Luftqualität 2016 in Deutschland

Air quality in Germany in 2016

Susan Kessinger

Abstract
In 2016 German air was polluted by particulate matter, nitrogen dioxide and ozone in many places. This assessment is based on preliminary air quality data from the German federal states and the German Environment Agency (UBA). Especially in German cities, nitrogen dioxide concentrations were far too high. About 57 percent of the stations near traffic exceeded the limit value of 40 µg/m³. Since 2010 only a slight decrease can be found. In contrast, concentrations of particulate matter decrease significantly: in 2016 the lowest mean pollution with particulate matter was found. Compared to the last 20 years, it was also a year with low ozone pollution. Nevertheless, ozone target values are still exceeded extensively. The current air quality situation makes clear, that there have to be further efforts to reduce emissions. This is also necessary to avoid high ozone concentrations that will occur when temperatures rise in the course of the climate change.

Zusammenfassung
Auch 2016 war die Luft vielerorts in Deutschland vor allem durch die Schadstoffe Feinstaub, Stickstoffdioxid und Ozon belastet. Besonders in Städten wurden erneut zu hohe Stickstoffdioxidwerte gemessen. Das zeigt die Auswertung der noch vorläufigen Messdaten der Länder und des Umweltbundesamtes (UBA). An 57 Prozent der verkehrsnahen Messstationen wurde der Grenzwert von 40 µg/m³ im Jahresmittel überschritten. Seit 2010 zeigt sich hier ein nur leicht abnehmender Trend. Beim Feinstaub sind dagegen deutliche Fortschritte zu verzeichnen: 2016 ist das Jahr mit den niedrigsten Belastungen seit 2000. Auch die Ozonkonzentrationen waren im Vergleich zu den letzten 20 Jahren eher niedrig. Nichtsdestotrotz wird durch Ozon der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit noch immer großräumig überschritten. Die aktuelle Situation der Luftqualität zeigt, dass auch weiterhin Maßnahmen notwendig sind, um die Emissionen zu verringern. Dies ist auch erforderlich, um erhöhte Ozonwerte zu vermeiden, die im Zuge steigender Temperaturen durch den Klimawandel zu erwarten sind.

Einleitung

Um die Luftqualität zu verbessern oder zu bewahren, kam es erstmalig 1974 mit dem Bundes-Immissionsschutzgesetz zu einer systematischen Regelung, insbesondere der Emissionsbegrenzung nach dem Stand der Technik für Neuanlagen und für bestehende Anlagen in Belastungsgebieten. Die 1980er Jahre waren gekennzeichnet durch umfassende Sanierungsprogramme für alle Kraftwerke und größere Industrieanlagen. In den 1990er Jahren wurden die Emissionsquellen in den neuen Ländern saniert oder stillgelegt und durch neue Anlagen mit Emissionsminderungseinrichtungen nach dem Stand der Technik ersetzt. Im Laufe der Zeit wechselten auch die relevanten Schadstoffe. In den 1960er Jahren waren es Ruß und grober Staub (Ziel: „Blauer Himmel über der Ruhr"), in den 1970er Jahren Schwefeldioxid (Problem: saurer Regen), später sommerlicher Photosmog mit der Leitsubstanz Ozon und ab Mitte der 1990er Jahre zunehmend Feinstaub und Stickstoffdioxid.

Mittlerweile gibt es keine Überschreitungen der geltenden Luftschadstoffgrenzwerte für Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Benzol und Blei mehr. Nichtsdestotrotz kann keine Entwarnung gegeben werden: Besonders in Ballungsräumen liegen die Schadstoffkonzentrationen von Stickstoffdioxid und Feinstaub oberhalb geltender, gesundheitsrelevanter Grenzwerte. Fernab von Ballungsräumen ist die Luft im Sommer durch zu hohe Ozonwerte belastet.

Luftqualität 2016 in Deutschland

Nach geltenden gesetzlichen Regelungen muss die Luftqualität vor allem da überwacht werden,

wo hohe Werte zu erwarten sind. Besonders viele Stationen findet man daher in Städten und Ballungsräumen, dort wird direkt in der Nähe vielbefahrener Straßen gemessen („verkehrsnah"), aber auch in Gebieten, wo Menschen ihre Freizeit verbringen, arbeiten und wohnen („städtischer Hintergrund"). Zudem gibt es noch Messstationen fernab jeglicher anthropogener Emissionsquellen („ländlicher Hintergrund") und in der Nähe von Industrieanlagen. Die Schadstoffkonzentrationen in der Luft werden deutschlandweit mehrmals am Tag an mehr als 650 Messstationen gemessen. Die Auswertung der Luftqualität im Jahr 2016 in Deutschland basiert auf vorläufigen, noch nicht abschließend geprüften Daten aus den Luftmessnetzen der Bundesländer und des Umweltbundesamtes (UBA) (Stand Januar 2017). Aufgrund der umfangreichen Qualitätssicherung in den Messnetzen stehen die endgültigen Daten erst Mitte 2017 zur Verfügung. Die jetzt vorliegenden Daten lassen aber eine generelle Einschätzung des vergangenen Jahres zu (UBA 2017). Dabei liegen vor allem die Schadstoffe Feinstaub, Stickstoffdioxid und Ozon oberhalb europaweit geltender Grenz- beziehungsweise Zielwerte nach EU-Richtlinie 2008/50/EG, umgesetzt in deutsches Recht mit der 39. Bundesimmissionsschutzverordnung.

Feinstaub (PM_{10})

Feinstaub kann natürlichen Ursprungs sein oder durch menschliches Handeln erzeugt werden. Er stammt aus vielfältigen Quellen, so zum Beispiel aus dem Kraftfahrzeugverkehr, aus Kraft- und Fernheizwerken, Abfallverbrennungsanlagen, Öfen und Heizungen in Wohnhäusern, der Tierhaltung und Industrieprozessen. Feinstaub ist damit allgegenwärtig. Neben der Höhe der Emissionen hängt die Belastung durch Feinstaub stark von den meteorologischen Bedingungen ab. So bestimmt die Strömungsrichtung und Windgeschwindigkeit, ob Feinstaub ab- oder herantransportiert wird, die Schichtung der Atmosphäre sorgt für eine Verdünnung oder Anreicherung.

Wie schon in den Vorjahren, blieben auch 2016 extreme, feinstaubbegünstigende Wetterlagen aus, wie sie beispielsweise im Frühjahr und Herbst 2011 beobachtet wurden. Die Entwicklung der mittleren Belastung ist in den letzten 15 Jahren klar rückläufig, unterliegt aber starken zwischenjährlichen (meteorologischen) Schwankungen (**Abbildung 1**).

Überschreitung geltender Feinstaubgrenzwerte

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit gilt für Feinstaub ein Jahresmittelgrenzwert von 40 µg/m³. Dieser Grenzwert wurde im Jahr 2016 deutschlandweit an allen Messstationen eingehalten. 24 Prozent der Messstationen wiesen jedoch Werte oberhalb des von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) vorgeschlagenen Luftgüteleitwertes von 20 µg/m³ im Jahresmittel auf. Der weitaus größte Teil davon waren verkehrsnahe Messstationen.

