörungen und Herzinfarkten bei, zu Schlaganfällen, Krebs, Asthma, chronischer obstruktiver Lungenerkrankung, Diabetes, Allergien, Hautausschlägen und Hautalterung. Es gibt zunehmende Hinweise darauf, dass Luftverschmutzung bei Erwachsenen zu Demenz beiträgt und bei Kindern die Entwicklung des Gehirns beeinträchtigt.

Frauen in Ländern mit niedrigem Einkommen sind überproportional betroffen, da sie durch die Verwendung fester Brennstoffe (Kohle und Biomasse) beim Kochen verschmutzter Luft ausgesetzt sind. Zudem tragen sie die größte Last durch verschmutzungsbedingte Krankheiten. Darüber hinaus tragen Frauen auch die Hauptlast bei der Pflege anderer Haushaltsmitglieder,

die unter Krankheiten leiden, die im Zusammenhang mit Luftverschmutzung stehen.

Die mit der Luftverschmutzung einhergehenden Risiken unterscheiden sich von Gesellschaft zu Gesellschaft, wobei die Gefährdung auch auf individueller Ebene variiert. Zu den Faktoren, welche die individuelle Gefährdung beeinflussen, gehören Alter, Geschlecht, Bildung, sozioökonomischer Status, Lage und Wohnort, die für Kochen und Heizen verwendeten Brennstoffe sowie der Beruf. Zu den biologischen Faktoren, welche die individuelle Gefährdung erhöhen, zählen eine entsprechende genetische Prädisposition sowie bereits bestehende Erkrankungen wie Asthma, Herzerkrankungen und Diabetes.

Durch Luftverschmutzung bedingte Erkrankungen verursachen Produktivitätsverluste, die zu einer Verringerung des Bruttoinlandsprodukts sowie zu Fehlzeiten bei der Arbeit und in der Schule führen können und bestehende soziale Ungleichheiten fortschreiben. Zudem verursachen diese Erkrankungen Kosten im Gesundheitswesen, die in Schwellenländern bis zu 7% des nationalen Gesundheitsbudgets ausmachen können.

Die globale wirtschaftliche Belastung durch von Luftverschmutzung (sowohl der Außen- als auch der Innenluft) ausgelöste Erkrankungen belief sich im Jahr 2015 Schätzungen zufolge auf 3,8 Billionen US-Dollar bei insgesamt 176 Ländern. Die Vorteile für Gesundheit und Wirtschaft, die mit Maßnahmen zur Bekämpfung der Luftverschmutzung erzielt werden können, übertreffen in der Regel bei weitem die für diese Maßnahmen erforderlichen Kosten.

Es besteht eine moralische Verpflichtung, gemeinsam dafür zu sorgen, dass jeder Mensch vor den Gesundheitsrisiken der Luftverschmutzung geschützt wird, Risiken, die von der Bevölkerung als unbezahlte negative Folge der Handlungen von Umweltverschmutzern getragen werden.

Die Verbrennung von fossilen Brennstoffen und Biomasse ist die Hauptquelle der Luftverschmutzung

Die Luftschadstoffe, die für die menschliche Gesundheit am bedenklichsten sind, sind luftgetragene Partikel. Die bei einer Verbrennung entstehenden ungefilterten Emissionen enthalten erhebliche Konzentrationen von ultrafeinen, feinen und großen Partikeln (Feinstaub), Ruß sowie schädliche Gase.

Bei Luftverschmutzung kommt eine komplexe Mis-

chung verschiedener Komponenten zum Tragen. Als robuster Indikator für regulatorische Zwecke dient die Menge an Feinstaub (Massenkonzentration $PM_{2,5}$) zusammen mit Ozon; Ruß wiederum ist ein Indikator für Emissionen aus Verbrennung.

Die Hauptquellen von durch Verbrennung verursachter Luftverschmutzung sind **A** stationäre Verbrennungsanlagen, **B** private Haushalte, **C** kontrollierte Verbrennung von Biomasse und von Müll sowie **D** bewegliche Quellen. Die jeweilige Bedeutung der einzelnen Quellen variiert dabei von Land zu Land.

A Zu den stationären Quellen gehören Kraftwerke, Produktionsanlagen und Bergbau mit jeweils begrenzter Emissionskontrolle. Die stärksten Luftverschmutzer sind in der Regel Anlagen, in denen Kohle oder andere minderwertige Brennstoffe verbrannt werden oder solche, die aufgrund mangelnder Zuverlässigkeit des Stromnetzes mit dieselbetriebenen Generatoren arbeiten.

B Auch Haushalte tragen wesentlich zur Luftverschmutzung bei, insbesondere in Ländern mit niedrigem Einkommen, wo zum Heizen und Kochen Biomasse als Brennstoff verwendet wird. Gleichzeitig sind Haushalte der Ort, an dem die Menschen der Luftverschmutzung am stärksten ausgesetzt sind.

C Die kontrollierte Verbrennung von Biomasse im Zusammenhang mit der Verbrennung von landwirtschaftlichen Abfällen und der Urbarmachung landwirtschaftlicher Flächen und Entwaldung stellt in Entwicklungsländern eine wesentliche Quelle der Luftverschmutzung dar. Weitere unkontrollierte Verbrennung von Biomasse findet bei der Müllverbrennung statt.

D Zu den beweglichen Quellen von Luftverschmutzung gehören erdölbetriebene Autos, LKW und Busse sowohl im privaten als auch im öffentlichen Bereich. Sie sind im Wesentlichen für die Luftverschmutzung in Städten verantwortlich. Alte und schlecht gewartete Fahrzeuge, die minderwertige Treibstoffe verbrennen, sind dabei besonders schädlich. Emissionen von Schiffen und Flugzeugen sind die wesentlichsten beweglichen Quellen von Luftverschmutzung in der Nähe von Häfen und Flughäfen.

