

Das Magazin des  
Umweltbundesamtes  
1/2019

# SCHWER PUNKT

# Gesunde Luft

Für Mensch und Umwelt

Umwelt   
Bundesamt

# VORWORT



# „Gesunde Luft.“ Haben wir die nicht schon?

**Maria Krautzberger, Präsidentin**  
des Umweltbundesamtes

Anders als vor einigen Jahrzehnten riechen oder schmecken wir fast nichts, wenn wir vor die Haustür treten und tief einatmen. In zahlreichen Metropolen der Welt ist das anders. Im Vergleich dazu haben wir schon viel erreicht. Dennoch ist auch in Deutschland die Luft nicht überall frei von Gesundheitsrisiken. Das wissen wir aus den Luftmessungen des Bundes und der Länder, die vor allem an Orten messen, an denen hohe Belastungen vermutet werden; über das ganze Jahr und mit stetig hoher Qualität.

Doch wie gut sollte die Luft sein? Dazu hat die Weltgesundheitsorganisation viele Studien ausgewertet und Empfehlungen für einzuhaltende Werte gegeben, die oftmals auch mehr fordern, als derzeit gesetzlich verlangt wird. Leider werden diese Werte der WHO bei uns vielfach nicht eingehalten.

Selbstverständlich wollen wir überall gesunde Luft atmen können. Was muss also passieren? Es gibt viele Ursachen für eine gesundheitsgefährdende Luftbelastung: neben dem Verkehr sind das Schadstoffe aus der Landwirtschaft, die Feinstaub bilden, Lösemittel führen zur Ozonbildung,

Kohlekraftwerke und andere Industrieanlagen tragen zur Belastung durch Stickstoffdioxid und Feinstaub bei, aber auch Holzheizungen. Letztlich müssen all diese Bereiche dazu beitragen, die Luft besser zu machen.

Deutschland hat sich ebenso wie alle anderen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union verpflichtet, in den kommenden zehn Jahren deutlich weniger der wesentlichen Luftschadstoffe freizusetzen. Dadurch wird bereits eine erhebliche Verbesserung erreicht. Aber um sicherzustellen, dass wir überall gesündere Luft atmen können, muss sich die EU bei allen Luftschadstoffen auf schärfere und verbindliche Luftschadstoffgrenzwerte einigen und bei deren Überschreitung schnellstmöglich Abhilfe schaffen.

Und was können Sie selbst dazu beitragen? Wie in anderen Umweltbereichen spielen auch bei der Luftreinhaltung unsere Lebensstile eine wichtige Rolle. Jeder kann selbst zu gesunder Luft beitragen: weniger Auto fahren, Kosmetika und Farben ohne Lösemitteln nutzen oder auf den Komfort-Kamin verzichten – all das trägt dazu bei, dass unsere Luft noch besser wird.

Maria Krautzberger

**6**

**Schlaglichter**

**10**

**Die Luft zum Atmen**



**18**

**Erfolge der Luftreinhaltung**

THEMA

**20**

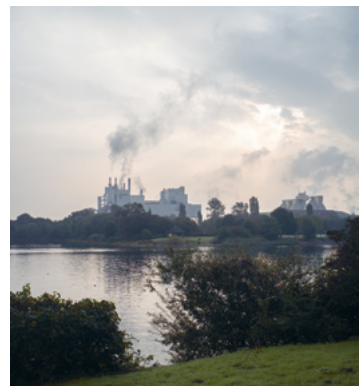
**Luftschadstoffe**

**22**

**Feinstaub**

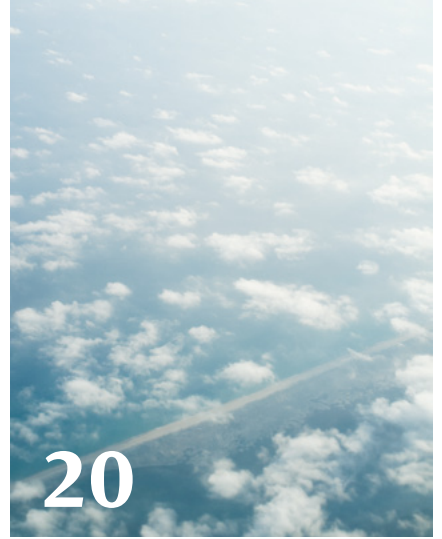
**24**

**Stickstoffdioxid**



**26**

**Ozon**



## 28

### So wird Deutschlands Luft gemessen



## 43

### Das Umwelt- bundesamt

## 34

### Schlechte Luft und Gesundheit

Kann man berechnen, wie stark  
die Umwelt unsere Gesundheit  
beeinträchtigt?

## 44

### UBA-Einblicke

Wie viel ist ein Mikrogramm  $\text{NO}_2$ ?

## 40

### „Die Luft, die Sie atmen, können Sie sich nicht aussuchen.“

Interview mit Dr. Maria Neira,  
Weltgesundheitsorganisation (WHO)

## 46

### Umweltdaten

Weitere Luftschadstoffe im  
Überblick

## 48

### Das Luftmessnetz des UBA



## DIGITALES

### Wie gut ist die Luft, die Sie atmen?

Unsichtbares sichtbar machen – das können Sie bald mit unserer App „Luftqualität“. Sie enthält die Daten zur Luftqualität von über 300 Messstationen; auch in Ihrer Nähe und stündlich aktualisiert. Den schnellsten Überblick bietet der „Luftqualitätsindex (LQI)“ – er umfasst die Schadstoffe Feinstaub, Stickstoffdioxid und Ozon. So wissen Sie immer, wie gut die Außenluft an den Messstellen in Ihrer Umgebung ist, und bekommen wichtige Gesundheitstipps.

Die App ist demnächst verfügbar für mobile Geräte mit den Betriebssystemen Android und iOS.

## STUDIE

### Kerosinablass von Flugzeugen für Mensch und Umwelt unkritisch

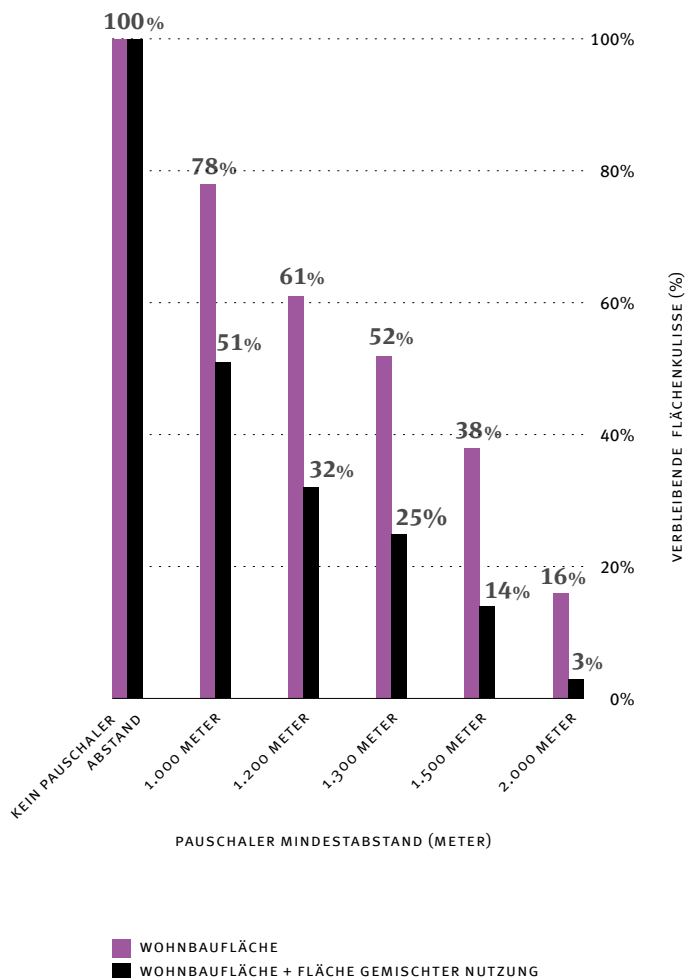
Zur Sicherheit müssen Flugzeuge manchmal Treibstoff ablassen, wenn sie kurz nach dem Start notlanden müssen. Das UBA schätzt die Auswirkungen dieser Treibstoffschnellablässe auf Mensch und Umwelt in einer aktuellen Studie als unkritisch ein. Vorsorglich sollte die Betriebsanweisung der Deutschen Flugsicherung festschreiben, dass für die Ablässe nicht immer dieselben Gebiete zugewiesen werden.

[www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibstoffschnellablass-aus-luftfahrzeugen](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibstoffschnellablass-aus-luftfahrzeugen)



Abb. 1

**Verbleibende Flächenkulisse in Abhängigkeit zur Höhe des pauschalen Siedlungsabstandes:**



## POSITION

### Mindestabstände bei Windenergieanlagen schaden der Energiewende

Mindestabstände von Windenergieanlagen zu Wohngebieten brächten den Ausbau der Windenergie ins Stocken. Das zeigt eine aktuelle Studie des UBA. Bereits bei einem pauschalen Abstand von 1.000 Metern würden sich die vorhandenen Flächen um 20 bis 50 Prozent reduzieren. Ein Zubau an Windenergiekapazität gegenüber dem Status quo wäre bereits bei diesem vergleichsweise geringen Mindestabstand faktisch nicht möglich. Statt pauschaler Abstände ist daher eine standortspezifische Prüfung der Gesundheits- und Umweltbelange sinnvoll.

**Positionspapier „Auswirkungen von Mindestabständen zwischen Windenergieanlagen und Siedlungen“**  
[www.umweltbundesamt.de/publikationen/auswirkungen-von-mindestabstaenden-zwischen](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/auswirkungen-von-mindestabstaenden-zwischen)

## Impressum

**Herausgeber:**  
 Umweltbundesamt  
 Postfach 14 06  
 06844 Dessau-Roßlau  
 Tel: +49 340-2103-0  
[info@umweltbundesamt.de](mailto:info@umweltbundesamt.de)  
[www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

[f](https://www.facebook.com/umweltbundesamt) /umweltbundesamt.de  
[t](https://www.twitter.com/umweltbundesamt) /umweltbundesamt

**Redaktion:**  
 Felix Poetschke  
**Gestaltung:**  
 Studio GOOD, Berlin  
[www.studio-good.de](http://www.studio-good.de)  
**Druck:**  
 Bonitasprint GmbH, Würzburg  
 gedruckt nach Kriterien  
 des Blauen Engel

**Broschüren bestellen:**  
 Umweltbundesamt  
 c/o GVP  
 Postfach 30 03 61 | 53183 Bonn  
 Service-Telefon: 0340 2103-6688  
 Service-Fax: 0340 2104-6688  
[uba@broschuerenversand.de](mailto:uba@broschuerenversand.de)  
[www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

Stand: Juni 2019

**Bildnachweis/Copyright:**  
 Titel: Bjoern Fischer / istockphoto.com,  
 S. 10/11, 16/17, 34, 38, 44: Michael  
 Kerstgens, S. 23: Evaldas Daugintis /  
 unsplash.com, S. 25: Nabeel Syed /  
 unsplash.com, S. 27: Markus Gann /  
 shutterstock.com, S. 29, 30: Senatsverwal-  
 tung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz,  
 Berlin, S. 33: Thomas Kollbach, S. 40:  
 NurPhoto / gettyimages.de, S. 43: Martin  
 Stallmann, S. 48/49: Umweltbundesamt

# 2,8 Milliarden

Einwegbecher für Kaffee & Co. werden in Deutschland **jedes Jahr** verbraucht.

Das sind:

# 7,6 Millionen

pro Tag

# 320.000

pro Stunde

# 5.300

pro Minute

# 89

pro Sekunde

Und alle diese Becher landen, wenn wir Glück haben, in Mülltonnen, und wenn wir kein Glück haben, in der Umwelt. Wer mit offenen Augen durch die Stadt geht, sieht, wie groß das Problem ist. An jeder Ecke liegen leere Einwegbecher, und die Mülleimer quellen über – was sogar noch zu weiterer Vermüllung der Umwelt beiträgt, wenn die Mülleimer nichts mehr aufnehmen können. Das Volumen der abertausenden Einwegbecher überfordert mittlerweile beinahe die Stadtreinigung. In Berlin füllen die Becher täglich 15 Prozent der städtischen Abfalleimer – Tendenz immer noch steigend.

Alle Einwegbecher bestehen aufgrund der Beschichtung oder der Deckel teilweise oder auch ganz aus Kunststoff. Sie können so gut wie gar nicht recycelt werden, sondern werden in der Regel verbrannt. Landen Einwegbecher nicht im Müll, sondern in der Landschaft, führt dies dazu, dass immer auch Kunststoff vor allem in Böden und Gewässer gelangt. Daneben schadet aber auch die Herstellung der Becher der Umwelt, weil Energie genutzt und Rohstoffe verbraucht werden.

Und nicht zuletzt: Einwegbecher gehören zu den zehn kunststoffhaltigen Einwegprodukten, die am häufigsten an europäischen Stränden und in europäischen Meeren gefunden werden.