Des Weiteren gilt ein Tagesmittelgrenzwert, der besagt, dass 50 µg/m³ im Tagesmittel nicht öfter als 35 Mal im Jahr überschritten werden dürfen. Zu Tageswerten oberhalb von 50 µg/m³ kommt es vor allem an stark befahrenen Straßen und während Feinstaub-Episoden, die meist bei kalten, stabilen Hochdruckwetterlagen in der Winterzeit auftreten. Aber auch Ereignisse wie Silvester oder Osterfeuer führen großräumig zu hohen Tagesmittelwerten. Selten überschreiten heutzutage Messstationen den Tagesmittelwert von 50 µg/m³ an mehr als 35 Tagen (**Abbildung 2**). 2016 geschah dies lediglich an einer verkehrsnahen Messstation (Stuttgart Am Neckartor). Die Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation, dass an maximal drei Tagen im Jahr Tagesmittelwerte von mehr als 50 µg/m³ vertretbar sind, wurde an 46 Prozent aller Stationen nicht eingehalten.

Wie wirkt Feinstaub auf die menschliche Gesundheit?

Es ist erwiesen, dass eingeatmeter Feinstaub negativ auf den Gesundheitszustand des Menschen wirkt. Dies ist nicht nur dann der Fall, wenn sich an der Oberfläche von Stäuben gefährliche Stoffe, wie Schwermetalle oder Krebs erzeugende polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, anlagern. Auch die Staubpartikel selbst stellen ein Gesundheitsrisiko dar: Je kleiner sie sind, desto größer ist das Risiko zu erkranken. Denn kleine Partikel dringen tiefer in die Atemwege ein und gelangen in Bereiche, von wo sie nicht wieder ausgeatmet werden können. Ultrafeine Partikel können zudem über die Lungenbläschen in die Blutbahn vordringen und sich über das Blut im Körper verteilen. In den Lungenbläschen sind Atmung und Blutkreislauf funktionell und anatomisch sehr eng miteinander verbunden. Deshalb können Störungen des einen Systems – wie etwa entzündliche Veränderungen im Atemtrakt – auch das andere System, also Herz oder Kreislauf, beeinträchtigen.

Die Weltgesundheitsorganisation hat in Untersuchungen festgestellt, dass es keine Feinstaubkonzentration gibt, unterhalb derer keine schädigende Wirkung zu erwarten ist. Hierin unterscheidet sich Feinstaub von vielen anderen Schadstoffen, wie Schwefeldioxid oder Stickstoffdioxid, für die man Werte angeben kann, unter denen keine schädlichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit zu erwarten sind. Nicht nur kurzzeitig erhöhte Konzentrationen führen zu negativen gesundheitlichen Auswirkungen, gerade längerfristig vorliegende, geringere Konzentrationen wirken gesundheitsschädigend. Die Feinstaubbelastung sollte also so gering wie möglich sein.

Stickstoffdioxid (NO_2)

Stickstoffoxide entstehen als Produkte unerwünschter Nebenreaktionen bei Verbrennungsprozessen. Die Hauptquellen von Stickstoffoxiden sind Verbrennungsmotoren und Feuerungsanlagen für Kohle, Öl, Gas, Holz und Abfälle. In Ballungsgebieten ist der Straßenverkehr die bedeutendste Quelle.

Die Belastung der Luft durch NO_2 hängt anders als beim Feinstaub weniger stark von den meteorologischen Bedingungen ab. Daher zeigen sich im langjährigen Verlauf auch weniger starke zwischenjährliche Schwankungen (**Abbildung 3**).

Abbildung 1: Entwicklung der PM_{10}-Jahresmittelwerte im Mittel über ausgewählte Messstationen im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2000–2016. Quelle: UBA.

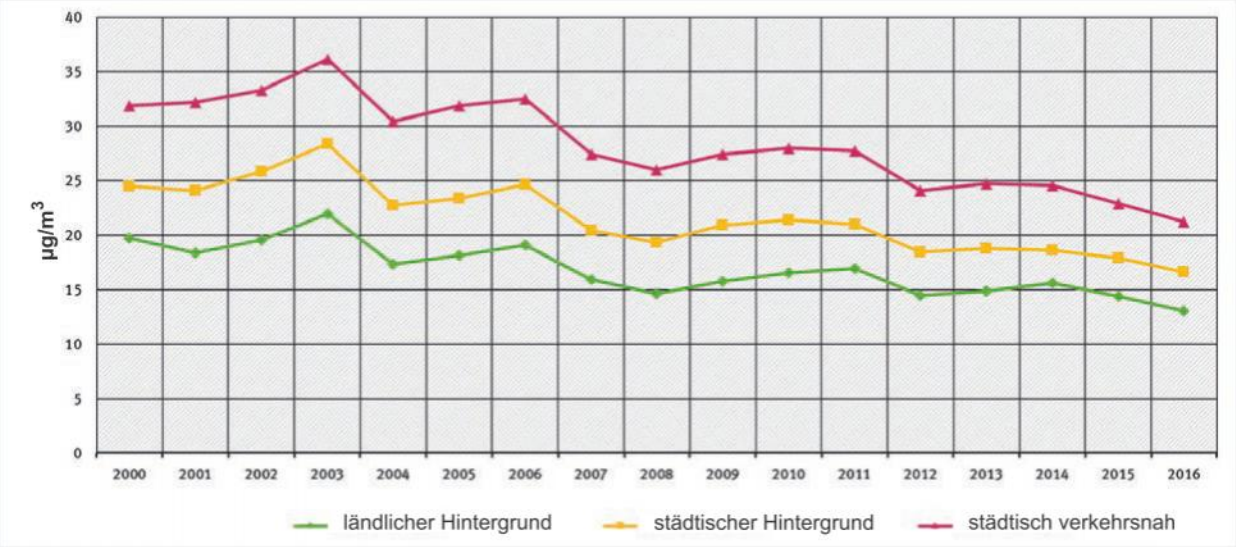
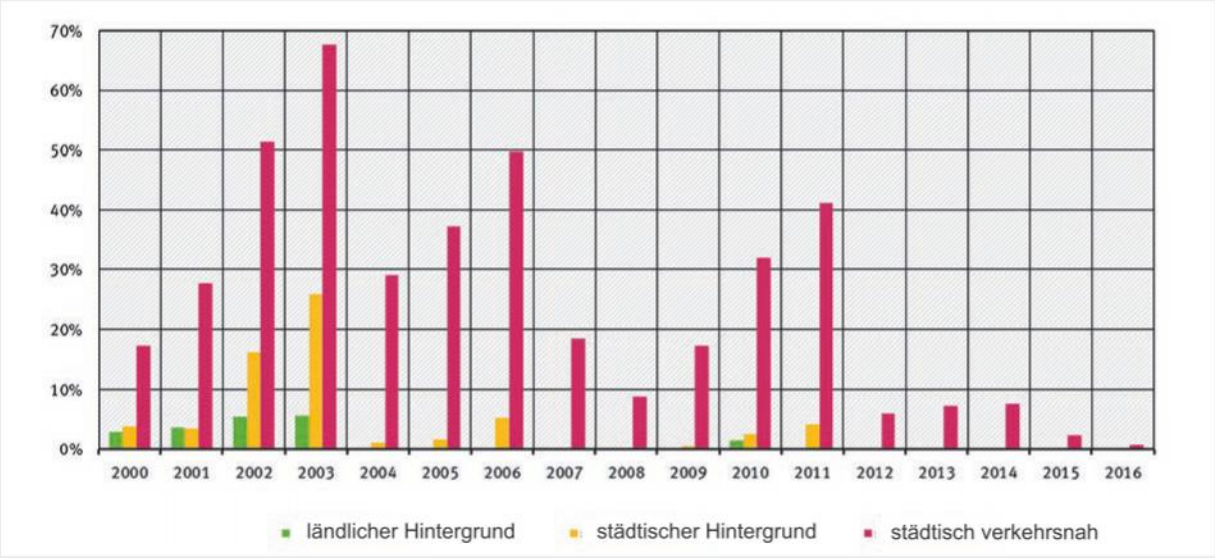


Abbildung 2: Prozentualer Anteil der Messstationen mit Überschreitung des Grenzwertes für das PM_{10}-Tagesmittel im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2000–2016. Quelle: UBA.