Es gibt zahlreiche Synergien zwischen Luftreinhaltung und Klimaschutz. Da bei beiden Vorhaben die gleichen Quellen und zum großen Teil auch die gleichen Lösungen im Mittelpunkt stehen. Die meisten Luftschadstoffe wirken sich negativ auf das Klima aus. Luftverschmutzung und Klimawandel verstärken sich gegenseitig: z.B. tragen Treibhausgase wie Methan zur Bildung von bodennahem Ozon bei, die Menge von bodennahem Ozon wiederum nimmt mit steigenden Temperaturen zu, welche wiederum die Häufigkeit von Waldbränden erhöhen, die ihrerseits die Luftverschmutzung weiter verstärken.

Ruß, der bei Verbrennungsprozessen entsteht wirkt sich nicht nur auf die Gesundheit aus, sondern regional auch auf die Temperaturen, die Niederschlagsmenge und die Vorkommnisse extremer Wetterereignisse. So sind die Arktis und Gletscherregionen etwa im Himalaya aufgrund von abgelagertem Ruß, der die Oberfläche erwärmt, besonders vom Abschmelzen bedroht. Veränderte Niederschlagsverhältnisse, die aus den Interaktionen zwischen Ruß, Aerosolen und Wolken resultieren, können weitreichende Folgen sowohl für die Ökosysteme als auch für die menschlichen Lebensgrundlagen haben. So werden zum Beispiel Monsunzyklen gestört

und dadurch Dürren verstärkt mit Auswirkungen, die für die Landwirtschaft in großen Teilen Asiens und Afrikas katastrophal sind.

Handlungsaufruf

Die fünf Nationalen Akademien der Wissenschaften und Medizin von Südafrika, Brasilien, Deutschland und den USA fordern die Regierungen, die Wirtschaft und die Zivilgesellschaft mit diesem Handlungsaufruf dazu auf, in allen Ländern die Luftverschmutzung zu reduzieren. Dieser Aufruf stützt sich auf eindeutige wissenschaftliche Evidenz zu den Auswirkungen von Luftverschmutzung auf die Gesundheit.

Viele bestehende Verträge, Resolutionen, Übereinkommen und Initiativen befassen sich bereits mit einzelnen Aspekten der Luftverschmutzung. Dazu gehören das Montreal-Protokoll, das Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung der UN-Wirtschaftskommission für Europa, das Rahmenübereinkommen der WHO zur Eindämmung des Tabakkonsums und die Resolution der Weltgesundheitsversammlung zu den Auswirkungen von Luftverschmutzung auf die Gesundheit.

Vor diesem Hintergrund schlagen die Akademien die Verabschiedung eines globalen Pakts zur Luftverschmutzung vor. Damit wäre ein nachhaltiges Engagement auf höchster Ebene gewährleistet, und die Bekämpfung und Reduzierung von Luftverschmutzung würde zu einer Priorität für alle. Zudem würden dadurch politische Entscheidungsträger und andere zentrale Akteure, auch die Privatwirtschaft, dazu angehalten, die Bekämpfung und Reduzierung von Luftverschmutzung in die nationale und lokale Planung, in Entwicklungsprozesse sowie in Unternehmens- und Finanzstrategien aufzunehmen. Damit dieser Prozess erfolgreich sein kann, werden sowohl politische Führung als auch Partnerschaften gebraucht, beispielsweise eine Zusammenarbeit im Rahmen bereits bestehender multinationaler Strukturen.

Den Akademien ist bewusst, dass es keine perfekte Lösung gibt, die in allen Situationen und in allen Ländern passt. Gleichwohl besteht in den folgenden Bereichen dringender Handlungsbedarf:

Es gibt bereits viele politische und technische Lösungen zur Reduzierung von schädlichen Verbrennungsprodukten. Bei stationären Quellen sind das unter anderem die Implementierung von Emissionskontrollen für Industrieanlagen und Kraftwerke sowie die Umstellung auf saubere Brennstoffe. Bei Haushalten gehört dazu zum Beispiel die Bereitstellung des Zugangs zu sauberen Brennstoffen dazu. Im Bereich Verbrennung von Biomasse sind das unter anderem die Durchsetzung von Regeln zum Unterbinden der Abfallverbrennung sowie neue landwirtschaftliche Techniken, mit denen die Verbrennung der Ernte reduziert wird. Bei den beweglichen Quellen besteht eine Lösung unter anderem darin, nachhaltige Infrastrukturen bei öffentlichen Verkehrsmitteln und der Stadtplanung zu fördern und in diese zu investieren.

Es muss einen Austausch zwischen den Akteuren über effektive politische Maßnahmen und Technologien geben. Soweit möglich sind diese Strategien unverzüglich in allen Ländern der Welt unabhängig von dem jeweiligen wirtschaftlichen Entwicklungsstand umzusetzen. Bei einigen Lösungen herrscht dabei großer Konsens. Wo dieser fehlt oder die Wahl der politischen Maßnahmen erheblich vom

jeweiligen Kontext abhängt (angesichts der Heterogenität bei den Rechtssystemen, bei geographischer Lage, wirtschaftlicher Entwicklungsstufe und bei den Verschmutzungsquellen), sind die Maßnahmen entsprechend anzupassen, wobei es allgemeine Maßnahmen gibt, die in vielen Teilen der Welt benötigt werden.