## Mit dem Mehrwegbecher für eine saubere Umwelt

Wir brauchen also eine Lösung. Und es gibt sie: den Mehrwegbecher. Mehrwegbecher sind deutlich umweltfreundlicher als Einwegbecher. Sie verbrauchen weniger Energie und verursachen (fast) keinen Abfall. Voraussetzung ist natürlich, dass die Becher oft genutzt werden. Eine aktuelle Studie des Umweltbundesamtes hat sich das genauer angeschaut: Mindestens zehn Mal sollte ein Becher genutzt werden, damit sich der Herstellungsaufwand lohnt. Danach geht es nur noch bergauf in der Ökobilanz. Das gilt für Mehrwegbecher, die z. B. in einem Café ausgegeben werden. Für Becher, die von zu Hause mitgebracht werden, hatte die Studie berechnet, dass sie mindestens 50 Mal genutzt werden sollten. Dann ist auch das Material des Bechers egal, da bei einer häufigen Nutzung vor allem der Spülvorgang relevant für die Ökobilanz ist. Am besten sollte die Spülmaschine auch noch mit Strom aus erneuerbaren Energien betrieben werden.

Das Umweltbundesamt hat in der aktuellen Studie einige Ideen ausgearbeitet, wie der Einwegbecherverbrauch in Deutschland innerhalb von drei Jahren um die Hälfte sinken könnte. Zum einen sollte mit der Wirtschaft vereinbart werden, dass im „to go“-Sektor Mehrwegbecher als Regelbecher ausgegeben werden. Dies bedeutet, dass ein Einwegbecher nur auf ausdrücklichen Wunsch verwendet wird. Zudem sollten Kaffee und andere Heißgetränke aus Einwegbechern teurer sein als aus Mehrwegbechern. Die Studie zeigt auch, dass Deckel einen hohen Anteil an Energieverbrauch und Umweltverschmutzung haben. Daher ist es sinnvoll, keine Einwegdeckel mit den Mehrwegbechern auszugeben. Für die Mehrwegbecher sollten die Vorgaben des Blauen Engels für Mehrwegbechersysteme verwendet werden – dazu weiter unten mehr. Die Gelder aus dem „Litteringfonds“ sollen sowohl für die Reinigung des öffentlichen Raums als auch für Informationskampagnen verwendet werden.

Das Umweltbundesamt hat zusammen mit dem Umweltministerium jetzt erstmals den Blauen Engel für Mehrwegbechersysteme verliehen – an das Unternehmen FairCup aus Göttingen. Eine besonders schöne Geschichte: FairCup entstand 2016 auf Initiative der Lehrerin Sibylle Meyer und ihrer damaligen Schülerinnen und Schüler der Berufsbildenden Schule II in Göttingen. Mittlerweile ist das Unternehmen in ganz Deutschland verbreitet. Die Besonderheit bei den FairCup-Bechern ist, dass sie ganz einfach in Leergutautomaten in beteiligten Supermärkten zurückgegeben werden können.

Der Blaue Engel für Mehrwegbechersysteme garantiert, dass der Kaffee hier ganz umweltfreundlich aus dem Becher kommt. Die Becher selbst sind hergestellt ohne umwelt- und gesundheitsbelastende Materialien. Sofern sie aus Kunststoff sind, wird nur sortenreiner Kunststoff ohne Beschichtung verwendet. Damit können sie – wenn sie einmal zu Abfall werden – besonders gut recycelt werden. Außerdem müssen die Becher eine Lebensdauer von mindestens 500 Spülzyklen erreichen.

Es gibt also schon gute Beispiele, wie Mehrwegbecher eingesetzt werden und wir die Belastung für die Umwelt durch unseren täglichen Kaffeegenuss unterwegs reduzieren können. Jetzt kommt es darauf an, diese Vorschläge auch umzusetzen – und als Kaffeetrinkende auch öfter den Mehrwegbecher zu benutzen.



**Gerhard Kotschik**  
Experte für  
Verpackungsabfälle

**Mehr Informationen: Studie „Untersuchung der ökologischen Bedeutung von Einweggetränkebechern im Außer-Haus-Verzehr und mögliche Maßnahmen zur Verringerung des Verbrauchs“**

[www.umweltbundesamt.de/publikationen/oekologische-bedeutung-einweggetraenkebecher](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/oekologische-bedeutung-einweggetraenkebecher)

# THEMA



# Die Luft zum Atmen

Fotos von **Michael Kerstgens**



Ein gesunder erwachsener Mensch atmet jede Minute rund acht Liter Luft ein und aus. Bei körperlicher Aktivität kann das auf das Drei- bis Vierfache, bei gut trainierten Sportlern sogar auf das 15-Fache des Ausgangswerts steigen.

Ohne Atmung überleben wir normalerweise nur wenige Minuten ohne bleibende Schäden am zentralen Nervensystem. Der in der Luft enthaltene Sauerstoff ist für den Stoffwechsel aller Zellen des Menschen unerlässlich – und Luft damit unersetzlich für unser Überleben.

Doch was macht gesunde Luft aus? Zunächst klingt das ganz einfach: Beim Einatmen entstehen keine Gesundheitsschäden. Doch Luft kann schädliche Stoffe enthalten und krank machen. Die Konzentrationen solcher Luftschadstoffe müssen so gering sein, dass sie für den Menschen unschädlich bleiben, auch bei langfristiger Exposition. Dies gilt sowohl für gesunde Menschen als auch für ältere Menschen, Kinder und Menschen mit Krankheiten, zum Beispiel Asthma.

## Was ist Luft überhaupt?

Die Luft um uns herum besteht zu 78 Prozent aus Stickstoff und zu 21 Prozent aus Sauerstoff. Weitere Bestandteile in sehr geringen Konzentrationen sind zum Beispiel Wasserdampf und das Treibhausgas Kohlendioxid, dessen Anteil seit dem 19. Jahrhundert durch menschliche Aktivitäten wie das Verbrennen fossiler Brennstoffe stetig ansteigt (von 0,03 Prozent in vorindustrieller Zeit auf heute rund 0,04 Prozent). Außerdem finden sich Spurenstoffe wie Stickstoffmonoxid, Wasserstoff und verschiedene Edelgase, die von Natur aus in so geringen Konzentrationen in der Atmosphäre vorkommen, dass sie für die Menschen gesundheitlich unbedenklich sind. Durch menschliche Aktivitäten wie das Verbrennen fossiler Energieträger oder intensive Tierhaltung entstehen aber eine ganze Reihe von Luftschadstoffen, welche die Luft zum Teil hoch belasten und für Krankheiten verantwortlich sein können. Dazu zählen beispielsweise Feinstaub,

Ozon, Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) oder Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ). Diese Luftschadstoffe können auch durch Vulkanausbrüche, Gewitter oder Waldbrände entstehen. Erst durch das Zutun des Menschen sind aber – insbesondere in Städten – Konzentrationsniveaus entstanden, die unsere Gesundheit dauerhaft schädigen können.

Historische Quellen belegen, dass es schon in der Antike Probleme mit der Luftverschmutzung in Städten gab. Aber erst mit der Industrialisierung nahm die Belastung mit Luftschadstoffen so stark zu, dass nicht nur Menschen im direkten Umfeld der Schadstoffquelle davon betroffen waren, sondern auch Menschen in entfernteren Regionen die Auswirkungen der Luftverschmutzung zu spüren bekamen.

Ein rauchender Schornstein stand zu Beginn der Industrialisierung noch sinnbildlich für wirtschaftliches Wachstum. In der Folge rückten die negativen Aspekte der Luftverschmutzung wie Gesundheitsschäden und Nährstoffeinträge in schützenswerte Ökosysteme immer mehr in den Vordergrund. Daher wurden ab 1950 erste Maßnahmen wie die Kontrolle von Kleinf Feuerungsanlagen und das Verbot bestimmter Brennstoffe ergriffen, um die Luftqualität wieder zu verbessern.

Wie viel atmet ein Mensch  
pro Minute?

bis zu  
**120 Liter**  
aktiver Sportler

**32 Liter**  
körperlich Aktive

**8 Liter**  
gesunde  
Menschen

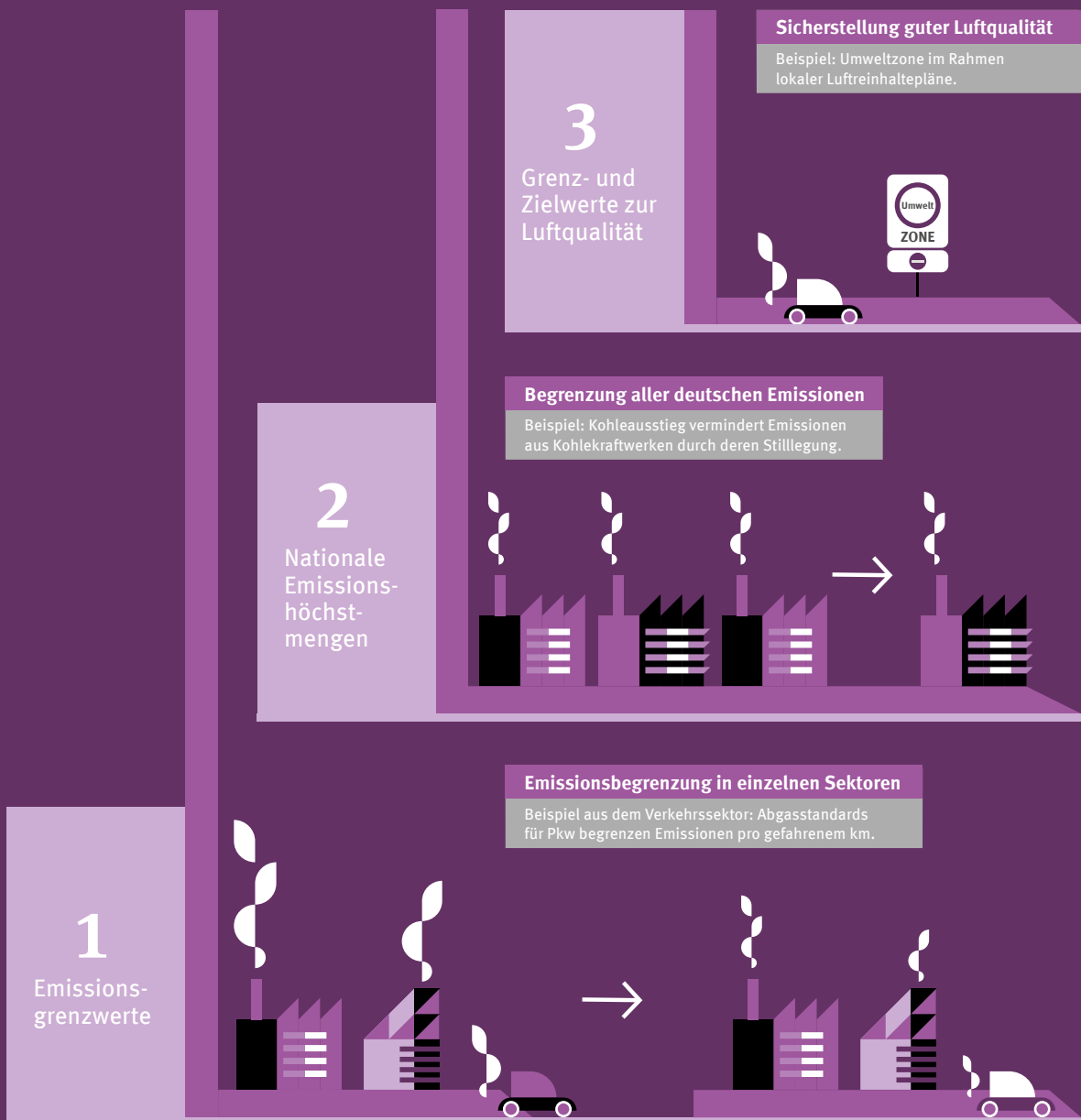
## Die Luftreinhaltung in Deutschland beruht auf drei Säulen

Die **erste Säule** legt **Emissionsgrenzwerte** fest. Zu den regulierten Sektoren zählen zum Beispiel der Verkehr, die Industrie, Kleinf Feuerungsanlagen oder die Landwirtschaft. Für die Grenzwerte gilt grundsätzlich das sogenannte Vorsorgeprinzip, nach dem durch die Emissionen keine gesundheitsschädlichen Konzentrationen im Aufenthaltsbereich von Menschen verursacht werden sollten. Die Emissionsgrenzwerte orientieren sich außerdem am Stand der Technik und werden deshalb laufend überprüft und angepasst.

Mit der **zweiten Säule** werden die nationalen **Gesamtengen der Emissionen** von Luftschadstoffen begrenzt. Dieses Instrument der sogenannten nationalen Höchstmengen wurde in Europa erstmals im Rahmen der Genfer Luftreinhaltkonvention verwendet. Die Genfer Luftreinhaltkonvention ist ein internationales Abkommen gegen die länderübergreifende Luftverschmutzung, das 1979 unter dem Dach der UN-Weltwirtschaftskommission geschlossen wurde. Luftschadstoffe kennen keine Ländergrenzen; mit internationalen Vereinbarungen soll deshalb sichergestellt werden, dass Maßnahmen für saubere Luft zwischen den Ländern abgestimmt sind und international Wirkung zeigen. Das im Rahmen der Genfer Luftreinhaltkonvention verabschiedete Göteborg-Protokoll legte für das Jahr 2010 nationale Höchstmengen für die vier Schadstoffe  $\text{SO}_2$ , Stickstoffoxide, flüchtige organische Verbindungen ohne Methan und Ammoniak fest. Bis 2030 und in den Folgejahren müssen die nationalen Emissionen dieser vier Schadstoffe und von  $\text{PM}_{2,5}$  auf Grund der von Deutschland eingegangenen europarechtlichen Verpflichtung weiter gesenkt werden.