Hohe NO_2-Werte werden nahezu ausschließlich in direkter Umgebung vielbefahrener Straßen gemessen. Selbst wenn die mittleren NO_2-Konzentrationen lang- und kurzfristig rückläufig sind, kommt es seit Gültigkeit des Jahresgrenzwertes von 40 µg/m³ im Jahr 2010 deutschlandweit zu teils massiven Überschreitungen. Im Jahr 2016 überschritt mehr als jede zweite verkehrsnahe Messstation diesen Grenzwert (**Abbildung 4**). Er ist identisch mit dem von der WHO empfohlenen Luftgüteleitwert.

Abbildung 3: Entwicklung der NO_2-Jahresmittelwerte im Mittel über ausgewählte Messstationen im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2000–2016. Quelle: UBA.

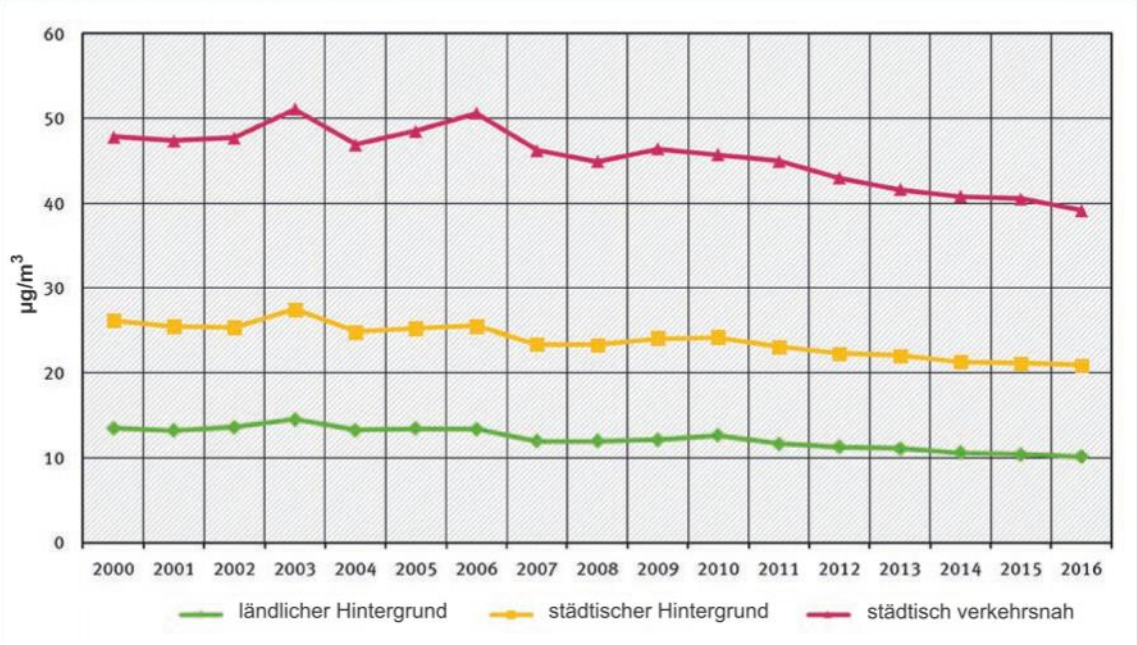
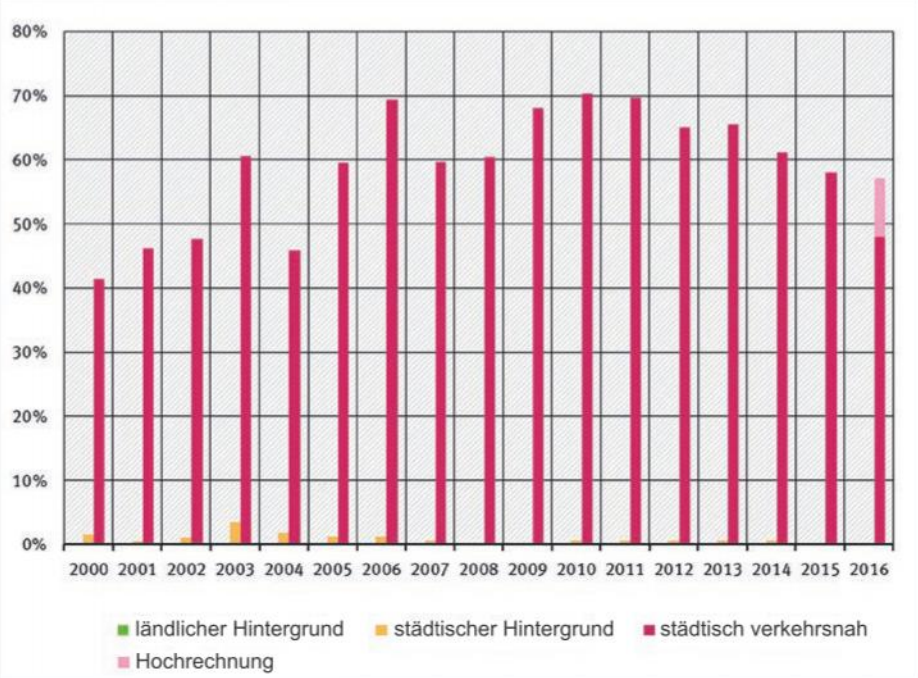


Abbildung 4: Prozentualer Anteil der Messstationen mit Überschreitung des Grenzwertes für das NO_2-Jahresmittel im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2000–2016. Quelle: UBA.



Wie wirkt Stickstoffdioxid auf die menschliche Gesundheit?

Stickstoffdioxid ist ein ätzendes Reizgas, es schädigt das Schleimhautgewebe im gesamten Atemtrakt und reizt die Augen. Als starkes Oxidationsmittel führt es zu Entzündungsreaktionen in den Atemwegen und verstärkt die Reizwirkung anderer Luftschadstoffe zusätzlich. In der Folge können Atemnot, Husten, Bronchitis, Lungenödem, steigende Anfälligkeit für Atemwegsinfekte sowie Lungenfunktionsminderung auftreten. Auf der Grundlage dieser Effekte werden die Atemwege auch empfindlicher für Allergien. Nimmt die NO_2-Belastung der Außenluft zu, leiden besonders Menschen mit vorgeschädigten Atemwegen darunter. Die Folge: Bei hohen NO_2-Konzentrationen werden mehr Menschen wegen Atemwegserkrankungen in Krankenhäuser eingewiesen. Auch eine Zunahme der Herz-Kreislauf-Erkrankungen und der Sterblichkeit kann beobachtet werden.