Erfolgsgeschichten bei der Bekämpfung von Luftverschmutzung in den Städten und Ländern sollten gesammelt werden, Erkenntnisse aus diesen Geschichten abgeleitet und mit jenen Ländern geteilt werden, die erst jetzt damit anfangen, sich mit diesem Thema auseinanderzusetzen.

Die Belastung der Bevölkerung steht in direktem Zusammenhang mit der Bevölkerungsdichte, der Schadstoffkonzentration und der Dauer der Belastung. Bei der Optimierung der Kosten und Nutzen der Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität sollte der Schwerpunkt auf den Verschmutzungsquellen liegen, bei denen die Belastung der Bevölkerung kostengünstig reduziert werden kann, sowie auf der Verringerung der Belastung für die ärmsten Mitglieder der Gesellschaft, wobei eingeräumt wird, dass diese beiden Punkte ab und zu auch kollidieren können.

Dringend notwendig in allen Ländern ist die hinreichende Überwachung der zentralen Verschmutzungsmesswerte, insbesondere der PM_{2,5}-Konzentrationen und der Belastung der Bevölkerung. Weiterhin bedarf es regelmäßiger statistischer Analysen, die zur Ermittlung des Erfolgs von politischen Maßnahmen herangezogen werden können.

Die positiven Nebeneffekte der jeweiligen politischen Instrumente in anderen Bereichen müssen ermittelt werden. Dabei sollten Maßnahmen, die Synergien zwischen verschiedenen Entwicklungszielen maximieren – zum Beispiel Klimaschutz und Ernährungssicherheit – Vorrang haben. Verbesserungen bei der Energieeffizienz reduzieren sowohl CO₂ als auch schädliche Verbrennungsprodukte; Gleiches gilt für viele andere Strategien zur Bekämpfung des Klimawandels wie erneuerbare Energien und der Elektrifizierung des Verkehrs.

Es müssen Strategien für die Umsetzung der Lösungen erarbeitet werden. Zu diesen Strategien können der Aufbau institutioneller Kapazitäten, die Verbesserung der Governance und die Förderung von Mechanismen zur behörden- und institutionenübergreifenden Kooperation gehören sowie die Umsetzung der Strategien.

Die Gestaltung und Zielsetzung der jeweiligen politischen Maßnahmen kann durch die Instrumente der Risikobewertung und der Kosten-Nutzen-Analyse unterstützt werden. Die Maßnahmen zur Bekämpfung der Luftverschmutzung sollten so angelegt sein, dass sie kostengünstig für eine Verringerung der Belastung der Bevölkerung sorgen. Idealerweise sollten sie gleichzeitig auch positive Effekte in anderen Bereichen wie dem Klima oder anderen Sektoren wie der Landwirtschaft hervorrufen. Für Verursacher sollten Anreize geschaffen werden, Luftverschmutzung und damit die Belastung am kostengünstigsten zu reduzieren.

Diese Maßnahmen erfordern die Mobilisierung finanzieller Ressourcen sowie erhebliche Investitionen zur Reduzierung der Luftverschmutzung. Zudem werden weitere finanzielle Mittel für die Forschung, die Überwachung der Verschmutzung, die Infrastruktur, die Verwaltung und Kontrolle sowie für die Interaktion mit allen Beteiligten benötigt.

Schließlich brauchen wir den aktiven Einsatz für Maßnahmen, bei denen Bürgerinnen und Bürger informiert und inspiriert werden, ihren persönlichen Luftverschmutzungs-Fußabdruck zu verringern, und sich für mutige Verpflichtungen des öffentlichen und privaten Sektors stark machen.

Mitwirkende

Arbeitsgruppe

Maria de Fatima Andrade, Professor of Meteorology and Atmospheric Sciences, University of São Paulo, São Paulo, Brazil

Paulo Artaxo, Professor of Environmental Physics, University of São Paulo, São Paulo, Brazil

Simone Georges El Khouri Miraglia, Associate Professor and Leader of the Laboratory of Economics, Health and Environmental Pollution (LESPA), Federal University of São Paulo, São Paulo, Brazil

Nelson Gouveia, Associate Professor of Epidemiology, University of São Paulo, São Paulo, Brazil

Alan J. Krupnick, Senior Fellow, Resources for the Future, Washington, DC, U.S.A.

Jean Krutmann, Scientific Director, IUF – Leibniz Research Institute for Environmental Medicine, Düsseldorf, Germany

Philip J. Landrigan, Professor of Biology and Director, Program in Global Public Health and the Common Good, Boston College, Boston, U.S.A.

Kristy Langerman, Senior Lecturer, University of Johannesburg, Johannesburg, South Africa

Tafadzwa Makonese, Senior Researcher and Lab Manager, University of Johannesburg, Johannesburg, South Africa

Angela Mathee, Director MRC Environment & Health Research Unit, South African Medical Research Council (SAMRC), Johannesburg, South Africa

Stuart Piketh, Professor of Environmental Science, North-West University, Potchefstroom, South Africa

Beate Ritz, Professor of Epidemiology and Environmental Health Sciences, University of California, Los Angeles, USA

Paulo H. N. Saldiva, Director, Institute of Advanced Studies, University of São Paulo, São Paulo, Brazil

Jonathan Samet, Dean, Colorado School of Public Health, Aurora, USA

Tamara Schikowski, Head of Research Group “Environmental epidemiology of lung, brain and skin aging”, IUF – Leibniz Research Institute for Environmental Medicine, Düsseldorf, Germany

Alexandra Schneider, Head of Research Group “Environmental Risks”, Institute of Epidemiology, Helmholtz Zentrum München – German Research Center for Environmental Health, Neuherberg, Germany