# Saubere Luft



Diese Reduzierung kann nicht immer nur durch eine Verschärfung der in der ersten Säule festgelegten Emissionsgrenzwerte erreicht werden. Auch freiwillige Aktivitäten leisten einen wichtigen Beitrag zur Verminderung von Schadstoffemissionen: Das kann auch für uns alle bedeuten, zum Beispiel freiwillig weniger Fleisch zu essen und damit durch weniger Masttiere in der Produktion weniger Ammoniak-Emissionen freizusetzen. Oder seltener mit Holz zu heizen, öfter mal auf das Lager- oder Osterfeuer oder das private Feuerwerk an Silvester zu verzichten und damit weniger Feinstaub freizusetzen. Oder das Auto (mit Verbrennungsmotor) öfter mal stehen zu lassen, um dadurch weniger Feinstaub und Stickoxide zu emittieren. All das trägt dazu bei, unsere Luft sauberer und damit gesünder zu machen.

Die **dritte Säule** zielt direkt auf den **Schutz der menschlichen Gesundheit**. Hier werden Konzentrationen von Luftschadstoffen in der Umgebungsluft gemessen und begrenzt. Diese Grenzwerte wurden auf EU-Ebene festgelegt und gelten für alle Mitgliedsstaaten. Dabei werden Grenz- oder Zielwerte sowohl für kurzzeitige Belastungssituationen als auch mit Blick auf die längerfristige Belastung festgelegt. Die Kurzzeitgrenzwerte beziehen sich auf Stunden- bis Tagesmittel und dienen dazu, kurzzeitige Belastungssituationen zu minimieren, die mit akuten gesundheitlichen Beschwerden einhergehen können. So ist für Feinstaub ( $PM_{10}$ <sup>1</sup>) ein auf das Tagesmittel bezogener Grenzwert von 50 Mikrogramm/ $m^3$ , für Stickstoffdioxid ( $NO_2$ ) ein auf das Stundenmittel bezogener Grenzwert von 200 Mikrogramm/ $m^3$  festgeschrieben. Um die längerfristige Belastung mit Luftschadstoffen und damit Gesundheitsschäden zu mindern, die bei andauernder Belastung oft erst nach vielen Jahren entstehen, wurden Grenzwerte bezogen auf das Jahresmittel festgelegt. Diese sind niedriger als die Kurzzeitgrenzwerte und betragen beispielsweise sowohl für  $PM_{10}$  als auch für  $NO_2$  40 Mikrogramm/ $m^3$  im Jahresmittel.

Grenzwerte werden in einem politischen Prozess festgelegt. In diesen fließen auf der einen Seite wissenschaftliche Erkenntnisse zu Konzentrationswerten ein, unter denen keine signifikanten Gesundheitseffekte zu beobachten sind. Diese werden beispielsweise in den Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation WHO zusammengestellt. Auf der anderen Seite stehen die Kosten oder andere gesellschaftliche Herausforderungen, die mit der Luftreinhaltung verbunden sind, um die Konzentrationen von Luftschadstoffen zu senken. Kosten entstehen etwa, wenn neue Filteranlagen oder Katalysatoren entwickelt und eingesetzt werden müssen. Passive Maßnahmen wie die Errichtung von Mooswänden oder aktive Systeme zur Filterung der Außenluft sind demgegenüber weniger effizient und haben zu keiner nachweisbaren Minderung der Umgebungskonzentrationen geführt, die über den unmittelbaren Wirkungsbereich von wenigen Metern hinausreichen.

**Die drei Säulen der Luftreinhaltung haben dazu geführt, dass beispielsweise die Konzentrationen von Schwefeldioxid ( $SO_2$ ) oder bleihaltigen Partikeln deutlich zurückgegangen sind.**

Dennoch bewegen wir uns auch heute noch bei einigen Luftschadstoffen auf einem Niveau, das zumindest an den hoch belasteten Standorten oberhalb der WHO-Empfehlungen liegt. Um unsere Gesundheit langfristig zu schützen, sind daher weitere Anstrengungen für eine saubere und gesunde Luft notwendig.

<sup>1</sup> Zur Definition s. Kapitel Luftschadstoffe







# Erfolge der Luftreinhaltung

## **BLEI** ist ein toxisches Schwermetall.

In reiner Form und in seinen anorganischen Verbindungen wird es als möglicherweise krebs-erregend eingestuft.

Besonders bei Kindern schädigen schon geringe Mengen das Nervensystem, bei Erwachsenen zeigen sich bei chronischer Vergiftung Wirkungen auf das blutbildende System, Bluthochdruck und weitere unspezifische Symptome.

**1877**  
der erste Ottomotor  
wird produziert



Im vergangenen Jahrhundert wurde Blei zunächst in der organischen Form des Tetraethylbleis als Antiklopffmittel bei Ottokraftstoffen eingesetzt und gelangte mit der Verbrennung als partikelgebundenes Blei in die Umgebungsluft.



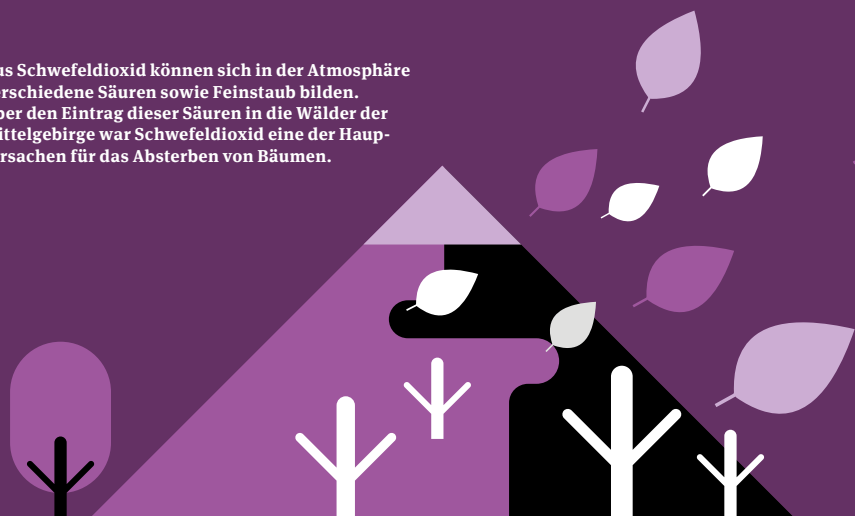
## **SCHWEFELDIOXID** ist ein farbloses, stechend riechendes und sauer schmeckendes, giftiges Gas.

Schwefeldioxid reizt die Schleimhäute und kann zu Augenreizungen und Atemwegsproblemen führen.

# 1952

In Verbindung mit anderen Luftschadstoffen war Schwefeldioxid wesentlich verantwortlich für das Smog-Ereignis in London. (Seite 21, Luftschadstoffe)

Aus Schwefeldioxid können sich in der Atmosphäre verschiedene Säuren sowie Feinstaub bilden. Über den Eintrag dieser Säuren in die Wälder der Mittelgebirge war Schwefeldioxid eine der Hauptursachen für das Absterben von Bäumen.



# 1971

ng/m<sup>3</sup> Luft

## Benzinbleigesetz

Der Zusatz von Blei in Ottokraftstoffen wird ab dem 1. Januar 1972 auf 0,4 g/l begrenzt, ab dem 1. Januar 1976 auf 0,15 g/l.

# 1988

## Verbleites Normalbenzin wird in Deutschland ganz verboten.

Als Antiklopffmittel kommen nun andere organische Verbindungen zum Einsatz, die keine Schwermetalle enthalten.

Die Verordnung über Großfeuerungsanlagen (13. BImSchV) legt in ihrer ersten Fassung einen allgemeinen Emissionsgrenzwert für Schwefeldioxid bei festen Brennstoffen von 400 mg/m<sup>3</sup> fest.

# 1983

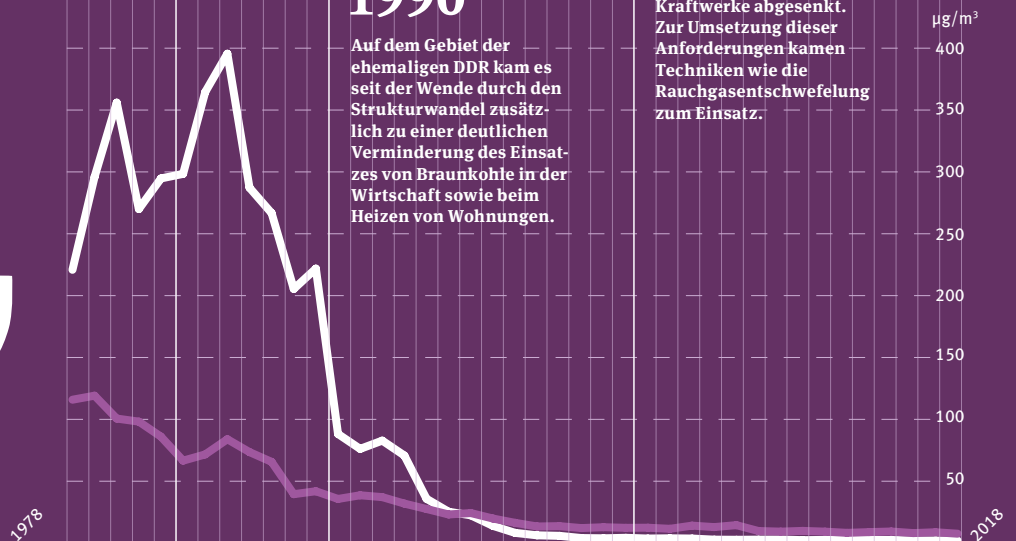
# 1990

Auf dem Gebiet der ehemaligen DDR kam es seit der Wende durch den Strukturwandel zusätzlich zu einer deutlichen Verminderung des Einsatzes von Braunkohle in der Wirtschaft sowie beim Heizen von Wohnungen.

# 2004

Der Emissionsgrenzwert für Schwefeldioxid wird auf 200 mg/m<sup>3</sup> für große Kraftwerke abgesenkt. Zur Umsetzung dieser Anforderungen kamen Techniken wie die Rauchgasentschwefelung zum Einsatz.

Im Bereich der alten BRD wurden daher die Emissionsbegrenzungen von Schwefeldioxid aus Verbrennungsanlagen schrittweise im Laufe der Jahre verschärft.



Schwefeldioxid-Jahresmittelwerte: — Industriegebiet Halle/Leipzig/Bitterfeld — Ruhrgebiet



# **Luft- schad- stoffe**

Im Dezember 1952 war der Smog in London buchstäblich so dick, dass man seine Hand vor Augen nicht mehr sah. Eine Inversionswetterlage und der Rauch aus Kohlefeuerungen und Industrieschloten hatte die britische Hauptstadt in undurchdringliche Luft getaucht. Über vier Tage hielt der Smog an, teilweise sank die Sicht auf weniger als 30 Zentimeter. Die Folgen dieser Luftverschmutzung waren erheblich: Tausende Menschen starben. Neben einer extremen Belastung durch Feinstaub waren auch hohe Schwefeldioxid-Konzentrationen (SO<sub>2</sub>) für diese Katastrophe verantwortlich.

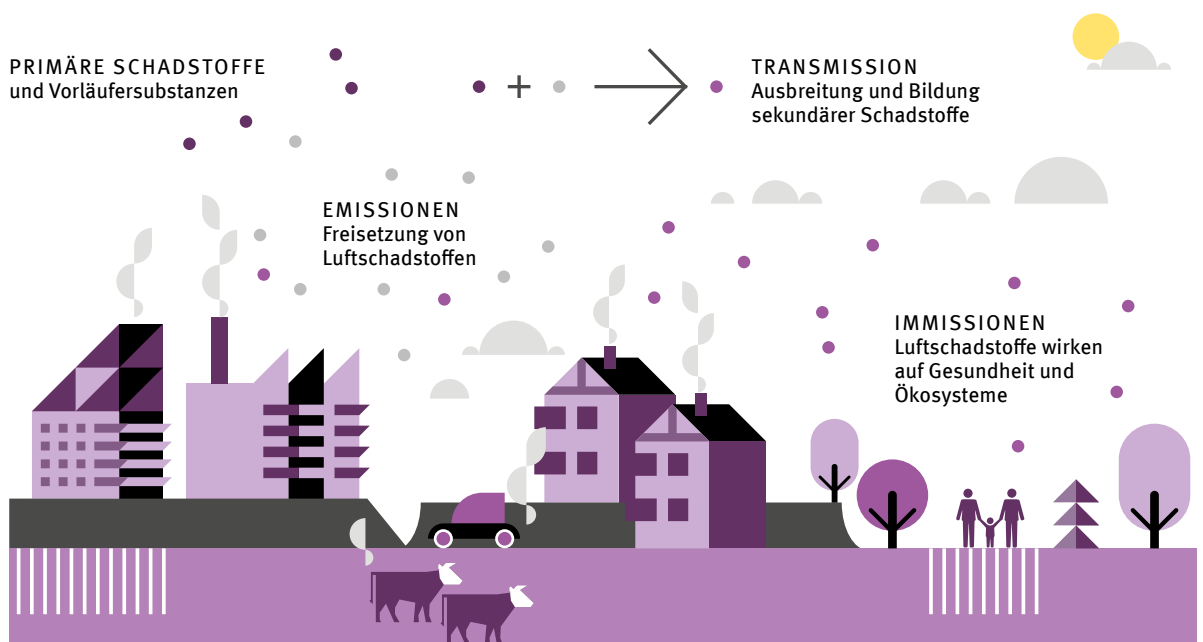
SO<sub>2</sub> spielte in der Mitte des letzten Jahrhunderts noch eine große Rolle in westlichen Industrieländern, vor allem durch die Emissionen aus der Industrie und Heizungen in Haushalten. Durch die Rauchgasentschwefelung in Kraftwerken und den Einsatz von schwefelärmeren Brennstoffen konnten die Emissionen von SO<sub>2</sub> jedoch deutlich gesenkt werden, sodass heute in Deutschland gesundheitsgefährdende SO<sub>2</sub>-Konzentrationen der Vergangenheit angehören.