Ozon (O_3)

In Bodennähe auftretendes Ozon wird nicht direkt freigesetzt, sondern bei intensiver Sonneneinstrahlung durch komplexe photochemische Prozesse aus Vorläuferschadstoffen – überwiegend Stickstoffoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen – gebildet. Hohe Ozonwerte treten daher von Mai bis September, vereinzelt auch im April auf. Zum Schutz der menschlichen Gesundheit gilt ein Zielwert von 120 µg/m³ als höchstes 8-Stundenmittel eines Tages. Pro Jahr dürfen nicht mehr als 25 Überschreitungen im Mittel über die letzten drei Jahre auftreten. Langfristig sind keine Überschreitungen mehr zulässig. Allerdings treten die Überschreitungen anders als bei Feinstaub und Stickstoffdioxid nicht in der Nähe der Quellen auf (z. B. in Ballungsräumen), sondern am Stadtrand und in den angrenzenden ländlichen Gebieten. Ursache ist, dass in Autoabgasen enthaltenes Stickstoffmonoxid (NO) lokal mit Ozon reagiert. Dabei wird Ozon abgebaut und die Ozonbelastung in Innenstädten sinkt. Gleichzeitig werden die Vorläuferstoffe mit dem Wind aus den Städten heraus transportiert und tragen so entfernt von deren eigentlichen Quellen zur Ozonbildung bei.

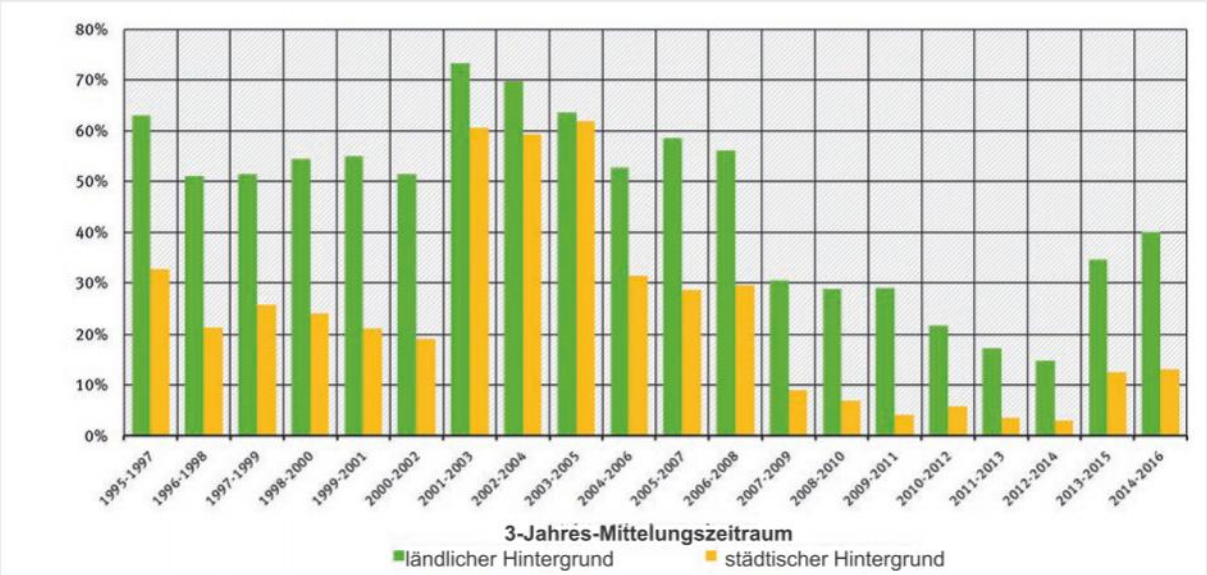
Überschreitung geltender Ozonzielwerte

Abhängig von der Ausprägung der Sommermonate wird der Zielwert in weiten Teilen Deutschlands überschritten, im Jahr 2016 immerhin an 40 Prozent der Stationen im ländlichen Hintergrund und 12 Prozent der Stationen im städtischen Hintergrund. Die WHO empfiehlt, dass der höchste 8-Stundenmittelwert eines Tages die Konzentration von 100 µg/m³ nicht ein einziges Mal im Jahr überschreiten soll. Alle deutschen Messstationen lagen im Jahr 2016 weit oberhalb dieser Empfehlung (**Abbildung 5**).

Wie wirkt Ozon auf die menschliche Gesundheit?

Erhöhte Ozonkonzentrationen können beim Menschen Reizungen der Atemwege, Husten, Kopfschmerzen und Atembeschwerden bis hin zu Einschränkungen der Lungenfunktion und Lun-

Abbildung 5: Prozentualer Anteil der Messstationen mit Überschreitung des Ozon-Zielwertes für den Schutz der Gesundheit, Zeitraum 1995–2016 (jeweils 1-jährig gleitendes Mittel über 3 Jahre). Quelle: UBA.



genkrankheiten hervorrufen. Ihr Ausmaß wird hauptsächlich durch die Aufenthaltsdauer in der ozonbelasteten Luft bestimmt. Befindlichkeitsstörungen, wie Reizerscheinungen an Augen und Schleimhäuten, werden vor allem durch Begleitstoffe des Ozons (im Sommersmog) hervorgerufen. Da hohe Ozonkonzentrationen üblicherweise bei hohen Temperaturen auftreten, kann als Faustregel gelten: Vernünftiges Verhalten bei hohen Temperaturen ist auch vernünftig im Hinblick auf Ozon. Längere körperliche Anstrengungen sollten möglichst nicht in die Mittags- und Nachmittagsstunden gelegt werden. Für sportliche Betätigungen, wie den Jogginglauf, sind die Morgenstunden am besten. Da bei schönem Wetter durch verstärktes Lüften auch mehr Ozon in die Innenräume gelangen kann, sollte vorzugsweise in den Morgenstunden gelüftet werden.

Luftqualität im Zuge des Klimawandels

Für die zukünftige Luftqualität Deutschlands könnten Schadstoffe wieder eine Rolle spielen, die bisher rückläufige Tendenzen zeigten. Ändern sich im Zuge des Klimawandels die meteorologischen Variablen, die einen entscheidenden Einfluss auf die Entstehung, Verteilung und Entfernung von Luftschadstoffen aus der Atmosphäre haben, so hat dies auch Auswirkungen auf die zukünftige Luftqualität. Für Mitteleuropa wird ein deutlicher Anstieg der Jahresmitteltemperaturen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts erwartet, der in Abhängigkeit vom gewählten Emissionsszenario und der Region zwischen einem und fünf Grad Celsius liegt. Aufgrund des künftigen Temperaturanstiegs zeigen verschiedene Studien einen Anstieg der Ozonkonzentration in den mittleren Breiten. Veränderungen in den Niederschlägen könnten sich auf die Belastung der Luft mit Feinstaub auswirken, da Niederschlag der wichtigste Prozess ist, mit dem Feinstaub aus der Luft entfernt wird.

Das Forschungsprojekt KLENOS (KLima ENergie Ozon Staub) untersuchte, wie sich der Klimawandel auf die zukünftige Luftqualität in Deutschland auswirken kann (UBA 2016). Dabei zeigte sich, dass mit steigenden Temperaturen vor allem die Belastung durch Ozon steigt, für dessen Entstehung neben dem Vorhandensein der Vorläuferstoffe hohe Lufttemperaturen und intensive Sonneneinstrahlung nötig sind. Die mittlere Zahl der Ozon-Überschreitungstage stieg dabei um circa 30 Prozent an. Feinstaub und Stickstoffdioxid hingegen zeigten sich weniger beeinflussbar vom Klimawandel.

Um zukünftig auch bei zunehmenden Temperaturen eine erhöhte Belastung durch Ozon zu vermeiden, müssen emissionsmindernde Maßnahmen weiterhin forciert werden. Geht der Ausstoß wichtiger Vorläufersubstanzen für die Ozonbildung in Zukunft zurück, kann der Zunahme des Ozons durch den Klimawandel nicht nur entgegengewirkt werden, sondern es ist dann sogar ein Rückgang zu heutigen Konzentrationen zu erwarten.