Kirk R. Smith, Professor of Global Environmental Health, University of California, Berkeley, U.S.A. and Director, Collaborative Clean Air Policy Centre, Delhi, India

Claudia Traidl-Hoffmann, Chair and Institute of Environmental Medicine, UNIKA-T, Technical University of Munich and Helmholtz Zentrum München – German Research Center for Environmental Health, Augsburg, Germany

Alfred Wiedensohler, Head of Department for Experimental Aerosol and Cloud Microphysics, Leibniz Institute for Tropospheric Research, Leipzig, Germany

Caradee Wright, Specialist Scientist, South African Medical Research Council (SAMRC), Parktown, South Africa

Eingeladene externe Experten

David Richard Boyd, United Nations Special Rapporteur on Human Rights and the Environment, Office of the

United Nations High Commissioner for Human Rights (OHCHR), Geneva, Switzerland

Valentin Foltescu, Senior Science and Programme Officer, Climate and Clean Air Coalition Secretariat, United Nations Environment, New Delhi, India

Richard Fuller, Lancet Commission on Pollution and Health Co-Chair, Pure Earth and Global Alliance on Health and Pollution, New York, U.S.A.

Dorota Jarosińska, Programme Manager, World Health Organization, European Centre for Environment and Health, Bonn, Germany

Jacqueline Myriam McGlade, Former Chief Scientist, United Nations Environment, Nairobi, Kenya

Drew Shindell, Duke University Durham, NC, U.S.A. and Chair of the Scientific Advisory Panel, Climate and Clean Air Coalition, Paris, France

Sekretariat

Marcos Cortesao Barnsley Scheuenstuhl, Executive Director of International Affairs, Brazilian Academy of Sciences (ABC), Rio de Janeiro, Brazil

John P. Boright, Director of International Affairs, U.S. National Academy of Sciences (NAS), Washington, DC, U.S.A.

Siyavuya Bulani, Senior Liaison Officer, Academy of Science of South Africa (ASSAf), Pretoria, South Africa

Margaret Hamburg, Foreign Secretary, U.S. National Academy of Medicine (NAM), Washington, DC, U.S.A.

Kathrin Happe, Deputy Head of Department of Science – Policy – Society, German National Academy of Sciences Leopoldina, Halle (Saale), Germany

Jan Nissen, Senior Officer, Department of International Relations, German National Academy of Sciences Leopoldina, Halle (Saale), Germany

Isabel Scheer, Assistant, Department of International Relations, German National Academy of Sciences Leopoldina, Halle (Saale), Germany

Weiterführende Literatur

Integrierte Bewertungen

European Environment Agency. Air Quality in Europe – 2018. EEA Report. doi:10.2800/77741

International Energy Agency. Energy and Air Pollution. World Energy Outlook Special Report. Paris: 2016. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf> (accessed 21 Nov 2018).

Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJR, et al. The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet* 2018;391:462–512. doi:10.1016/S0140-6736(17)32345-0

United Nations Environment Programme. Healthy Environment, Healthy People. Thematic Report, Ministerial Policy Review Session. 2016 UNEA 2 Inf. Doc 5. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17602/K1602727%20INF%205%20Eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed 10 May 2019).

World Health Organization. Burden of disease from the

joint effects of household and ambient air pollution for 2016. Geneva: 2018. https://www.who.int/airpollution/data/AP_joint_effect_BoD_results_May2018.pdf (accessed 9 Nov 2018).

Auswirkungen auf die Gesundheit

Atkinson RW, Kang S, Anderson HR, et al. Epidemiological time series studies of PM_{2.5} and daily mortality and hospital admissions: a systematic review and meta-analysis. *Thorax* 2014;69:660–5. doi:10.1136/thoraxjnl-2013-204492

Balakrishnan K, Dey S, Gupta T, et al. The impact of air pollution on deaths, disease burden, and life expectancy across the states of India: the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet Planetary Health* 2019;3:e26–39. doi:10.1016/S2542-5196(18)30261-4

Bowe B, Xie Y, Li T, et al. The 2016 global and national burden of diabetes mellitus attributable to PM_{2.5} air pollution. *The Lancet Planetary Health* 2018;2:e301–12. doi:10.1016/S2542-5196(18)30140-2

Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2010;121:2331–78. doi:10.1161/CIR.0b013e3181d8bec1

Burke KE. Mechanisms of aging and development — A new understanding of environmental damage to the skin and prevention with topical antioxidants. *Mechanisms of Ageing and Development* 2018;172:123–30. doi:10.1016/j.mad.2017.12.003

Calderón-Garcidueñas L, Calderón-Garcidueñas A, Torres-Jardón R, et al. Air pollution and your brain: what do you need to know right now. *Primary Health Care Research & Development* 2015;16:329–45. doi:10.1017/S146342361400036X

Chen H, Kwong JC, Copes R, et al. Exposure to ambient air pollution and the incidence of dementia: A population-based cohort study. *Environment International* 2017;108:271–7. doi:10.1016/j.envint.2017.08.020

Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet* 2017;389:1907–18. doi:10.1016/S0140-6736(17)30505-6

Contreras ZA, Heck JE, Lee P-C, et al. Prenatal air pollution exposure, smoking, and uterine vascular resistance. *Environ Epidemiol* 2018;2. doi:10.1097/EE9.0000000000000017

Dadvand P, Figueras F, Basagaña X, et al. Ambient Air Pollution and Preeclampsia: A Spatiotemporal Analysis. *Environ Health Perspect* 2013;121:1365–71. doi:10.1289/ehp.1206430

Dimakakou E, Johnston H, Streftaris G, et al. Exposure to Environmental and Occupational Particulate Air Pollution as a Potential Contributor to Neurodegeneration and Diabetes: A Systematic Review of Epidemiological Research. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2018;15:1704. doi:10.3390/ijerph15081704