Die Luftreinhaltung steht immer vor zwei grundlegenden Fragen: Wo kommen relevante Luftschadstoffe her und wie können wir die gesundheits-schädliche Konzentrationen reduzieren? Dabei verschiebt sich der Fokus immer wieder:

Nach dem oben genannten Schwefeldioxid waren in den 80er-Jahren vor allem bleihaltige Partikel aus Benzin ein großes Gesundheits- und Umweltproblem. Durch das Verbot von Blei in Kraftstoffen konnte dieses Problem effektiv gelöst werden.

Später nahm die Feinstaubbelastung aus Auspuffen überhand, auch hier konnte mit Filtern die Luft sauberer gemacht werden.

**Derzeit sind mit Blick auf die Gesundheit in Deutschland vor allem drei Luftschadstoffe ein Problem: Feinstaub, Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Ozon. Bei diesen werden regelmäßig die EU-Grenzwerte oder die von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlenen Richtwerte überschritten.**



# Feinstaub

Partikel kommen in der Atmosphäre in einer Vielzahl von Größen und Formen vor. Unter Feinstaub werden dabei die Partikel zusammengefasst, die so klein sind, dass sie in den menschlichen Atemtrakt gelangen können. Unterschieden werden diese kleinen Partikel nach ihrer Größe (siehe Abbildung 3).

Abb. 3

## Größe der Feinstaubpartikel im Vergleich

### 100 µm Grobstaub

Gelangt bis in den Nasen- und Rachenraum



≙ Felsen Sächsische Schweiz (ca. 3m Ø)

### 10 µm Feinstaub PM<sub>10</sub>

Wird bis in die Bronchien und Bronchiolen transportiert



≙ Fußball (ca. 0,3m Ø)

### 2,5 µm Feinstaubpartikel PM<sub>2,5</sub>

Gelangt bis in die Lungenbläschen



≙ Christbaumkugel (ca. 0,075m Ø)

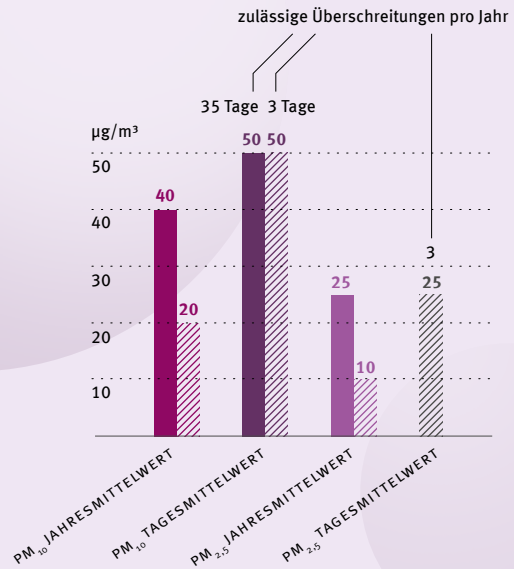
### <0,1 µm Ultrafeinstaub

Kann von der Lunge in das Blut aufgenommen werden

≙ großer Stecknadelkopf (ca. 0,003m Ø)

Abb. 2

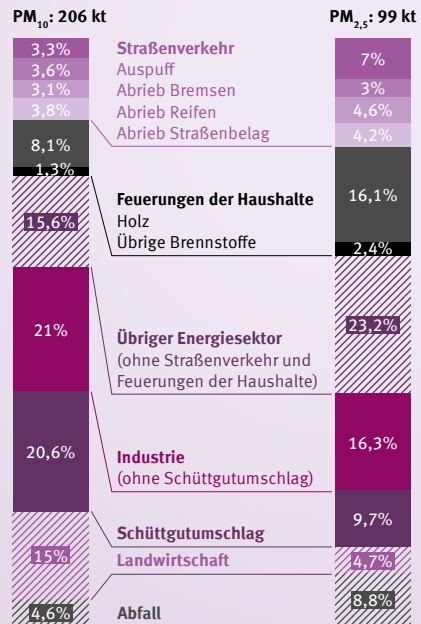
## EU-Grenzwerte ↔ WHO-Empfehlungen



Zusammenstellung: Umweltbundesamt

Abb. 4

## PM-Emissionen 2017



Feinstaub wird sowohl direkt emittiert; man spricht dann von primärem Feinstaub. Er bildet sich aber auch aus gasförmigen Vorläufer-substanzen in der Atmosphäre: Dies ist der sekundäre Feinstaub. In Deutschland ist der Mensch Verursacher des größten Anteils an Feinstaub. Man spricht von anthropogenen Quellen (altgriechisch *ánthrōpos* = Mensch). Die größten dieser anthropogenen Quellen sind der Straßenverkehr, (Holz-)Feuerungen in den Haushalten, Kraftwerke, industrielle Anlagen, die Landwirtschaft sowie der Umschlag von Schüttgut. Aber auch aus natürlichen Quellen wird primärer Feinstaub freigesetzt. Hierzu zählen aufgewirbeltes Bodenmaterial, Pflanzenmaterial wie Sporen und Pollen, Seesalzpartikel und Partikel aus Vulkanausbrüchen und Vegetationsbränden. Die wesentlichen Vorläufergase, die zur Bildung von sekundärem Feinstaub führen, sind Stickoxide, Ammoniak und Schwefeldioxid. Die Größe der Partikel hängt eng mit ihrer Entstehung zusammen. Während  $PM_{2,5}$  zumeist sekundär gebildet wird oder bei der Verbrennung entsteht, entstehen größere Feinstaubpartikel vor allem durch Abrieb oder Aufwirbelung.

## Wie Feinstaub krank macht

Je kleiner die Partikel sind, desto weiter können sie in den Atemtrakt eindringen. Je nach Eindringtiefe sind auch die gesundheitlichen Wirkungen von Feinstaub verschieden. Sie reichen von Schleimhautreizungen und lokalen Entzündungen in der Luftröhre oder den Lungenalveolen über eine verstärkte Ablagerung arteriosklerotischer Plaques in den Blutgefäßen, eine erhöhte Thromboseneigung bis zu einer erhöhten Mortalität infolge von Herz-Kreislauf-erkrankungen und Lungenkrebs.

Die gesetzlich geltenden Grenzwerte für Feinstaub werden in Deutschland bis auf wenige Ausnahmen eingehalten. Das ist allerdings kein Grund zur Entwarnung, weil auch geringere Belastungen der Gesundheit schaden können.

## Feinstaub schädigt die Gesundheit der Bevölkerung deutlich mehr als andere Luftschadstoffe.

Die Grenzwerte sind für einen ausreichenden Gesundheitsschutz zu locker angesetzt: Für  $PM_{10}$  liegt der Grenzwert für das Jahresmittel bei  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , doch die WHO sieht einen deutlich geringeren Wert als sinnvoll an:  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Weil der Feinstaub aus vielen verschiedenen Quellen stammt, gibt es leider auch nicht die eine Maßnahme, mit der die Belastung gesenkt werden kann. Dazu müssen Viele ihren Beitrag leisten: die Landwirtschaft, die privaten Holzfeuerungen, der Verkehr und die Industrie.



# Stickstoffdioxid

NO<sub>2</sub> ist ein Luftschadstoff, der zu den Stickstoffoxiden gehört. Es entsteht zum einen durch natürliche Prozesse wie Blitze und Waldbrände sowie durch mikrobiologische Bildung in Böden. Viel relevanter aber ist auch hier der Mensch, denn Stickoxide werden bei allen Verbrennungsprozessen freigesetzt: im Auto, im Kohlekraftwerk oder in der heimischen Gasheizung.

Abb. 6

## NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwertüberschreitungen

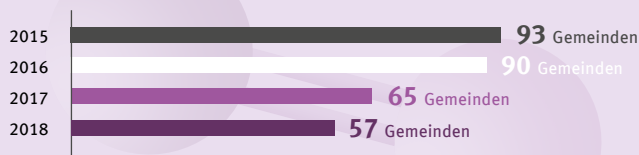
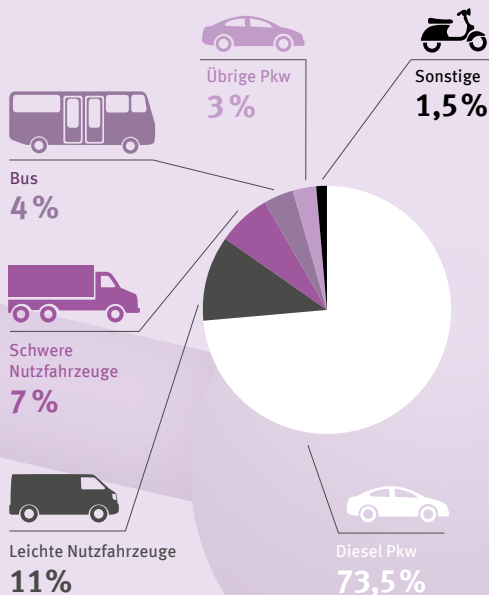


Abb. 8

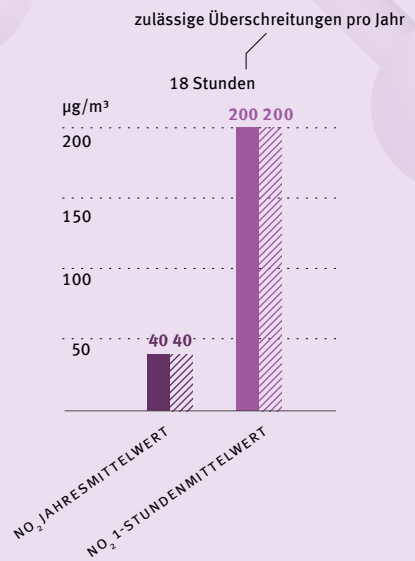
## Diesel-Autos tragen innerorts am meisten zur NO<sub>2</sub>-Belastung bei



Quelle: UBA/TREMOD 5.82/HBEFA 3.3, Stand 2017

Abb. 5

## EU-Grenzwerte ↔ WHO-Empfehlungen

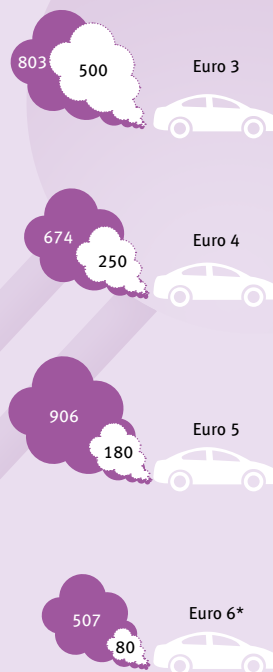


Zusammenstellung: Umweltbundesamt

Abb. 7

## Diesel-Pkw verschiedener Schadstoffklassen

● Durchschnittliche reale Abgasemissionen  
○ Grenzwerte  
in mg NO<sub>x</sub>/km



\* Für Fahrzeuge ohne Nachweis niedriger Stickoxidemissionen im praktischen Betrieb auf der Straße (Euro 6a-c). Für Fahrzeuge mit Nachweispflicht zur Grenzwerteinhaltung ausschließlich in Rollenprüfstandsmessungen (Euro 6a-c).  
Quelle: HBEFA 3.3 (24.04.2017)





Dabei entsteht zunächst zu rund 90 Prozent Stickstoffmonoxid (NO) und nur zu zehn Prozent  $\text{NO}_2$  auf direktem Weg. Ein Großteil des  $\text{NO}_2$  bildet sich dann in der Atmosphäre sekundär durch Umwandlung von NO in  $\text{NO}_2$ .

$\text{NO}_2$ -Konzentrationen können schon auf kleinem Raum sehr verschieden sein. Hohe Konzentrationen treten üblicherweise entlang von stark befahrenen Straßen auf. Aus Analysen der  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen im innerstädtischen straßennahen Raum weiß man, dass der Straßenverkehr zu rund 60 Prozent zu dieser Belastung beiträgt. Innerhalb des Straßenverkehrs haben die Diesel-Pkws wiederum den Hauptanteil mit über 70 Prozent.

## Wie $\text{NO}_2$ krank macht

$\text{NO}_2$  führt als starkes Oxidationsmittel zu Entzündungen in den Atemwegen und verstärkt die Reizwirkung anderer Luftschadstoffe. In der Folge können bei hoher Exposition Symptome wie Atemnot, Husten, Bronchitis sowie Lungenfunktionsminderungen auftreten.