Fazit

Auch 2016 war die Luft vielerorts vor allem durch die Schadstoffe Feinstaub, Stickstoffdioxid und Ozon belastet. Besonders in deutschen Städten wurden erneut sehr hohe Stickstoffdioxidwerte gemessen. Das zeigt die Auswertung der noch vorläufigen Messdaten der Länder und des Umweltbundesamtes. An 57 Prozent der verkehrsnahen Messstationen wurde der Grenzwert von 40 µg/m³ im Jahresmittel überschritten. Seit 2010 zeigt sich ein nur leicht abnehmender Trend. Beim Feinstaub sind dagegen deutliche Fortschritte zu verzeichnen: 2016 ist das Jahr mit den niedrigsten Belastungen seit 2000. Auch die Ozonkonzentrationen waren im Vergleich zu den letzten 20 Jahren eher niedrig. Nichtsdestotrotz wird durch Ozon der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit noch immer großräumig überschritten.

Die aktuelle Situation der Luftqualität zeigt, dass auch weiterhin Maßnahmen notwendig sind, die zu einem Rückgang der Emissionen führen. Dies ist auch in Hinblick auf die zu erwartenden, steigenden Temperaturen nötig, die sonst zu erhöhten Ozonwerten führen werden.

Webseite

Themenseite Luft des Umweltbundesamtes: https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft (Zugriff am: 22.02.2017).

Literatur

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017): Luftqualität 2016. Vorläufige Auswertung. https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/luftqualitaet-2016 (Zugriff am: 22.02.2017).

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2016): KLENOS – Einfluss einer Änderung der Energiepolitik und des Klimas auf die Luftqualität sowie Konsequenzen für die Einhaltung von Immissionsgrenzwerten und Prüfung weitergehender emissionsmindernder Maßnahmen. UBA-Texte 84. Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klenos-einfluss-einer-aenderung-der-energiepolitik (Zugriff am: 22.02.2017).

Kontakt

Susan Kessinger
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 4.1 „Beurteilung der Luftqualität“
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
E-Mail: immission[at]uba.de

[UBA]

Die Bedeutung der Luftqualität für Menschen mit COPD

The importance of high air quality standards for people suffering from COPD

Wolfgang Straff

Abstract

COPD is a very common lung disease. In Germany, as well as in other countries, it is widespread and its prevalence is increasing. Even though COPD is usually linked to tobacco smoking, air pollution is also cited as causing or aggravating COPD. Negative health effects of air pollution on people with COPD have been shown in several studies. For this reason, good air quality is essential for the tertiary as well as the primary prevention. Particularly city air has posed a major health problem for centuries and it has always proved to be a social and political challenge. People with COPD, as well as healthy individuals, profit from high air quality standards indoors and outdoors. The medical advice about the link between air pollution and health can have a considerable benefit by helping to reduce further stress to the respiratory organs of vulnerable patients.

Zusammenfassung

COPD ist eine weltweit sehr verbreitete Lungenerkrankung, die auch in Deutschland eine Volkskrankheit mit steigender Prävalenz darstellt. Gleichwohl die Erkrankung oft in engem Zusammenhang mit dem Tabakrauchen steht, stellt auch die Belastung der Atemluft einen viel diskutierten Risikofaktor für die Verursachung und den Verlauf einer COPD-Erkrankung dar. Gesundheitlich negative Effekte von Luftverunreinigungen bei bestehenden COPD-Erkrankungen wurden in verschiedenen Studien gezeigt. Deswegen ist gute Luftqualität für die Tertiärprävention aber auch für die Primärprävention von COPD unerlässlich. Gerade die Stadtluft stellt seit jeher ein Problem für die Gesundheit dar, und besonders in Großstädten ist die Luftqualität in mancher Hinsicht eine gesellschaftliche und politische Herausforderung. Menschen mit COPD, aber auch Gesunde profitieren von einer gering belasteten Umgebungsluft – im Außenbereich, wie auch im Innenraum. Die ärztliche Beratung von COPD-Patientinnen und -Patienten über diese Zusammenhänge kann für deren Gesundheit einen deutlichen positiven Effekt haben, da zusätzliche Belastungen der Atemorgane reduziert werden können.

Einleitung

COPD (engl. für „chronic obstructive pulmonary disease“) ist eine sehr häufige Lungenerkrankung, die weltweite Bedeutung hat. Die Entwicklung der Erkrankung ist anfangs schleichend, sodass besonders die Frühstadien oft nicht ärztlich diagnostiziert werden. Symptome sind Husten, Auswurf und Atemnot, besonders bei Belastung. Häufig rezidivierende Bronchitiden und andere Lungenerkrankungen, die mit oft erheblichen Atembeschwerden und Risiken einhergehen, kommen in späteren Stadien hinzu. Nach Schätzungen leiden zehn bis zwölf Prozent der Erwachsenen über 40 Jahren in Deutschland unter einer COPD (Helmholtz Zentrum München 2015). Die Prävalenz von COPD steigt weltweit: Nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation (WHO) wird die COPD im Jahr 2030 an dritter Stelle der tödlichen Erkrankungen stehen (WHO 2017). In Deutschland lag die Prävalenz 2010 bei 6,8 Millionen COPD-Erkrankungen. Bis zum Jahr 2030 wird mit einem Anstieg auf 7,9 Millionen Betroffene gerechnet (Helmholz Zentrum München 2015).

Bedeutung der Luftqualität von der Antike bis zur Gegenwart

Schon Aristoteles wusste im vierten Jahrhundert vor Christus um die Bedeutung der Luftqualität für die Gesundheit der Bevölkerung. So empfahl er, bei der Anlage einer Stadt auf eine geographisch möglichst ideale Lage, die eine Zufuhr von Frischluft gewährleistet, zu achten (Aristoteles 1799).

Die Luftqualität spielte in allen historischen Epochen von der Antike über das Mittelalter und insbesondere in der Neuzeit in der Folge der Industrialisierung, einhergehend mit einem ausgeprägten Wachstum der Städte, eine wichtige

Rolle. So wurde seit jeher angenommen, dass die Ursache für viele Erkrankungen in der mangelhaften Belüftung oder dem Einatmen „übler Dünste" zu finden ist. Für die heutigen Erkenntnisse und Entwicklungen der Epidemiologie und Umwelthygiene hat der Hygieniker Max von Pettenkofer im 19. Jahrhundert eine herausragende Bedeutung. So vertrat er die Ansicht, dass für die Entstehung von Krankheiten nicht allein Krankheitserreger als verantwortlich gelten können, sondern dass die Umweltbedingungen von erheblicher Bedeutung sind. Diese Erkenntnis kam beispielsweise in der Tuberkulose-Therapie noch bis in die 1940er Jahre in Lungenheilanstalten zum Tragen: In Ermangelung von Antibiotika kam es bei der Therapie auf eine möglichst schadstoffarme „reine" Luft an, die Patientinnen und Patienten mehrere Stunden täglich im Freien – auch im Winter – atmen mussten (**Abbildung 1**). Hiermit wurden beträchtliche Erfolge erzielt, wenn auch die Mykobakterien-Infektion nicht grundsätzlich behoben werden konnte (Riva 2014).