Ding A, Yang Y, Zhao Z, et al. Indoor PM_{2.5} exposure affects skin aging manifestation in a Chinese population. *Sci Rep* 2017;7:15329. doi:10.1038/s598-017-15295-8

Di Q, Wang Y, Zanobetti A, et al. Air Pollution and Mortality in the Medicare Population. *New England Journal of Medicine* 2017;376:2513–22. doi:10.1056/NEJMoa1702747

Eze IC, Hemkens LG, Bucher HC, et al. Association between Ambient Air Pollution and Diabetes Mellitus in Europe and North America: Systematic Review and Meta-Analysis. *Environ Health Perspect* 2015;123:381–9. doi:10.1289/ehp.1307823

Gauderman WJ, Urman R, Avol E, et al. Association of Improved Air Quality with Lung Development in Children. *New England Journal of Medicine* 2015;372:905–913. doi:10.1056/NEJMoa1414123

Guxens M, Garcia-Esteban R, Giorgis-Allemand L, et al. Air Pollution During Pregnancy and Childhood Cognitive and Psychomotor Development. *Epidemiology* 2014;25:636–47. doi:10.1097/EDE.0000000000000133

Health Effects Institute. State of Global Air 2019. Boston, MA. <https://www.stateofglobalair.org/> (accessed 18 Apr 2019).

Hoek G, Krishnan RM, Beelen R, et al. Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review. *Environmental Health* 2013;12:43. doi:10.1186/1476-069X-12-43

International Agency for Research on Cancer, IARC. Outdoor air pollution. 2016. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK368024/> (accessed 5 Oct 2018).

Kaufman JD, Adar SD, Barr RG, et al. Association between air pollution and coronary artery calcification within six metropolitan areas in the U.S.A. (the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis and Air Pollution): a longitudinal cohort study. *The Lancet* 2016;388:696–704. doi:10.1016/S0140-6736(16)00378-0

Kirrane EF, Bowman C, Davis JA, et al. Associations of ozone and PM_{2.5} concentrations with Parkinson's disease among participants in the Agricultural Health Study. *J Occup Environ Med* 2015;57:509–17. doi:10.1097/JOM.0000000000000451

Krutmann J, Bouloc A, Sore G, et al. The skin aging exposure. *Journal of Dermatological Science* 2017;85:152–61. doi:10.1016/j.jdermsci.2016.09.015

Landrigan PJ. Air pollution and health. *The Lancet Public Health* 2017;2:e4–5. doi:10.1016/S2468-2667(16)30023-8

Lee P-C, Liu L-L, Sun Y, et al. Traffic-related air pollution increased the risk of Parkinson's disease in Taiwan: A nationwide study. *Environment International* 2016;96:75–81. doi:10.1016/j.envint.2016.08.017

Leiser CL, Hanson HA, Sawyer K, et al. Acute effects of air pollutants on spontaneous pregnancy loss: a case-crossover study. *Fertility and Sterility* 2019;111(2):341–347. doi:10.1016/j.fertnstert.2018.10.028

Lelieveld J, Evans JS, Fnais M, et al. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature* 2015;525:367–71. doi:10.1038/nature15371

Li T, Zhang Y, Wang J, et al. All-cause mortality risk associated with long-term exposure to ambient PM_{2.5} in China: a cohort study. *The Lancet Public Health* 2018;3:e470–7. doi:10.1016/S2468-2667(18)30144-0

Malley CS, Kuylenstierna JCI, Vallack HW, et al. Preterm birth associated with maternal fine particulate matter exposure: A global, regional and national assessment. *Environment International* 2017;101:173–82. doi:10.1016/j.envint.2017.01.023

McConnell R, Berhane K, Gilliland F, et al. Prospective study of air pollution and bronchitic symptoms in children with asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;168:790–7. doi:10.1164/rccm.200304-466OC

Newby DE, Mannucci PM, Tell GS, et al. Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease. *Eur Heart*

J 2015;36:83–93. doi:10.1093/eurheartj/ehu458

Ngoc L, Park D, Lee Y, et al. Systematic Review and Meta-Analysis of Human Skin Diseases Due to Particulate Matter. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2017;14:1458. doi:10.3390/ijerph14121458

Paul KC, Haan M, Mayeda ER, et al. Ambient Air Pollution, Noise, and Late-Life Cognitive Decline and Dementia Risk. *Annual Review of Public Health* 2019;40:203–20. doi:10.1146/annurev-publhealth-040218-044058

Pedersen M, Giorgis-Allemand L, Bernard C, et al. Ambient air pollution and low birthweight: a European cohort study (ESCAPE). *The Lancet Respiratory Medicine* 2013;1:695–704. doi:10.1016/S2213-2600(13)70192-9

Pedersen M, Stayner L, Slama R, et al. Ambient air pollution and pregnancy-induced hypertensive disorders: a systematic review and meta-analysis. *Hypertension* 2014;64:494–500. doi:10.1161/HYPERTENSIONA-HA.114.03545

Pope III CA, Dockery DW. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. *Journal of the Air & Waste Management Association* 2006;56:709–42. doi:10.1080/10473289.2006.10464485

Power MC, Adar SD, Yanosky JD, et al. Exposure to air pollution as a potential contributor to cognitive function, cognitive decline, brain imaging, and dementia: A systematic review of epidemiologic research. *NeuroToxicology* 2016;56:235–53. doi:10.1016/j.neuro.2016.06.004

Puri P, Nandar SK, Kathuria S, et al. Effects of air pollution on the skin: A review. *Indian Journal of Dermatology, Venereology, and Leprology* 2017;83:415. doi:10.4103/0378-6323.199579

Lee KK, Miller MR, Shah ASV. Air Pollution and Stroke. *Journal of Stroke* 2018;20:2–11. doi:10.5853/jos.2017.02894

Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Beelen R, et al. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *The Lancet Oncology* 2013;14:813–22. doi:10.1016/S1470-2045(13)70279-1

Resolution WHA68.8: Health and the environment: addressing the health impact of air pollution. *World Health Organization* 2015. http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/wha68/a68_r8-en.pdf (accessed 8 Nov 2018).