Nimmt die  $\text{NO}_2$ -Belastung der Außenluft zu, leiden besonders Menschen mit vorgeschädigten Atemwegen darunter. Bei lang anhaltenden (wie sie teilweise bei uns vorkommen) oder sehr hohen Belastungen (wie sie in anderen Ländern der Erde in Großstädten vorkommen) kann auch eine Zunahme der Herz-Kreislauferkrankungen und der Sterblichkeit statistisch beobachtet werden.

Innerhalb der Europäischen Union und damit auch in Deutschland wurden bei der Festlegung der Grenzwerte für  $\text{NO}_2$  die WHO-Empfehlungen übernommen. Die menschliche Gesundheit ist damit gegen  $\text{NO}_2$  im Vergleich zu Feinstaub gesetzlich besser geschützt – soweit die Werte auch eingehalten werden.

Die neueren Diesel-Pkw ab dem Emissionsstandard Euro 6d-TEMP stoßen viel weniger Stickoxide aus als ältere Fahrzeuge. Diesel-Autos der Euro-Klasse 5 und ältere Diesel der Klasse 6 wiesen im Durchschnitt im realen Betrieb Überschreitungen der erlaubten Emissionen um das fünf- bzw. sechsfache auf. Aufgrund neuer gesetzlicher Vorgaben dürfen moderne Diesel auch im realen Betrieb die geltenden Grenzwerte zunächst um maximal das 2,1-Fache überschreiten.

**Die damit verbundenen Reduzierungen der  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen reichen dennoch nicht aus, um an hoch belasteten Standorten die seit 2010 geltenden Grenzwerte in naher Zukunft einzuhalten.**

Dafür sind daher weitere Maßnahmen erforderlich, die – soweit verhältnismäßig – auch Verkehrseinschränkungen für ältere Diesel-Pkw umfassen können.

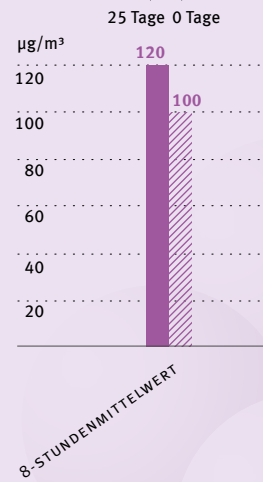
# Ozon

Ozon, ein Molekül aus drei Sauerstoffatomen ( $O_3$ ), wird in der Atmosphäre durch Reaktionen gebildet, an denen v. a. Stickoxide und flüchtige organische Verbindungen (VOC) beteiligt sind. Letztere werden insbesondere aus Lösemitteln (aus Farben und Lacken, Klebstoffen oder Reinigungsmitteln), unverbrannten Kraftstoffbestandteilen oder aus den natürlichen Ausdünstungen von höheren Pflanzen freigesetzt.

Abb. 9

EU-Zielwerte ■ ↔ WHO-Richtwerte ▨

zulässige Überschreitungen pro Jahr

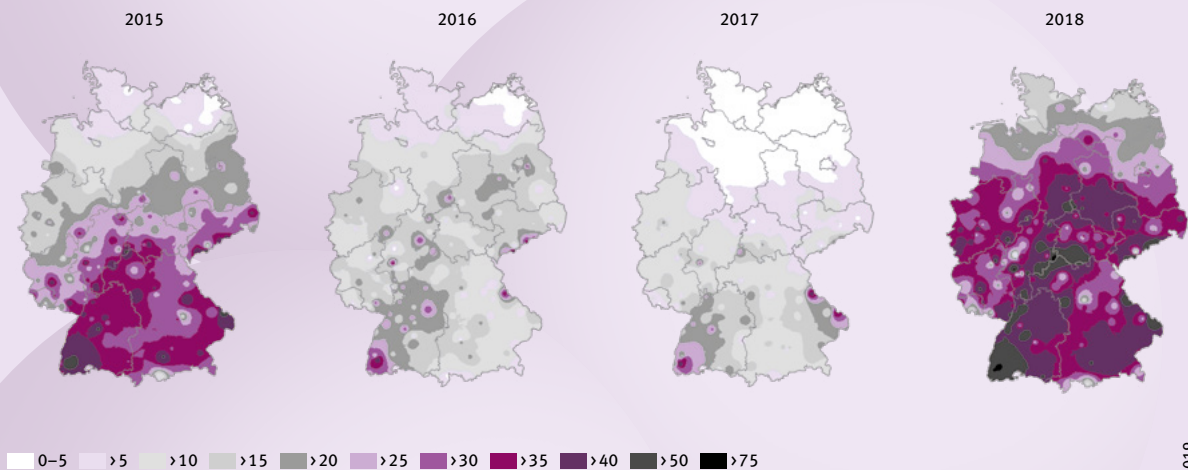


Zusammenstellung: Umweltbundesamt

Abb. 10

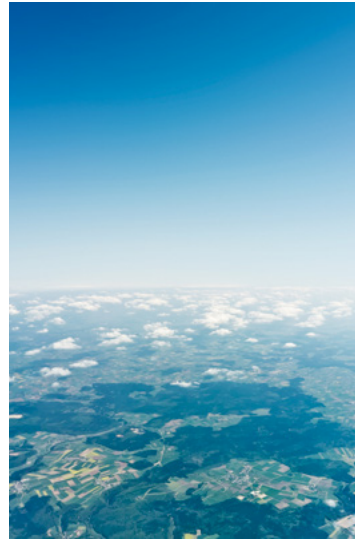
## Räumliche Verteilung der Überschreitungstage des Langfristziels zum Schutz der Gesundheit

Zahl der Tage mit maximalen 8-Stundenmittelwerten  $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Quelle: Umweltbundesamt 2019

Die Ozonbildung aus diesen Vorläuferstoffen wird durch Sonnenstrahlung (UV-Strahlung) und hohe Temperaturen begünstigt. Besonders hoch ist die Ozonbelastung deswegen immer im Sommer. Die höchsten Ozonwerte treten dabei am Stadtrand und in den angrenzenden ländlichen Gebieten auf, also entfernt von den Quellen der Vorläuferstoffe. Das klingt paradox, liegt aber daran, dass Stickstoffmonoxid (NO), das in Autoabgasen enthalten ist, mit Ozon reagiert. Dabei wird Ozon abgebaut, sodass die Ozonbelastung in Innenstädten deutlich niedriger ist – verursacht durch andere Luftschadstoffe. Andererseits werden die Vorläuferstoffe mit dem Wind aus den Städten heraus transportiert und tragen so entfernt von deren eigentlichen Quellen zur Ozonbildung bei.



## Wie Ozon krank macht

Die gesundheitlichen Wirkungen von Ozon bestehen in einer verminderten Lungenfunktion, entzündlichen Reaktionen in den Atemwegen und Atemwegsbeschwerden. Steigen die Ozonwerte im Sommer über die Informationsschwelle ( $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als 1-Stunden-Wert) oder gar über die Alarmschwelle ( $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als 1-Stunden-Wert), erhält die Bevölkerung über die Medien Informationen und Verhaltensempfehlungen.

Der Schutz vor erhöhten Ozonkonzentrationen ist eher gering, da von der EU keine verbindlichen Grenzwerte, sondern neben der Informations- und Alarmschwelle lediglich Zielwerte festgelegt wurden. Mit der Einhaltung eines Zielwertes sollen schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit vermieden werden. Diese Einhaltung muss nach Möglichkeit innerhalb eines bestimmten Zeitraums erreicht werden, bei einer Überschreitung eines Zielwertes für Ozon sind jedoch, im Gegensatz zu Überschreitungen der Grenzwerte für Feinstaub und  $\text{NO}_2$ , die Behörden nicht dazu verpflichtet, lokale Luftreinhaltepläne mit Maßnahmen zur Erreichung des Zielwertes aufzustellen. Der Weg zu einer niedrigeren Ozonbelastung ist hier vor allem: Die Emissionen der Vorläufergase müssen weiter gesenkt werden.

### LUFTSCHADSTOFFE UND ÖKOSYSTEME

Luftschadstoffe sind nicht nur ein Risiko für die Gesundheit, sie können auch Pflanzen, Böden, Ökosysteme an Land oder Gewässer schädigen. Dabei ist dann nicht immer nur die Schadstoffkonzentration in der Luft ausschlaggebend, sondern auch welche Schadstoffmenge über einen bestimmten Zeitraum in empfindliche Ökosysteme eingetragen wird. Die Wirkungen für die Ökosysteme sind komplex und langfristig. Hohe Einträge von z. B. stickstoff- oder schwefelhaltigen Verbindungen oder direkte Schädigungen z. B. durch Ozon bedrohen die biologische Vielfalt und destabilisieren die Systeme. Dadurch können sie anfälliger für Trockenheit oder Schädlinge werden. Nicht nur die Ökosysteme selbst sind ein schützenswertes Gut, sondern auch ihre vielfältigen Funktionen im Naturhaushalt wie Puffer- und Filterleistungen sind für den Menschen von vitaler Bedeutung. Deshalb hat die Emissionsminderung auch den Schutz von Ökosystemen zum Ziel. Die Belastungen von Ökosystemen durch Luftschadstoffe, der Erfolg von Minderungsmaßnahmen und der Zustand von Ökosystemen werden europaweit durch Monitoring-Programme überwacht.

# So wird Deutschlands Luft gemessen

## Was sagen uns Messwerte?

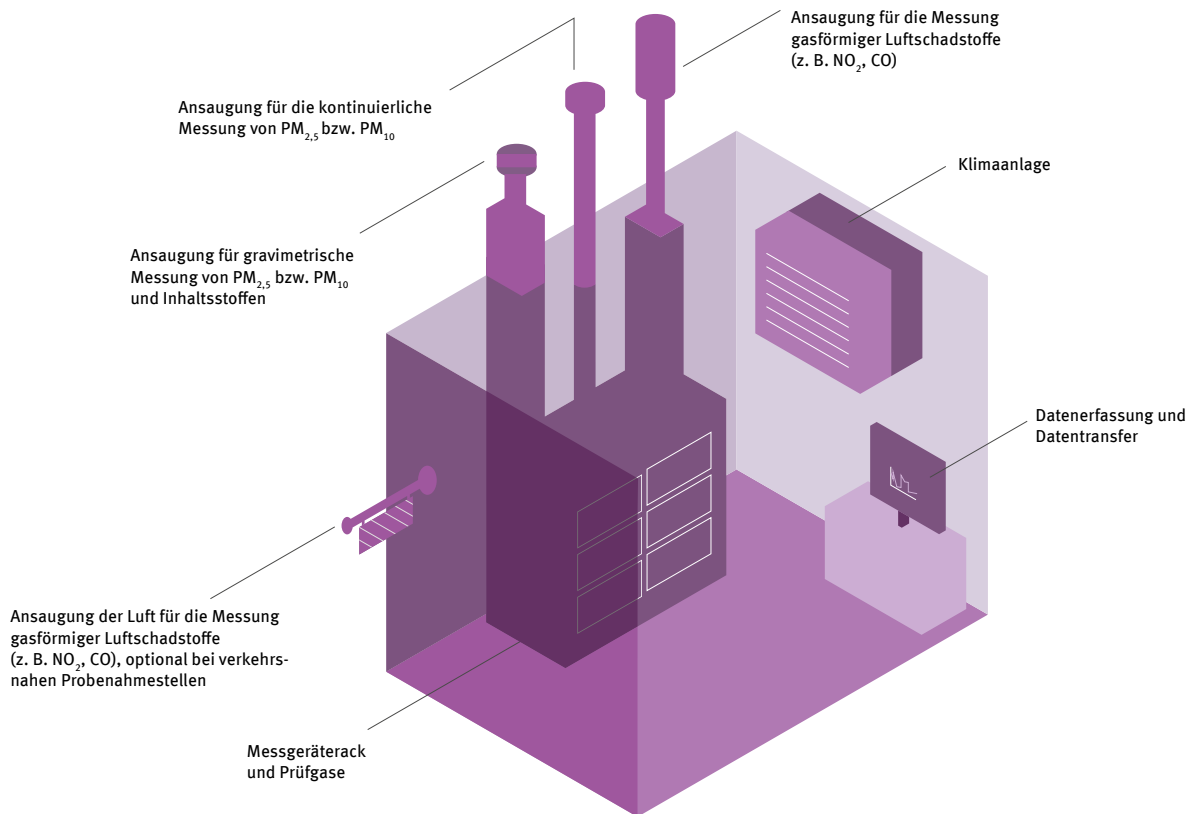
Die Luftqualität wird in Deutschland mit verschiedenen Messgeräten erfasst. Als Einheit dient dabei immer die Masse des Schadstoffes in einem Kubikmeter Luft, beispielsweise Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Die gemessenen Werte geben Auskunft darüber, welcher Belastung durch Luftschadstoffe die menschliche Gesundheit ausgesetzt ist. Anhand dieser Daten wird überprüft, ob Grenz- und Richtwerte zum Schutz der Gesundheit eingehalten werden. Messdaten dokumentieren aber auch die Entwicklung der Luftschadstoffkonzentration über lange Zeiträume. So zeigen sie, ob Maßnahmen zur Luftreinhaltung die angestrebten Erfolge erzielen. Eine flächendeckende Messung der Luftschadstoffbelastung ist nicht möglich – aber auch nicht nötig. Die gemessenen Konzentrationen sind häufig auch auf andere Orte übertragbar. So können etwa Messwerte an einer Straße auf die Situation einige 100 Meter entfernt entlang dieser Straße übertragen werden, sofern sich Verkehr und Bebauung nicht wesentlich ändern. Werte von Messstationen in abgelegenen ländlichen Gebieten gelten sogar für ähnlich charakterisierte Orte in bis zu 100 Kilometern Entfernung oder mehr. Sollen Luftschadstoffkonzentrationen flächendeckend ermittelt werden, müssen sie modelliert werden.