Auch bei der Entstehung und der Therapie der COPD spielt belastete Luft eine herausragende Rolle. So ist bekannt, dass die Hauptursache für die Entstehung einer COPD das Rauchen ist – also das Einatmen sehr stark belasteter feinstaubhaltiger Luft. Jedoch wird als auslösender Faktor ebenfalls das Passivrauchen angesehen (Ko, Hui 2012), und auch Luftbelastungen am Arbeitsplatz stellen ein bekanntes (Rushton 2007), wenn auch nicht immer einfach zu beurteilendes Risiko für die Entwicklung einer COPD dar (Merget 2011).

Schwebstäube, die zum Beispiel aus dem Tabakrauch stammen oder aber aus anderen Verbrennungsprozessen, wie Hausbrand oder Automobilemissionen, gehören also zu den typischen Verursachern einer COPD. Aber auch andere Partikel in der Atemluft können zu einer gesundheitlich problematischen Luftverschmutzung beitragen: Hierzu gehören auch andere Stäube, wie Reifenabrieb oder Quarzstäube und auch mikrobiologische Bestandteile wie Pollen von Pflanzen und Schimmelpilzen (Allergieproblematik) sowie Bakterien und Viren (Infektionen durch Bioaerosole).

Auch leichtflüchtige Verbindungen aus Quellen im Innenraumbereich oder aus der Umgebungsluft wie Aldehyde, Duftstoffe oder Reizgase, wie Ozon und

Abbildung 1: Hauptgebäude der denkmalgeschützten ehemaligen Lungenheilstätte Kolkwitz, jetzt Klinikum Kolkwitz, errichtet 1900. Quelle: Kvikk, creative commons. Lizenz: CC-by-sa-4.0. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kolkwitz_-_Klinikum_(1).jpg?uselang=de.

Stickstoffdioxid (NO_2) können zu Entzündungsprozessen an den tieferen Atemwegen führen und damit eine bestehende COPD verschlechtern (Marino et al. 2015; Viegi et al. 2004).

Die Stadtluft als besonders relevantes Gesundheitsproblem

Gesundheitlich negative Effekte von Luftverunreinigungen bei bestehenden COPD-Erkrankungen wurden in verschiedenen Studien gezeigt (DeVries et al. 2016; Tsai et al. 2014). Daher ist gute Luftqualität für die Primärprävention aber auch für die Tertiärprävention insbesondere von COPD unerlässlich. Gerade die Stadtluft stellt damals (Rubner 1903) wie heute (Nieuwenhuijsen 2016) ein Problem für die Gesundheit dar (**Abbildung 2**). Schon vor mehr als 100 Jahren wurden dabei zwei grundsätzliche Probleme der Stadtluftqualität sehr genau beschrieben:

1) dass insbesondere mit dem hohen Staubgehalt der Stadtluft schädigende Stoffe in den Organismus eingebracht werden, die einen „mechanischen Reiz in den Luftwegen ausüben",
2) dass, obgleich die Stadtluft als gesundheitsnachteilig angesehen wurde, diese doch den „einzigen Quell darstellt, aus dem die Wohnräume die „frische Luft" schöpfen können" (Rubner 1903).

Spätestens seit der Smog-Katastrophe von London im Jahr 1952 (Longhurst et al. 2016) wurde das Problem der Luftbelastung mit Schadstoffen, Schwebstäuben und Reizgasen, wie NO_2, Schwefeldioxid (SO_2) und Ozon, wissenschaftlich immer stärker erforscht, und die Luftqualität wurde zum Gegenstand staatlicher Überwachung und Regulierung.

Innenraumluft meist stärker belastet als die Außenluft

Wohn- und Arbeitsräume bieten auch heute in den meisten Fällen keinesfalls einen Schutz vor schlechter Außenluftqualität. Die Innenraumluft stellt auch heutzutage eine Problematik dar, die für die Beurteilung der gesundheitlichen Wirkung auf die Bewohnerinnen und Bewohner von besonderer Bedeutung ist. Zum Beispiel dringen die von Heizungen und den heute wieder sehr beliebten und erneut sehr verbreiteten Kaminöfen stammenden Emissionen (Aynul Bari et al. 2011; Pfeffer et al.

Abbildung 2: In großen Städten Asiens, wie in Shanghai, tritt häufig Smog auf. Quelle: Oleksandr Dibrova / Fotolia.com.

2013) über die Außenluft in die Wohnräume ein – bedingt durch Undichtigkeiten der Fenster oder auch bewusstes Lüften. Hinzu kommt die vergleichsweise neue Problematik der emittierenden Bau- und Alltagsprodukte (Brown et al. 2013; Nagorka et al. 2015; Steinemann 2017). Insbesondere der Trend, Wohnräume mit Duftprodukten auszustatten, also die Konzentration von leichtflüchtigen organischen Verbindungen (engl. Volatile Organic Compounds, VOC) in der Innenraumluft zu erhöhen und gleichzeitig damit eine schlechte Raumluftqualität und unhygienische Zustände zu maskieren, führt zu einer deutlichen Verschlechterung der Situation für empfindliche Menschen (Steinemann 2017; UBA 2016).

Großstadtluft: Eine politische Herausforderung

Gerade in Großstädten bleibt die Außenluft als Grundlage der besten verfügbaren Luftqualität in nahezu allen Lebensbereichen des Menschen in mancher Hinsicht eine politische Herausforderung. In vielen Staaten Europas wurde in den letzten Jahrzehnten allerdings viel erreicht: So wurden die Emissionen vieler Luftschadstoffe, wie flüchtige organische Verbindungen (außer Methan), Stickstoffoxide, Schwefeldioxid und bodennahes Ozon, deutlich reduziert. Diese Minderungen konnten in der Folge des Göteborg-Protokolls und der EU-Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen (2001/81/EG) erzielt werden. Auch die Belastung mit Feinstaub der Partikelgrößenklasse PM_{10} nahm in den vergangenen Jahren deutlich ab (Strich et al. 2014).

Gerade in Städten sind aber Feinstaub PM_{10} und $PM_{2,5}$ genauso wie Stickstoffdioxid weiterhin (hauptsächlich verkehrsbedingte) Problemschadstoffe, die auch heutzutage noch des Häufigeren die EU-Grenzwerte überschreiten. Durch die Einführung von Umweltzonen in Deutschland und anderen europäischen Ländern (z.B. Low Emission Zones in London und Lissabon) wurden Maßnahmen ergriffen, die gesundheitsschädlichen Emissionen zu reduzieren – mit begrenztem Erfolg (Ferreira et al. 2015; Morfeld et al. 2014; Wood et al. 2015). Hier besteht weiterhin Verbesserungsbedarf, insbesondere was die tatsächlichen Emissionen von Fahrzeugen angeht. Der Diesel-Skandal zeigte, dass hinsichtlich der Fahrzeugtechnologie (gerade im Hinblick auf ein in allen Betriebszyklen des Motors niedriges Emissionsverhalten) und der Überprüfung der tatsächlichen Emissionen im realen Fahrbetrieb noch viel erreicht werden muss.

Eine Problematik ist sicherlich auch der Wunsch vieler Kundinnen und Kunden nach großdimensionierten Fahrzeugen, die schon aufgrund ihres Gewichts eine starke Motorisierung mit entsprechend problematischen Emissionen bedingen. Im Jahr 2016 waren 12,7 Prozent der Neuzulassungen in Deutschland SUVs, wobei diese Fahrzeugart mit 25,2 Prozent neben den Wohnmobilen die stärkste Zuwachsrate aufwies. Auch der Anteil der Dieselzulassungen war sehr hoch. Er lag in Deutschland im Jahr 2016 bei knapp 46 Prozent der Neuzulassungen. Fahrzeuge mit alternativen Antrieben wie Hybrid und Elektro machten dagegen nur 2 Prozent aus. Auch der Anteil der emissionsarmen Erd- und Flüssiggasfahrzeuge war mit einem Anteil von 0,2 Prozent verschwindend gering (KBA 2017).