Ritz B, Lee P-C, Hansen J, et al. Traffic-Related Air Pollution and Parkinson's Disease in Denmark: A Case-Control Study. *Environ Health Perspect* 2016;124:351–6. doi:10.1289/ehp.1409313

Ritz B, Liew Z, Yan Q, et al. Air pollution and autism in Denmark. *Environmental Epidemiology* 2018;2:e028. doi:10.1097/EE9.0000000000000028

Rückerl R, Schneider A, Breitner S, et al. Health effects of particulate air pollution: A review of epidemiological evidence. *Inhalation Toxicology* 2011;23:555–92. doi:10.3109/08958378.2011.593587

Samoli E, Stergiopoulou A, Santana P, et al. Spatial variability in air pollution exposure in relation to socioeconomic indicators in nine European metropolitan areas: A study on environmental inequality. *Environmental Pollution* 2019;249:345–53. doi:10.1016/j.envpol.2019.03.050

Shah ASV, Lee KK, McAllister DA, et al. Short term exposure to air pollution and stroke: systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2015;350:h1295. doi:10.1136/bmj.h1295

Shindell D, Faluvegi G, Seltzer K, et al. Quantified, localized health benefits of accelerated carbon dioxide emissions reductions. *Nature Climate Change* 2018;8:291–5. doi:10.1038/s41558-018-0108-y

Shiraiwa M, Ueda K, Pozzer A, et al. Aerosol Health

Effects from Molecular to Global Scales. *Environ Sci Technol* 2017;51:13545–67. doi:10.1021/acs.est.7b04417

Stanek LW, Brown JS, Stanek J, et al. Air Pollution Toxicology—A Brief Review of the Role of the Science in Shaping the Current Understanding of Air Pollution Health Risks. *Toxicol Sci* 2011;120:S8–27. doi:10.1093/toxsci/kfq367

Stieb DM, Chen L, Eshoul M, et al. Ambient air pollution, birth weight and preterm birth: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Research* 2012;117:100–11. doi:10.1016/j.envres.2012.05.007

Suades-González E, Gascon M, Guxens M, et al. Air Pollution and Neuropsychological Development: A Review of the Latest Evidence. *Endocrinology* 2015;156:3473–82. doi:10.1210/en.2015-1403

Taylor C, Golding J, Emond A. Adverse effects of maternal lead levels on birth outcomes in the ALSPAC study: a prospective birth cohort study. *BJOG* 2015;122:322–8. doi:10.1111/1471-0528.12756

Thurston GD, Kipen H, Annesi-Maesano I, et al. A joint ERS/ATS policy statement: what constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework. *Eur Respir J* 2017;49. doi:10.1183/13993003.00419-2016

Vrijheid M, Casas M, Gascon M, et al. Environmental pollutants and child health — A review of recent concerns. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 2016;219:331–42. doi:10.1016/j.ijheh.2016.05.001

Wang B, Xu D, Jing Z, et al. Mechanisms in endocrinology: Effect of long-term exposure to air pollution on type 2 diabetes mellitus risk: a systemic review and meta-analysis of cohort studies. *European Journal of Endocrinology* 2014;171:R173–82. doi:10.1530/EJE-14-0365

World Health Organization. Fact sheet on household air pollution and health. 2018. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health> (accessed 18 Feb 2019).

World Health Organization. Fact sheet on ambient (outdoor) air quality and health. 2018. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (accessed 18 Feb 2019).

Wu J, Ren C, Delfino RJ, et al. Association between Local Traffic-Generated Air Pollution and Preeclampsia and Preterm Delivery in the South Coast Air Basin of California. *Environ Health Perspect* 2009;117:1773–9. doi:10.1289/ehp.0800334

Wu J, Laurent O, Li L, et al. Adverse Reproductive Health Outcomes and Exposure to Gaseous and Particulate-Matter Air Pollution in Pregnant Women. *Research on Reproductive Health Effects Inst* 2016:1–58.

Emissionen von Luftschadstoffen

Apte JS, Messier KP, Gani S, et al. High-Resolution Air Pollution Mapping with Google Street View Cars: Exploiting Big Data. *Environ Sci Technol* 2017;51:6999–7008. doi:10.1021/acs.est.7b00891

Beekmann M, Prévôt ASH, Drewnick J, et al. In situ, satellite measurement and model evidence on the dominant regional contribution to fine particulate matter levels in the Paris megacity. *Atmospheric Chemistry and Physics* 2015;15:9577–9591. doi:10.5194/acp-15-9577-2015

Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M, et al. Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *The Lancet* 2014;383:785–795. doi:10.1016/S0140-6736(13)62158-3