Für diese Berechnungen berücksichtigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zahlreiche Einflussfaktoren: zum einen die Emissionen von Schadstoffen, dann den Transport der Schadstoffe in der Atmosphäre durch Wind und Verwirbelung sowie chemische Prozesse, die zwischen den Luftschadstoffen ablaufen. Wie gut diese hierzu verwendeten Chemie-Transport-Modelle arbeiten, kann durch Vergleich mit Messungen überprüft werden. Anhand solcher Berechnungen kann auch die Luftqualität von Orten beurteilt werden, wo nicht gemessen wird. Modelle werden auch genutzt, um Transportwege von Schadstoffen nachzuvollziehen und Schadstoffquellen zu identifizieren. Ein weiteres Einsatzgebiet sind Szenarienrechnungen. Hierbei wird berechnet, wie sich Änderungen der Schadstoffquellen oder der Klimawandel auf die künftige Luftschadstoffkonzentration auswirken können. Mit Modellen kann die Luftschadstoffbelastung auch vorhergesagt werden, ähnlich wie beim Wetter. Das kann für die Planung von Freizeitaktivitäten im Freien oder von Sportveranstaltungen hilfreich sein.







## Wann sind Messdaten vergleichbar?

Nur wenn die Messmethoden sowie die mit Messungen erfassten Zeiträume vergleichbar sind, sind auch die ermittelten Messergebnisse vergleichbar. Deswegen sind die Methoden, mit denen die Luft gemessen wird – sogenannte Referenzmessverfahren –, europaweit in einer Richtlinie zur Luftqualität festgelegt. Sollen andere Messverfahren zur Anwendung kommen, ist ein umfangreiches Testprogramm zum Nachweis der Gleichwertigkeit durchzuführen. Auch die erforderliche Genauigkeit der Messwerte ist in der Richtlinie festgelegt. Hier spricht man von Messunsicherheit, die für Luftschadstoffe  $\pm 15$  Prozent des einzelnen Messwertes der gasförmigen Luftschadstoffe und  $\pm 25$  Prozent bei Partikeln beträgt.<sup>2</sup> Eine weitere Anforderung der Richtlinie ist, dass mindestens 90 % der Messwerte eines Jahres gültig sein müssen.

Die Luftmessnetze verfügen über Qualitätsmanagementsysteme, in denen regelmäßige Wartungen und Kalibrierungen der Messgeräte vorgesehen sind. Von den nationalen Referenzlaboratorien werden diese Systeme mindestens alle fünf Jahre überprüft. Diese Laboratorien wiederum sind für die Anwendung dieser Verfahren als Prüf- und Kalibrierlabor akkreditiert und nehmen an unionsweiten Qualitätssicherungsprogrammen teil. Das Referenzlabor des UBA stellt Prüfgase her, anhand derer alle Messnetze in Deutschland ihre Geräte kalibrieren (siehe S. 45 „Einblicke“).

<sup>2</sup> Messungen können nie 100 Prozent genau sein. Es gibt keinen wahren Wert ohne Messunsicherheit. Die Messunsicherheit gibt an, wie sicher es ist, dass der wahre Wert der Messgröße auch getroffen wurde.

# Wo stehen die Messstationen?

Für vergleichbare Messergebnisse ist auch die Lage der Messstationen von Bedeutung. Es gibt grundsätzlich vier verschiedene Standorttypen von Messstationen:

- Ländlicher Hintergrund: Diese Messstationen stehen in Gebieten, in denen die großräumige Luftqualität weitestgehend unbeeinflusst ist durch vom Menschen verursachte Quellen.
- Städtischer Hintergrund: Diese Stationen messen die Luftqualität in städtischen und vorstädtischen Wohngebieten abseits der Hauptstraßen.
- Verkehrsnah: Diese Stationen messen unmittelbar an Straßen.
- Industrienah: Diese Stationen messen unmittelbar in der Nähe von Industrieanlagen.

Ein großer und zudem wachsender Teil der Bevölkerung lebt in Städten und Ballungsräumen, in denen die Luftqualität durch vielfältige menschliche Aktivitäten geprägt ist: Heizungen, Industrie, Gewerbe oder Straßenverkehr. Um die Belastung eines Großteils der Stadtbevölkerung zu ermitteln, werden in typischen städtischen und vorstädtischen Wohngebieten abseits von Hauptstraßen Luftschadstoffe gemessen. Aber auch die Luftschadstoffbelastung der an viel befahrenen Straßen lebenden Bevölkerung wird überwacht. Denn: Grundprinzip der europäischen Richtlinie ist es, die Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit überall sicher einzuhalten.

Daher müssen die Messstationen so stehen, dass sie auch die höchsten Konzentrationen erfassen, denen die Bevölkerung direkt oder indirekt ausgesetzt ist – direkt z. B. auf der Straße oder indirekt beim Lüften der Wohnung. Für Schadstoffe wie Stickstoffdioxid, die überwiegend aus dem Verkehr stammen, heißt das: Messstationen müssen an viel befahrenen Straßen stehen.

## Kriterien für die Standortwahl der Messstationen vom Typ „verkehrsnah“



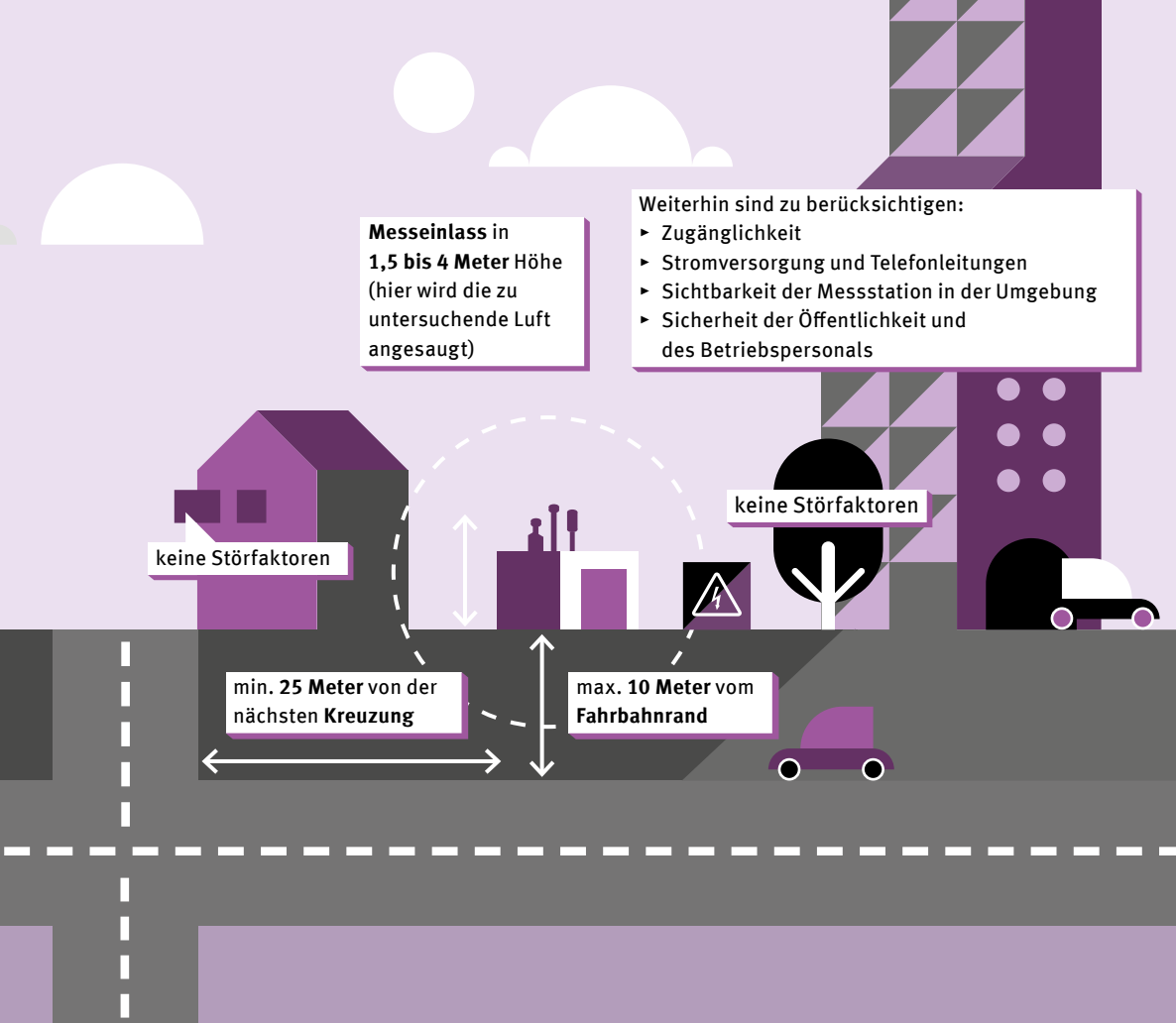
Diese Kriterien sollen, so die Richtlinie, „soweit möglich“ eingehalten werden. Muss eine Station z. B. aus Platzgründen näher an einer Kreuzung stehen und ist diese Stelle dennoch die beste Option, so sind deren Messwerte auch dann gültig.

### 39. VERORDNUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES BUNDES-IMMISSIONSSCHUTZGESETZES (39. BIMSCHV)

Die europäische Richtlinie zur Luftqualität wurde von Deutschland 1:1 in deutsches Recht übertragen: in die 39. BImSchV.

Hierin sind Grenz- und Zielwerte für eine Vielzahl von Luftschadstoffen festgelegt. Zudem regelt sie die Beurteilungsmethoden – wie beispielsweise Messungen und Modellrechnungen –, die Zahl und Lage der Messstationen, die zu verwendende Messtechnik, die Qualitätssicherung der Messungen, die Aufstellung von Luftreinhalteplänen bei der Überschreitung von Grenzwerten und die Information der Öffentlichkeit.





## Citizen Science – gut für den Hausgebrauch

„Wie sauber ist die Luft, die du atmest?“ – das ist eine der Fragen, mit der Projekte darum werben, dass sich Bürgerinnen und Bürger an der Messung von Luftschadstoffen in ihrer unmittelbaren Umgebung beteiligen. Oftmals bieten derartige Bürgerwissenschafts-Projekte (Citizen Science) einfach zu handhabende Sensoren an und führen die ermittelten Messdaten auf Internetplattformen zusammen. Diese Daten können Aufschluss über die räumliche Verteilung der Luftschadstoffe in einer Stadt geben und zeigen, wo Belastungsschwerpunkte sind (z. B. viel befahrene Straßen) oder kurzzeitige Belastungsspitzen auftreten (z. B. Silvesterfeuerwerk). Mit diesem Wissen, wo und wann die Luftqualität gut oder schlecht ist, kann jeder sein Verhalten anpassen, um möglichst gute Luft zu atmen. Da diese Sensoren jedoch deutlich ungenauer messen als professionelle Geräte, sind die Messergebnisse nicht gleichwertig. Ob beispielsweise Grenzwerte eingehalten sind oder nicht, ist mit einfachen Sensoren nicht festzustellen.



# Schlechte Luft und Gesundheit

Kann man berechnen, wie stark die Umwelt unsere Gesundheit beeinträchtigt?

Welche (Umwelt-)Risiken sollten reduziert werden, um die Gesundheit der gesamten Bevölkerung zu verbessern? Um dies zu beantworten, werden national wie international Studien zur Berechnung der „Krankheitslast“ durchgeführt.

Die Methode der Global Burden of Disease (GBD-Studie) wurde in den 1990er-Jahren von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zusammen mit der Weltbank und der Harvard School of Public Health entwickelt. Damit war es erstmals möglich, die Gesundheit der Weltbevölkerung umfassend darzustellen und auf Staatenebene zu vergleichen (Murray and Lopez 1996). In der ersten Studie konnten zuvor unterschätzte oder vernachlässigte Gesundheitsbelastungen identifiziert und hinsichtlich ihrer Relevanz für die Bevölkerungsgesundheit bewertet werden, wie psychische Erkrankungen und Verkehrsunfälle.

## Was heißt Krankheitslast?

Um Gesundheitsbelastungen quantifizieren zu können, werden Lebensjahre als Maßeinheit für die Bevölkerungsgesundheit genutzt: erstens die Lebensjahre, die Menschen verlieren, wenn sie vor Erreichen der statistischen Lebenserwartung versterben (Years of Life Lost due to premature mortality; YLL). Und zweitens die Lebensjahre, die Menschen aufgrund von Erkrankungen mit eingeschränkter Gesundheit leben (Years Lived with Disability; YLD). Das sogenannte Disability-Adjusted Life Year (DALY) vereint die beiden Bestandteile (YLL und YLD) miteinander. Es wird seither genutzt, um die Krankheitslast in Bevölkerungen darzustellen.