Gute Luftqualität gibt es nicht umsonst

Aus solchen Zahlen kann geschlussfolgert werden, dass im gesellschaftlichen Wertesystem der Schutz der Gesundheit durch eine Vermeidung unnötiger Emissionen, welche Umwelt, Gesundheit und Klima schädigen, einen sehr untergeordneten Stellenwert einnimmt. Hier ist also auch in Deutschland weiterhin noch viel Aufklärungsarbeit zu leisten.

Weltweit steht es insbesondere in Städten sehr schlecht um die Luftqualität. In den Metropolen Chinas, Bangladeschs und Indiens sind Berichte über exorbitante Feinstaubbelastungen von mehreren Hundert $\mu g/m^3$ – häufig auch deutlich über 500 $\mu g/m^3$ – PM_{10} keine Seltenheit. Die Jahresmittelwerte liegen in diesen Regionen in einem Bereich von deutlich über 100 $\mu g/m^3$ (WHO 2016b), der hierzulande schon bei einer kurzzeitigen Überschreitung von mehreren Tagen für deutliche Aufmerksamkeit in den Medien führen würde. Derartige Schadstoffkonzentrationen stellen ein Gesundheitsrisiko bei akuten und chronischen Atemwegserkrankungen dar und zwar nicht nur für die Menschen mit vorgeschädigten Atemwegen, sondern auch für Gesunde. Eine Exposition gegenüber solch hohen Schadstoffkonzentrationen könnte neben dem Zigarettenrauchen eine relevante Ursache für die Entwicklung einer COPD sein. Obgleich es gute Gründe dafür gibt, dass die chronischen Effekte einer Lungenschädigung – insbesondere wenn diese viele Jahrzehnte

und womöglich seit der Kindheit besteht – zu einer Ausbildung von COPD führen, ist der Zusammenhang bisher nicht eindeutig. Jedoch deuten verschiedene epidemiologische Studien darauf hin, und zudem sprechen die pathophysiologischen Mechanismen der COPD-Entstehung für einen solchen Zusammenhang (Schikowski et al. 2014). Insbesondere die frühe Schädigung der Lunge durch eine starke Luftbelastung in der Kindheit könnte einen ursächlichen Mechanismus für die Entstehung einer COPD darstellen (Eisner et al. 2010; Postma et al. 2015).

Ist eine Lungenschädigung bereits eingetreten, muss davon ausgegangen werden, dass wiederholte Verschlechterungen der Symptomatik aufgrund einer Luftbelastung zumindest für das Fortschreiten der COPD ursächlich sind (Schikowski et al. 2014). Demzufolge sollten Ärztinnen und Ärzte erwägen, Menschen mit COPD dahingehend zu beraten, Aufenthalte in Regionen mit starker Luftbelastung (zum Beispiel in bestimmten Ballungsregionen mit sehr schlechter Luftqualität) zu meiden.

Hinsichtlich der Entwicklung der Luftbelastung und der Bedeutung für die Entstehung und den Verlauf einer COPD ist die gesellschaftliche Sichtweise auf den Umweltschutz von essentieller Bedeutung. Denn Maßnahmen zu einer Verbesserung der Luftqualität bedeuten auch politische Entscheidungen, die in der Bevölkerung oft nicht als populär gelten, zum Beispiel, weil sie für die Verbraucherinnen und Verbraucher höhere Kosten verursachen. Die Frage ist, welchen Preis die Gesellschaft bereit ist für eine saubere Atemluft zu zahlen.

Luftschadstoffe führen auch zu Schäden an anderen Organsystemen

Auch andere Erkrankungen der Atemwege, gerade aber auch Herz-Kreislauf-Erkrankungen werden durch Feinstaub und andere Luftverunreinigungen mitverursacht (Kampa, Castanas 2008). In den letzten Jahren mehren sich die Hinweise darauf, dass auch neurologische Erkrankungen (Loane et al. 2013) und Stoffwechselerkrankungen wie Diabetes (Rao et al. 2015; Thiering, Heinrich 2015) durch Luftverunreinigungen beeinflusst oder sogar verursacht werden. Die WHO gibt eine Zahl von etwa drei Millionen Todesfällen jährlich an, die der Belastung mit Luftschadstoffen zugeschrieben werden (WHO 2016a), wobei circa 90 Prozent aller Menschen eine Atemluft atmen, die nicht den WHO Air Quality Guidelines entspricht (WHO 2016a). Obgleich solche Zahlen umweltattributierter Krankheitslasten, die mittels einer Weiterentwicklung des *Burden of Disease*-Verfahrens gewonnen wurden, durchaus mit Vorsicht zu beurteilen sind, zeigen sie dennoch eindrucksvoll die weltweite Dimension des Problems.

Die Politik hat einen wesentlichen Einfluss auf die Luftqualität

Politische Entwicklungen können den Prozess der Luftreinhaltung entscheidend beeinflussen – positiv wie negativ. Entwicklungen in manchen Ländern wie den USA sind als kontraproduktiv für eine gesundheitlich vorteilhafte Entwicklung der Luftqualität anzusehen. So sollen wichtige Regulierungen und Programme wie der „Climate Action Plan“ zurückgenommen werden (The White House 2017). Gerade der Klimawandel kann jedoch die Luftqualität und die Gesundheit von Menschen – gerade auch mit COPD – negativ beeinflussen (Baklanov et al. 2016; Bernstein, Rice 2013). Der Grund dafür wird in einer veränderten Meteorologie von Luftverschmutzungen gesehen (Ventilation, Präzipitation und Verteilung). Dazu kommen weitere verstärkende Vorgänge in der Atmosphärenchemie und die Zunahme natürlicher und anthropogener klimawandel-bedingter Emissionen (Fiore et al. 2015). Auch die geplante Förderung alter Kraftwerkstechnologien (Kohle) unter Rücknahme strenger Emissionsauflagen („burdensome regulations“) (The White House 2017) lassen für die Luftqualität und die Gesundheit auch über die US-Grenzen hinaus schlimme Folgen vermuten. Ärztinnen und Ärzten kommt eine wichtige Rolle bei der Vermittlung solcher Zusammenhänge zwischen Umweltschutz und Gesundheitsschutz an ihre Patientinnen und Patienten zu – das gilt gerade für Menschen mit COPD, welche die Folgen der Luftverschmutzung direkt und aus vitalem Interesse betreffen.

Literatur

Aristoteles (1799): Die Politik des Aristoteles: Erster Theil. Band 1. Verlag Wilhelm Gottlieb Korn. Breslau.

Aynul Bari M, Baumbach G, Kuch B, et al. (2011): Air pollution in residential areas from wood-fired heating. Aerosol and Air Quality Research, 11(6): 749–757. DOI:10.4209/aaqr.2010.09.0079.

Baklanov A, Molina LT, Gauss M (2016): Megacities, air quality and climate. Atmospheric Environment, 126: 235–249. DOI:10.1016/j.atmosenv.2015.11.059.

Bernstein AS, Rice MB (2013): Lungs in a warming world: Climate change and respiratory health. Chest, 143(5): 1455–1459. DOI:10.1378/chest.12-2384.