- Belis CA, Karagulian F, Larsen BR, Hopke PK. Critical review and meta-analysis of ambient particulate matter source apportionment using receptor models in Europe. *Atmospheric Environment* 2013;69:94–108. doi:10.1016/j.atmosenv.2012.11.009
- Bond TC, Bhardwaj E, Dong R, et al. Historical emissions of black and organic carbon aerosol from energy-related combustion, 1850–2000. *Global Biogeochemical Cycles* 2007;21. doi:10.1029/2006GB002840
- Braspenning Radu O, van den Berg M, Klimont Z, et al. Exploring synergies between climate and air quality policies using long-term global and regional emission scenarios. *Atmospheric Environment* 2016;140:577–91. doi:10.1016/j.atmosenv.2016.05.021
- Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2010;121:2331–2378. doi:10.1161/CIR.0b013e3181d8bece1
- Brown JS. Nitrogen dioxide exposure and airway responsiveness in individuals with asthma. *Inhalation Toxicology* 2015;27:1–14. doi:10.3109/08958378.2014.979960
- Burnett R, Chen H, Szyszkowicz M, et al. Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. *PNAS* 2018;115:9592–9597. doi:10.1073/pnas.1803222115
- Butt EW, Rap A, Schmidt A, et al. The impact of residential combustion emissions on atmospheric aerosol, human health, and climate. *Atmospheric Chemistry and Physics* 2016;16:873–905. doi:10.5194/acp-16-873-2016
- Cesaroni G, Forastiere F, Stafoggia M, et al. Long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project. *BMJ* 2014;348:f7412. doi:10.1136/bmj.f7412
- Clifford A, Lang L, Chen R, et al. Exposure to air pollution and cognitive functioning across the life course — A systematic literature review. *Environmental Research* 2016;147:383–398. doi:10.1016/j.envres.2016.01.018
- Chen H, Huang Y, Shen H, et al. Modeling temporal variations in global residential energy consumption and pollutant emissions. *Applied Energy* 2016;184:820–9. doi:10.1016/j.apenergy.2015.10.185
- Dave P, Bhushan M, Venkataraman C. Aerosols cause intraseasonal short-term suppression of Indian monsoon rainfall. *Scientific Reports* 2017;7:17347. doi:10.1038/s41598-017-17599-1
- Dawn Alas H, Müller T, Birmili W. Spatial Characterization of Black Carbon Mass Concentration in the Atmosphere of a Southeast Asian Megacity: An Air Quality Case Study for Metro Manila, Philippines. *Aerosol and Air Quality Research* 2018;18:2301–2317. doi:10.4209/aaqr.2017.08.0281
- Franklin BA, Brook R, Pope CA 3rd. Air pollution and cardiovascular disease. *Current Problems in Cardiology* 2015;40:207–38. doi:10.1016/j.cpcardiol.2015.01.003
- Gallardo L, Escribano J, Dawidowski L, et al. Evaluation of vehicle emission inventories for carbon monoxide and nitrogen oxides for Bogotá, Buenos Aires, Santiago, and São Paulo. *Atmospheric Environment* 2012;47:12–9. doi:10.1016/j.atmosenv.2011.11.051
- Gidden MJ, Riahi K, Smith SJ, et al. Global emissions pathways under different socioeconomic scenarios for use in CMIP6: a dataset of harmonized emissions trajectories through the end of the century. *Geoscientific Model Development* 2019;12:1443–75. doi:10.5194/gmd-12-1443-2019
- Hassler B, McDonald BC, Frost GJ, et al. Analysis of long-term observations of NOX and CO in megacities and application to constraining emissions inventories. *Geophysical Research Letters* 2016;43:9920–30. doi:10.1002/2016GL069894
- Huang Y, Shen H, Chen Y, et al. Global organic carbon emissions from primary sources from 1960 to 2009. *Atmospheric Environment* 2015;122:505–512. doi:10.1016/j.atmosenv.2015.10.017
- Ibarra-Espinosa S, Ynoue R, O’Sullivan S et al. VEIN v0.2.2: an R package for bottom-up vehicular emissions inventories. *Geoscientific Model Development* 2018;11:2209–2229. doi:10.5194/gmd-11-2209-2018
- Janssens-Maehout G, Crippa M, Guizardi D, et al. HTAP_v2.2: a mosaic of regional and global emission grid maps for 2008 and 2010 to study hemispheric transport of air pollution. *Atmospheric Chemistry and Physics* 2015;15:11411–11432. doi:10.5194/acp-15-11411-2015
- Jimenez JL, Canagaratna MR, Donahue NM, et al. Evolution of organic aerosols in the atmosphere. *Science* 2009;326:1525–1529. doi:10.1126/science.1180353
- Klimont Z, Kupainen K, Heyes C, et al. Global anthropogenic emissions of particulate matter including black carbon. *Atmospheric Chemistry and Physics* 2017;17:8681–8723. doi:10.5194/acp-17-8681-2017.
- Lamarque JF, Bond TC, Eyring V, et al. Historical (1850–2000) gridded anthropogenic and biomass burning emissions of reactive gases and aerosols: Methodology and application. *Atmospheric Chemistry and Physics* 2010;10:7017–7039. doi:10.5194/acp-10-7017-2010
- Liu J, Mauzerall DL, Chen Q, et al. Air pollutant emissions from Chinese households: A major and underappreciated ambient pollution source. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2016;113:7756–7761. doi:10.1073/pnas.1604537113
- Madrazo J, Clappier A, Belalcazar LC, et al. Screening differences between a local inventory and the Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR). *Science of The Total Environment* 2018;631–632:934–941. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.03.094
- van der Werf GR, Randerson, JT, Giglio L, et al. Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997–2009). *Atmospheric Chemistry and Physics* 2010;10:11707–11735. doi:10.5194/acp-10-11707-2010
- van Donkelaar A, Martin RV, Brauer M, et al. Global Estimates of Fine Particulate Matter using a Combined Geophysical-Statistical Method with Information from Satellites, Models, and Monitors. *Environmental Science and Technology* 2016;50:3762–3772. doi:10.1021/acs.est.5b05833

Wirtschaftliche Kosten und Nutzen

Amann M, Holland M, Maas R, et al. Costs, benefits and economic impacts of the EU clean air strategy and their implications on innovation and competitiveness. IASA report. Laxenburg: 2017. http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/clean_air_outlook_economic_impact_report.pdf (accessed 10 May 2019).