$DALY = YLL + YLD$

YLL = Anzahl der Todesfälle in einer Altersklasse x restliche Lebenserwartung zum Zeitpunkt des Todes

YLD = Anzahl an Erkrankten x Gewichtungsfaktor für die Schwere der Erkrankung

Die DALY-Maßeinheit ist ein Indikator für die Gesundheit einer Bevölkerung insgesamt. DALYs bieten aber auch die Möglichkeit, verschiedene Erkrankungen miteinander zu vergleichen: Können mehr Krankheiten oder Todesfälle dem Rauchen oder der schlechten Luft zugeschrieben werden? Erkranken mehr Menschen infolge von Alkoholmissbrauch oder ist es eher der Bewegungsmangel? Die Politik kann so abwägen, welche Prioritäten beim Gesundheitsschutz, bei Vorsorgeuntersuchungen oder der Verteilung von Steuergeldern gesetzt werden sollten.

Die GBD-Studie wird vom Institute for Health Metrics and Evaluation, einer Forschungseinrichtung der Universität Washington mit Sitz in Seattle, USA, regelmäßig aktualisiert. Sie liefert in einem nahezu jährlichen Turnus Krankheitslastdaten auf nationaler Ebene – auch für Deutschland. Die Ergebnisse sind online abrufbar.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> <http://www.healthdata.org/data-visualization/gbd-compare>.

# Welche Krankheitslasten entstehen durch eine verschmutzte Umwelt?

Wer die Bevölkerung gezielt vor Krankheiten schützen möchte, muss zunächst wissen, was die größten Krankheitslasten verursacht – ob also zum Beispiel mehr Menschen an Krebs oder an Herz-Kreislaufkrankungen sterben. Zweitens muss man wissen, was zu den jeweiligen Erkrankungen führt – ob etwa das Rauchen, mangelnde Bewegung oder andere Faktoren mit ein Grund für die Erkrankungen sind. Diese nennt man Risikofaktoren.

Das Umweltbundesamt (UBA) untersucht in seiner Arbeit die Auswirkungen umweltbedingter Risikofaktoren auf den Menschen, zum Beispiel die Wirkungen von Luftschadstoffen wie Feinstaub und Stickoxiden, aber auch die von Lärm. Für die Berechnung der Krankheitslast durch Umwelt Risiken gibt es eine anerkannte Methode, die von der WHO entwickelt wurde: das Environmental Burden of Disease (EBD)-Konzept (Prüss-Üstün, Mathers et al. 2003), welches auf der Krankheitslasten-Methode fußt.

Hierbei werden gesundheitsbezogene Daten und Umweltdaten aus unterschiedlichen Quellen zusammengeführt. Dazu gehören unter anderem bevölkerungsbezogene Beobachtungsstudien zur Gesundheit (sogenannte epidemiologische Studien), die Todesursachenstatistik sowie Daten aus der Umweltbeobachtung. Mit der Verknüpfung dieser Informationen kann näherungsweise der Anteil der Krankheitslast bestimmt werden, der auf einen Umweltrisikofaktor zurückgeführt werden kann (attributabler Anteil an der Gesamtkrankheitslast).

Für viele Erkrankungen ist der Zusammenhang mit Umweltbelastungen durch toxikologische (tierexperimentelle) sowie epidemiologische Studien nachgewiesen. So weiß man z. B., dass sich die Belastung des Körpers mit Blei negativ auf die geistige Entwicklung von Kindern auswirkt und dass Feinstaub zu Lungenkrebs führen kann.

Mathematisch lässt sich über eine Funktion darstellen, wie ein Risiko mit zunehmender Schadstoffkonzentration steigt. Zusammen mit der Information zur Verteilung des betrachteten Umweltrisikofaktors in der Gesamtbevölkerung (Exposition) kann man also ermitteln, wie viel höher das Risiko, zu erkranken oder zu versterben, in Gebieten mit z. B. einer höheren Luftschadstoffbelastung ist.

## Interpretation der (umweltbedingten) Krankheitslast

Für die Berechnung der Krankheitslast werden in EBD-Studien verschiedene Annahmen getroffen, zum Beispiel ab welcher Schadstoffkonzentration das Risiko ansteigt, zu erkranken oder zu versterben. Zudem werden Daten dazu benötigt, wie hoch etwa die Luftschadstoffkonzentration ist und wie viele Menschen an welchen Erkrankungen versterben oder erkranken. Diese Annahmen werden in mathematischen Modellen miteinander verknüpft.

Modelle können aber nur eine Annäherung an die Realität abbilden. Zudem ist das Ergebnis aus Modellrechnungen von der Qualität der Eingangsdaten und den gewählten Annahmen abhängig. Die transparente Angabe der Annahmen und die Darstellung der Unsicherheit in den Ergebnissen ist deswegen eine wichtige Voraussetzung für eine sachgerechte Interpretation.

Anwendungsbeispiel:

### VERGLEICH DER KRANKHEITSLAST FÜR STICKSTOFFDIOXID UND FEINSTAUB

Berechnungen des UBA für das Jahr 2014 zeigen: Auf Stickstoffdioxid können knapp 49.700 verlorene Lebensjahre (YLL) zurückgeführt werden, auf Feinstaub gut 409.900 YLL. Bei den attributablen Todesfällen sind es ca. 6.000 (1) und ca. 41.100 (2). Dies zeigt: Feinstaub ist ein deutlich bedeutenderer Risikofaktor als NO<sub>2</sub>. Für die Schätzungen der Exposition wurden nur Daten von Messstati-

onen im städtischen und ländlichen Hintergrund genutzt. Besonders hohe Konzentrationen, wie sie z. B. in Städten in der Nähe des Straßenverkehrs zu finden sind, können dabei aus methodischen Gründen nicht berücksichtigt werden.

1 [www.umweltbundesamt.de/no2-krankheitslasten](http://www.umweltbundesamt.de/no2-krankheitslasten)

2 [www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-gesundheit/gesundheitsrisiken-durch-feinstaub](http://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-gesundheit/gesundheitsrisiken-durch-feinstaub)

Abb. 11

**Berechnung der Krankheitslast für Luftschadstoffe**  
gemäß der Environmental-Burde-of-Disease-Methode

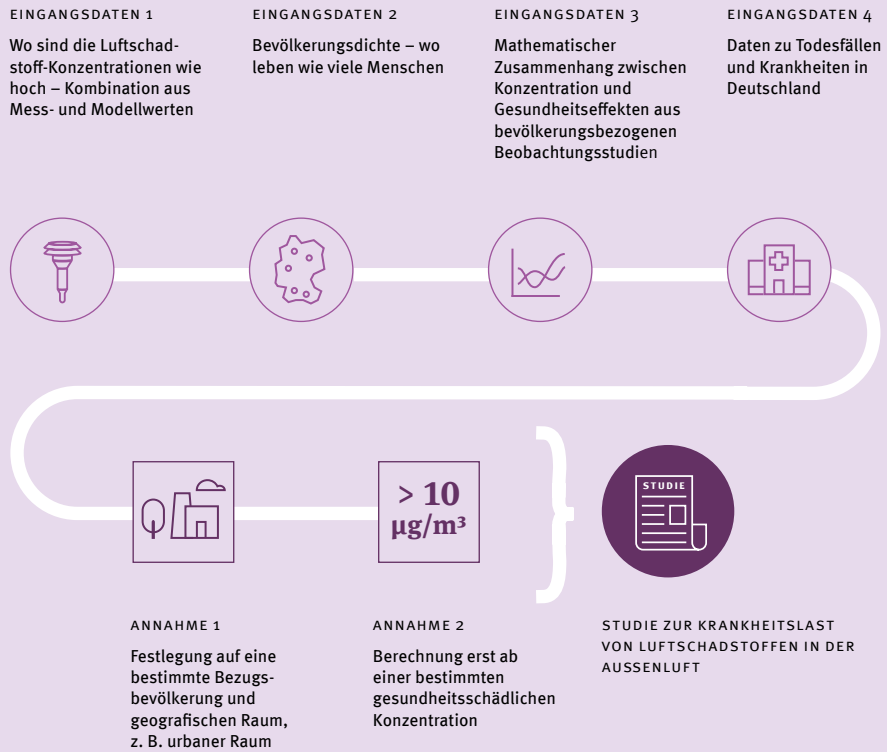
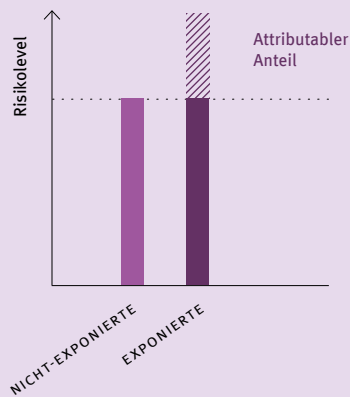


Abb. 12

**Wie hoch ist der Anteil, den Umweltrisikofaktoren an der Krankheitslast haben?**



Quelle: Eigene Darstellung nach (Pruss-Ustün, Mathers et al., 2003, S.13)



Ergebnisse von Krankheitslaststudien liefern keine präzisen Werte, sondern belastbare Schätzungen einer Größenordnung.

Insbesondere die gesundheitlichen Wirkungen von Luftschadstoffen werden intensiv in Politik, Medien und Öffentlichkeit diskutiert. Hierbei wurden auch Ergebnisse aus Krankheitslaststudien herangezogen. Zumeist wurde dabei isoliert die Krankheitslast, zum Beispiel in Form von „attributablen Todesfällen“ oder „verlorenen Lebensjahren“ benannt. Eine isolierte Angabe einzelner Zahlen für die Krankheitslast ist jedoch wenig zielführend, weil die Ergebnisse von Studien zur Krankheitslast in der Regel für relative Vergleiche unterschiedlicher Risiken vorgesehen sind, wie dies z. B. in den GBD-Studien praktiziert wird. Wenn Krankheitslasten für unterschiedliche umweltbedingte Risikofaktoren berechnet werden, können diese miteinander verglichen und so abgeleitet werden, welcher Risikofaktor prioritär reduziert werden sollte.

Eine weitere Herausforderung bei der Interpretation von Krankheitslaststudien ist, dass für einzelne Schadstoffe Ergebnisse von unterschiedlichen Institutionen herausgegeben werden, die zwar die gleichen Einheiten nutzen, für die Berechnung der Krankheitslast jedoch unterschiedliche Annahmen und Eingangsdaten zugrunde legen. So präsentierte zum Beispiel die Europäische Umweltagentur (EEA) in ihrem Bericht zur Luftqualität in Europa für Deutschland und das Jahr 2014 eine Krankheitslast von 12.860 attributablen Todesfällen und 133.800 verlorenen Lebensjahren (YLL), die auf die Exposition gegenüber Stickstoffdioxid zurückzuführen ist (EEA 2017). Im Vergleich dazu wurde in einem Forschungsprojekt im Auftrag des UBA für das gleiche Jahr eine Krankheitslast von ca. 6.000 attributablen Todesfällen und etwa 49.700 verlorenen Lebensjahren (YLL) ermittelt (Schneider, Cyrus et al. 2018). Ein entscheidender Unterschied zwischen diesen beiden Studien ist, dass die EEA die Annahme getroffen hat, dass Stickstoffdioxid in Zusammenhang mit allen natürlichen Todesfällen steht. Anders im Forschungsprojekt des UBA. Dieses hat die Krankheitslast in der Hauptanalyse ausschließlich auf Todesfälle beschränkt, die aufgrund von Herz-Kreislaufkrankungen aufgetreten sind – nicht aber etwa für Lungenkrebs, da hierfür widersprüchliche Studienergebnisse vorlagen. Die EEA hat in ihrer Basisanalyse die Annahme getroffen, dass gesundheitliche Schäden erst oberhalb von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Stickstoffdioxid im Jahresmittel auftreten, in der UBA-Studie wurde dieser Wert hingegen bei  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgelegt, da epidemiologische Studien gesundheitliche

Effekte bereits bei Werten zwischen 10 und  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ermittelten.

Der unmittelbare Vergleich der Krankheitslast aus unterschiedlichen Studien ist nur dann zweckmäßig, wenn die Annahmen in den zur Berechnung verwendeten Modellen übereinstimmen.

Eine wichtige Voraussetzung zur Einordnung von Daten zur Krankheitslast ist auch der Vergleich mit anderen Risikofaktoren, um die Bedeutung des untersuchten Umweltrisikofaktors für die Gesundheit der Bevölkerung einschätzen zu können. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, liefern Schätzungen der Krankheitslast eine wichtige Information zur Einordnung der Auswirkungen von Luftschadstoffen auf die Gesundheit.

Die Ergebnisse solcher Studien beschränken sich aus den genannten methodischen Gründen stets auf die gesamte Bevölkerung.

**Keineswegs kann aus Studien zur Krankheitslast abgeleitet werden, ob eine bestimmte Person konkret aufgrund schlechter Luft erkrankt ist.**

#### Quellenverzeichnis

EEA (2017). Air quality in Europe - 2017 report. Copenhagen, European Environment Agency.

Murray, C. J. L. and A. D. Lopez (1996). The global burden of disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020. Cambridge, Harvard School of Public Health on behalf of the World Health Organization and the World Bank.