Brown VM, Crump DR, Harrison PTC (2013): Assessing and controlling risks from the emission of organic chemicals from construction products into indoor environments. Environmental Sciences: Processes and Impacts, 15(12): 2164–2171. DOI:10.1039/c3em00413a.

DeVries R, Kriebel D, Sama S (2016): Low level air pollution and exacerbation of existing COPD: A case crossover analysis. Environmental Health: A Global Access Science Source, 15(1). DOI:10.1186/s12940-016-0179-z.

Eisner MD, Anthonisen N, Coultas D et al. (2010): An official American Thoracic Society public policy statement: Novel risk factors and the global burden of chronic obstructive pulmonary disease. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 182(5): 693–718. DOI:10.1164/rccm.200811-1757ST.

Ferreira F, Gomes P, Tente H et al. (2015): Air quality improvements following implementation of Lisbon's Low Emission Zone. Atmospheric Environment, 122: 373–381. DOI:10.1016/j.atmosenv.2015.09.064.

Fiore AM, Naik V, Leibensperger EM (2015): Air quality and climate connections. Journal of the Air and Waste Management Association, 65(6): 645–685. DOI:10.1080/10962247.2015.1040526.

Helmholtz Zentrum München (2015): Wie verbreitet ist COPD? Lungeninformationsdienst. https://www.lungeninformationsdienst.de/krankheiten/copd/verbreitung/index.html (Zugriff am: 02.03.2017).

Kampa M, Castanas E (2008): Human health effects of air pollution. Environmental Pollution, 151(2): 362–367. DOI:10.1016/j.envpol.2007.06.012.

Ko FW, Hui DS (2012): Air pollution and chronic obstructive pulmonary disease. Respirology, 17(3): 395–401. DOI:10.1111/j.1440-1843.2011.02112.x.

KBA (2017): Pressemitteilung Nr. 01/2017 vom 04.01.2017 - Fahrzeugzulassungen im Dezember 2016 - Jahresbilanz.

Loane C, Pilinis C, Lekkas TD et al. (2013): Ambient particulate matter and its potential neurological consequences. Reviews in the Neurosciences, 24(3): 323–335. DOI:10.1515/revneuro-2013-0001.

Longhurst JWS, Barnes JH, Chatterton TJ et al. (2016): Progress with air quality management in the 60 years since the UK clean air act, 1956. Lessons, failures, challenges and opportunities. International Journal of Sustainable Development and Planning, 11(4): 491–499. DOI:10.2495/SDP-V11-N4-491-499.

Marino E, Caruso M, Campagna D et al. (2015): Impact of air quality on lung health: Myth or reality? Therapeutic Advances in Chronic Disease, 6(5): 286–298. DOI:10.1177/2040622315587256.

Merget R, Brüning T (2011): Obstruktive Atemwegserkrankungen durch chemisch-irritative Stoffe. IPA-Journal, 11.

Morfeld P, Groneberg DA, Spallek M (2014): Effectiveness of low emission zones of stage 1: Analysis of the changes in fine dust concentrations (PM10) in 19 German cities. Pneumologie, 68(3): 173–186. DOI:10.1055/s-0033-1359180.

Nagorka R, Gleue C, Scheller C et al. (2015): Isothiazolone emissions from building products. Indoor Air, 25(1): 68–78. DOI:10.1111/ina.12126.

Nieuwenhuijsen MJ (2016): Urban and transport planning, environmental exposures and health-new concepts, methods and tools to improve health in cities. Environmental Health: A Global Access Science Source, 15. DOI:10.1186/s12940-016-0108-1.

Pfeffer U, Breuer L, Gladtke D et al. (2013): Contribution of wood burning to the exceedance of PM10 limit values in North Rhine-Westphalia: Dedicated to Prof. Dr. Peter Bruckmann on occasion of his 65th birthday. Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft, 73(6): 239–245.

Postma DS, Bush A, van den Berge M (2015): Risk factors and early origins of chronic obstructive pulmonary disease. The Lancet, 385(9971): 899–909. DOI:10.1016/S0140-6736(14)60446-3.

Rao X, Patel P, Puett R et al. (2015): Air pollution as a risk factor for type 2 diabetes. Toxicological Sciences, 143(2): 231–241. DOI:10.1093/toxsci/kfu250.

Riva MA (2014): From milk to rifampicin and back again: History of failures and successes in the treatment for tuberculosis. Journal of Antibiotics, 67(9): 661–665. DOI:10.1038/ja.2014.108.

Rubner M (1903): Städteanlagen. In: Lehrbuch der Hygiene: K. und K. Hofbuchdruckerei Karl Prochaska. Leipzig und Wien.

Rushton L (2007): Occupational causes of chronic obstructive pulmonary disease. Rev Environ Health, 22(3): 195–212.

Strich S, Fischer U, Hoffmann A et al. (2014): Genug getan für Mensch und Umwelt? Wirkungsforschung unter der Genfer Luftreinhaltekonvention. In: Umweltbundesamt (Hrsg.). Dessau. https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/genug-getan-fuer-mensch-umwelt (Zugriff am: 02.03.2017).

Schikowski T, Mills IC, Anderson HR et al. (2014): Ambient air pollution: A cause of COPD. European Respiratory Journal, 43(1): 250–263. DOI:10.1183/09031936.00100112.

Steinemann A (2017): Ten questions concerning air fresheners and indoor built environments. Building and Environment, 111: 279–284. DOI:10.1016/j.buildenv.2016.11.009.

The White House (2017): An America First Energy Plan. https://www.whitehouse.gov/america-first-energy (Zugriff am: 02.03.2017).

Thiering E, Heinrich J (2015): Epidemiology of air pollution and diabetes. Trends in Endocrinology and Metabolism, 26(7): 384–394. DOI:10.1016/j.tem.2015.05.002.

Tsai SS, Chiu HF, Liou SH et al. (2014): Short-term effects of fine particulate air pollution on hospital admissions for respiratory diseases: A case-crossover study in a tropical city. Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues, 77(18): 1091–1101. DOI:10.1080/15287394.2014.922388.

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2016): Duftstoffe – chemische Begleiter des Alltags. Dessau. https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/duftstoffe-chemische-begleiter-des-alltags (Zugriff am: 02.03.2017).

Viegi G, Simoni M, Scognamiglio A et al. (2004): Indoor air pollution and airway disease. International Journal of Tuberculosis and Lung Disease, 8(12): 1401–1415. http://www.ingentaconnect.com/content/iuatld/ijtld/2004/00000008/00000012/art00003 (Zugriff am: 02.03.2017).

WHO – Weltgesundheitsorganisation (2017): Chronic obstructive pulmonary disease (COPD). Chronic respiratory diseases http://www.who.int/respiratory/copd/en/ (Zugriff am: 02.03.2017).

WHO – Weltgesundheitsorganisation (2016a): Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. http://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/ (Zugriff am: 02.03.2017).

WHO – Weltgesundheitsorganisation (2016b): WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database (update 2016). http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/ (Zugriff am: 02.03.2017).

Wood HE, Marlin N, Mudway IS et al. (2015): Effects of air pollution and the introduction of the London Low Emission Zone on the prevalence of respiratory and allergic symptoms in schoolchildren in east London: A sequential cross-sectional study. PLoS ONE, 10(8). DOI:10.1371/journal.pone.0109121.

Kontakt

Dr. Wolfgang Straff
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 1.5 “Umweltmedizin und gesundheitliche Bewertung“
E-Mail: wolfgang.straff@uba.de

[UBA]