Roy R, Braathen NA. The Rising Cost of Ambient Air Pollution thus far in the 21st Century — Results from the BRIICS and the OECD Countries. OECD Environment Working Papers. 2017. doi:10.1787/d1b2b844-en

US Environmental Protection Agency Office of Air and Radia-

tion. The Benefits and Costs of the Clean Air Act from 1990 to 2020 — Summary Report. 2011. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/summaryreport.pdf> (accessed 16 Nov 2018).

The World Bank. The cost of air pollution: strengthening the economic case for action. The World Bank 2016. <http://documents.worldbank.org/curated/en/781521473177013155/pdf/108141-REVISED-Cost-of-PollutionWebCORRECTEDfile.pdf> (accessed 10 May 2019).

World Health Organization. Health risks of air pollution in Europe — HRAPIE project. Recommendations for concentration-response functions for cost-benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. WHO Regional Office for Europe. Copenhagen: 2013. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/238956/Health_risks_air_pollution_HRAPIE_project.pdf (accessed 10 May 2019).

Politische Maßnahmen und Handlungen

Boyd DR. Report of the Special Rapporteur on human rights obligations relating to the enjoyment of a safe, clean, healthy and sustainable environment. Human Rights Council. 2019. <https://undocs.org/A/HRC/40/55> (accessed 28 May 2019).

DeShazo J, Sheldon TL, Carson RT. Designing policy incentives for cleaner technologies: Lessons from California's plug-in electric vehicle rebate program. *Journal of Environmental Economics Management* 2017;84:18–43. doi:10.1016/j.jeem.2017.01.002

Figueres C, Landrigan PJ, Fuller R. Tackling air pollution, climate change, and NCDs: time to pull together. *The Lancet* 2018;392:1502–3. doi:10.1016%2FS0140-6736(18)32740-5

Fuller R, Rahona E, Fisher S, et al. Pollution and non-communicable disease: time to end the neglect. *The Lancet Planetary Health* 2018;2(3):e96–8. doi:10.1016/S2542-5196(18)30020-2

Haines A, Landrigan PJ. It's time to consider pollution in NCD prevention. *The Lancet* 2018;392:1625–6. doi:10.1016/S0140-6736(18)32200-1

Kutlar Joss M, Eeftens M, Gintowt E, et al. Time to harmonize national ambient air quality standards. *International Journal of Public Health* 2017;62:453–462. doi:10.1007/s00038-017-0952-y

Samet JM, Gruskin S. Air pollution, health, and human rights. *The Lancet Respiratory Medicine* 2015;3:98–100. doi:10.1016/S2213-2600(14)70145-6

United Nations Environment Programme. Ministerial declaration of the United Nations Environment Assembly at its third session: Towards a pollution-free planet. UNEP/EA.3/L.19. 2017. <https://papersmart.unon.org/resolution/ministerial-declaration> (accessed 28 May 2019).

Watts N, Amann M, Ayeb-Karlsson S, et al. The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. *The Lancet* 2018;391:581–630. doi:10.1016/S0140-6736(17)32464-9

World Bank Group. Independent Evaluation Group. Toward a clean world for all: an IEG evaluation of the World Bank Group's support for pollution management. Washington, DC: World Bank, 2017. <http://ieg.worldbankgroup.org/evaluations/pollution> (accessed 10 May 2019).

World Health Organization. Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013–2020. Geneva: 2013. <https://www.who.int/nmh/>

<https://www.who.int/nmh/> (accessed 10 May 2019).

World Health Organization. Resolution WHA68.8: Health and the environment: addressing the health impact of air pollution. Geneva: 2015. http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/wha68/a68_r8-en.pdf (accessed 8 Nov 2018).

World Health Organization. Air pollution and child health: prescribing clean air. Geneva: 2018. <http://www.who.int/ceh/publications/air-pollution-child-health/en/> (accessed 31 Oct 2018).

World Health Organization. Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO Regional Office for Europe. Copenhagen: 2006. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/air-quality-guidelines.-global-update-2005.-particulate-matter,-ozone,-nitrogen-dioxide-and-sulfur-dioxide> (accessed 10 May 2019).

World Health Organization. Review of evidence on health aspects of air pollution — REVIHAAP. Technical Report. WHO Regional Office for Europe. Copenhagen: 2013. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1 (accessed 28 May 2019).

Impressum

Copy-Editing

German National Academy of Sciences Leopoldina, Halle (Saale), Germany
internationalrelations@leopoldina.org
www.leopoldina.org

Translation

GlobalSprachTeam, Sassenberg+Kollegen, Berlin
www.sprachteam.com.

Art Direction

Lamm & Kirch, Berlin / Leipzig
www.lamm-kirch.com

Print (English original)

Printed in Germany by Elbe Druckerei Wittenberg GmbH
www.elbedruckerei.de

Publication date

June 2019

Copyright

© Academy of Science of South Africa (ASSAf)
www.assaf.org.za

© Brazilian Academy of Sciences (ABC)
www.abc.org.br

© German National Academy of Sciences Leopoldina
www.leopoldina.org

© U.S. National Academy of Medicine (NAM)
www.nam.edu

© U.S. National Academy of Sciences (NAS)
www.nasonline.org

ISBN: 978-3-8047-4017-4 (English original)