Prüss-Üstün, A., C. Mathers, D. Campbell-Lendrum, C. Corvalán and A. Woodward (2003). Introduction and methods. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Geneva, World Health Organization.

Schneider, A., J. Cyrus, S. Breitner, U. Kraus, A. Peters, V. Diegmann and L. Neunhäuserer (2018). Quantifizierung von umweltbedingten Krankheitslasten aufgrund der Stickstoffdioxid-Exposition in Deutschland. Dessau-Roßlau, Umweltbundesamt.



## **„Die Luft, die Sie atmen, können Sie sich nicht aussuchen.“**

Interview mit Dr. Maria Neira, Direktorin, Abteilung für Gesundheitswissenschaften, Umwelt und Soziale Determinanten, Weltgesundheitsorganisation (WHO)



**Frau Neira, wann mussten Sie zuletzt schlechte Luft atmen?**

Das muss ich leider ziemlich häufig. Erst vor Kurzem in Indien, aber auch in Schanghai oder Peking – es gibt viele Orte, wo man schlechte Luft atmen muss. Ich glaube, am schlimmsten war es in Peking. Ich fühlte mich regelrecht krank. Meine Augen und mein Hals taten weh, und ich musste die ganze Zeit husten. Fürchterlich.

**Die Luft hat also direkt auf Ihre Gesundheit geschlagen?**

Absolut. Und wenn man dort Menschen sieht, die Masken tragen und mit roten Augen permanent husten, dann erkennt man, wie schlimm das tägliche Leben dort für sie sein muss.

**Sie haben gerade darauf verwiesen, wie Sie von schlechter Luft betroffen waren. Können Sie uns nochmal zusammenfassen: Wie groß ist der Einfluss von Luftschadstoffen auf die menschliche Gesundheit im Vergleich zu beispielsweise Chemikalien im Essen oder Gebrauchsgegenständen oder auch zu Giften wie Alkohol oder aus Zigarettenrauch?**

Sie können sich die Luft, die Sie atmen, nicht aussuchen. Ob Sie in Neu-Delhi leben oder in Peking – Sie müssen die Luft atmen, die da ist. Es ist keine eigenständige Entscheidung. Luftverschmutzung ist der größte umweltbedingte Risikofaktor für die menschliche Gesundheit und sogar der viertgrößte Risikofaktor insgesamt. Luftverschmutzung verursacht Krankheiten wie Lungenkrebs, Schlaganfälle, Herzkrankheiten, Lungenentzündungen und chronische Atemwegserkrankungen. Wir schätzen, dass Luftverschmutzung etwa sieben Millionen attributable Todesfälle

weltweit zu verantworten hat. Damit ist klar: Schlechte Luft ist ein echtes Problem für die Gesundheit der Bevölkerung, und wir müssen hier so schnell wie möglich handeln. Wer weiß, vielleicht werden Politiker in einigen Jahren gefragt:

## „Die Luftqualität hat sich in den Ländern der Europäischen Union deutlich verbessert, kein Zweifel.“

Warum habt ihr nicht mehr für die Gesundheit der Menschen getan, obwohl ihr wusstet, wie viel Schaden Luftverschmutzung anrichtet?

**Wie sollten Regierungen auf dieses Wissen und diese Fakten reagieren? Reagieren sie richtig?**

Sie tun es definitiv nicht mit dem Willen und der Geschwindigkeit, wie wir uns das vorstellen würden. Als Gesundheitswissenschaftlerin will ich natürlich die Zahl der attributablen Todesfälle auf null senken, und zwar gleich morgen. Wenn man diesen Standard übernimmt – das wäre natürlich meiner –, dann sind die derzeitigen Maßnahmen zu langsam und zu wenig ambitioniert. Ich muss sagen, dass wir Mediziner, wir in den Gesundheitswissenschaften, doch ziemlich ungeduldig wurden mit der Situation zuletzt. Erst in den letzten zwei Jahren kam etwas Bewegung in die Politik, und die Anstrengungen nehmen jetzt eine andere Dimension an und eine andere Richtung. Es besteht Hoffnung.

**Inwiefern sehen Sie eine andere Richtung?**

Schauen Sie nur mal nach China. China hat der Luftverschmutzung den Krieg erklärt und das zur nationalen Priorität gemacht. Und wir sehen tatsächlich schon die ersten

Effekte. Die bis dato immer ansteigende Luftverschmutzung stagniert nun oder sinkt sogar. Das ist so wichtig, weil in China ein so großer Teil der Weltbevölkerung lebt. Wir würden es gern sehen, wenn Indien dem Beispiel folgt.

**China hat die Risiken der Luftverschmutzung also erkannt. Sie haben sich die Fakten angesehen und entsprechend gehandelt. Aber anderswo – denken Sie, dass Politik heute mehr oder eher weniger empfänglich ist für Wissenschaft?**

Politische Entscheidungen werden oft durch wirtschaftliche Interessenkonflikte behindert. Für mich ist es völlig klar, dass die Bekämpfung der Luftverschmutzung mittel- und langfristige großen wirtschaftlichen Nutzen haben wird. Politisches Handeln ist aber oft zu kurzfristig. Jetzt erzeugen wir politischen Druck und sorgen dafür, dass die Bürger verstehen, dass, wenn sie Asthma haben und wenn sie chronische Atemwegserkrankungen oder sogar Lungenkrebs entwickeln, dies mit der Luftqualität

# „Ich hoffe, dass die Staaten noch besser erkennen, dass schlechte Luft auch ihre Wirtschaft beeinträchtigt.“

zusammenhängt. Das ist etwas, das den richtigen politischen Druck erzeugt. Dann werden die Entscheidungen aus den richtigen politischen Gründen getroffen – nämlich zum Schutz der Gesundheit unserer Bürger und zur Senkung der Kosten, die unserem Gesundheitssystem entstehen.

## **Sie haben lange Zeit bei der WHO auf europäischer Ebene gearbeitet. Wie hat sich die Luftqualität in den letzten Jahrzehnten in Europa entwickelt?**

Die Luftqualität hat sich in den Ländern der Europäischen Union deutlich verbessert, kein Zweifel. Insbesondere ist die Exposition gegenüber Partikeln deutlich zurückgegangen. Im Jahr 2016 war der Prozentsatz der Bevölkerung, der PM10- und PM2,5-Werten über den Grenzwerten der WHO-Leitlinien ausgesetzt war, der niedrigste seit 2000. Und zwischen 2000 und 2014 verzeichneten wir für 75 % der EU-Luftmessstationen einen Rückgang der PM10- und NO<sub>2</sub>-Konzentrationen. Das sind positive Signale, aber: Es gibt immer noch einen großen Teil der Bevölkerung, der Konzentrationen ausgesetzt ist, die deutlich über den Empfehlungen der WHO liegen. Wir haben jedes Jahr mehrere Hunderttausend attributable Todesfälle in der EU, was völlig inakzeptabel ist. Wie Sie wahrscheinlich wissen, sind die WHO-Leitlinien für Feinstaub strenger als die der EU-Gesetzgebung. Unserer

Meinung nach muss mehr getan werden, um zu erreichen, dass die Rechtsvorschriften unsere Empfehlungen berücksichtigen und somit die öffentliche Gesundheit besser schützen, was das Ziel ist, das wir alle haben.

## **Was sollte die EU tun?**

Ich habe lange schon jeden ermutigt, dass die WHO-Luftqualitätsrichtlinien eine Grundlage für Rechtsvorschriften für saubere Luft bilden sollten. Ich glaube auch, dass die EU sich in diese Richtung bewegt. Zumindest nach den Signalen, die wir empfangen. Wenn man sich die Fortschritte ansieht: Ich denke, dass die EU-Vorschriften und die Emissionskontrolle dabei eine sehr wichtige Rolle gespielt haben. Es entsteht dadurch auch eine Art positiver Wettbewerb zwischen den europäischen Ländern. Viele Länder sind noch nicht so weit – aber saubere Luft liegt im Interesse aller; nicht nur für die öffentliche Gesundheit, sie ist auch eine soziale Frage.

## **Die WHO arbeitet derzeit an neuen Luftqualitätsrichtlinien. Wie streng werden sie sein?**

Im Bereich der öffentlichen Gesundheit gibt es keine Grenzen für Ambitionen. Sie können sich keine niedrigen Standards auferlegen. Wir müssen sicherstellen, dass wir alle notwendigen Maßnahmen ergreifen, um die Gesundheit der Menschen zu gewährleisten. Was nötig ist, sollte getan werden.

## **Wann werden die neuen Leitlinien veröffentlicht?**

Ich kann Ihnen keinen Termin nennen, aber wir versuchen, sie so schnell wie möglich zu veröffentlichen. Es ist ein sehr rigoroser Prozess, der einen sehr methodischen Ansatz und eine solide Wissenschaft erfordert.

## **Sind Sie optimistisch, was saubere Luft in der Zukunft angeht? In Deutschland, der EU und weltweit?**

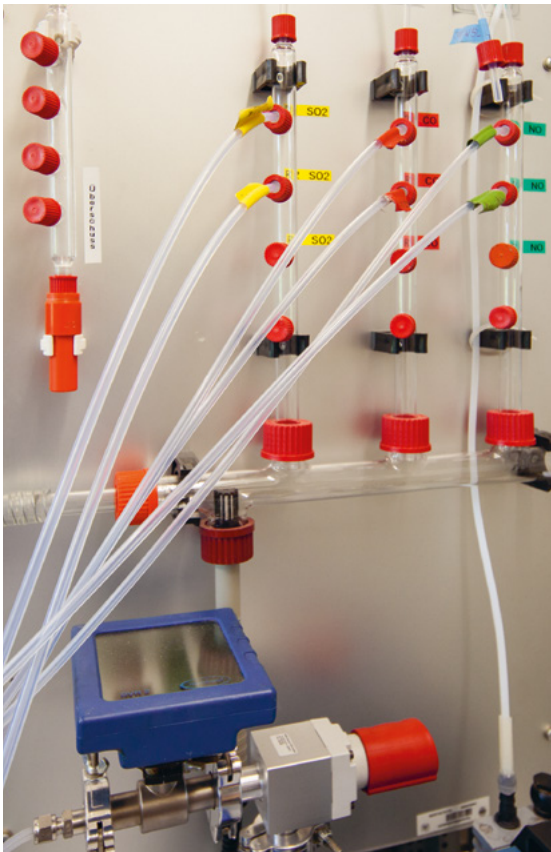
Ich bin pathologisch optimistisch. Ich hoffe, dass die Staaten noch besser erkennen, dass schlechte Luft auch ihre Wirtschaft beeinträchtigt. Ich glaube, dass die Entscheidung Chinas, die Luftverschmutzung zum großen Feind zu erklären, klug war. Auch die Forderungen der Bürger, der Wissenschaft und der vielen Kinder, die streiken, weil sie wollen, dass wir den Klimawandel bekämpfen – diese Entwicklungen geben mir Anlass zur Hoffnung, dass sich die Dinge ändern werden.

## **Frau Neira, vielen Dank für das Gespräch.**



# Das Umweltbundesamt

# UBA-EINBLICKE



Das UBA-Dienstgebäude im hessischen Langen ist Sitz der Luftmessnetz-Zentrale.

# Wie viel ist ein Mikrogramm NO<sub>2</sub>?

Seit mehr als 20 Jahren stellt das UBA sicher, dass Luftschadstoffe überall mit dem gleichen Maß gemessen werden. Im UBA-Referenzlabor entstehen Gase, anhand derer alle Messinstitute ihre Geräte kalibrieren.

## Das „Urmeter“ der Luftqualitätsmessung

Wer vor zweihundert Jahren wissen wollte, wie lang ein Meter ist, der musste nach Paris reisen. Dort, in einem Stahlschrank sicher verschlossen, lagerte das Urmeter – ein Stab aus reinem Platin, genau einen Meter lang, definiert als zehnmillionster Teils der Distanz vom Äquator zum Pol.

Dieses archaische Urmeter ist längst Geschichte. Ein Meter wird heute viel wissenschaftlicher definiert über die Lichtgeschwindigkeit: als jene Strecke, die das Licht im Vakuum in  $1/299\,792\,458$  Sekunden zurücklegt. Doch ähnlich wie alle Längenmessungen auf das „Urmeter“ in Paris zurückgeführt wurden, müssen auch alle Konzentrationsmessungen eine feste Bezugsgröße haben. Sie wird in Gramm pro Mol angegeben. Diese internationale Standardeinheit gibt an, wie viel  $6 \times 10^{23}$  Teilchen eines Stoffes wiegen. Beim Stickstoffdioxid sind das beispielsweise 46,1 g. Um vergleichbare Messungen durchzuführen, müssen also Gasgemische mit einer genau bestimmten Zahl von Teilchen hergestellt werden – das Urmeter der Luftmessung; die sogenannten Messnormale oder Referenzgase.

Grundsätzlich ist die Physikalisch-Technische-Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig verantwortlich für die Herstellung der „Nationalen Messnormale“ für Luftschadstoffe. Die PTB hat jedoch das Umweltbundesamt mit der Herstellung beauftragt. Deswegen entsteht in einem UBA-Labor in Langen (Hessen) das deutsche Referenzgas – nach international festgelegten Vorschriften und mit höchster Genauigkeit. Die Qualität dieser Gase wird durch regelmäßige Vergleichsmessungen gesichert, die das Europäische Referenzlabor im italienischen Ispra organisiert.

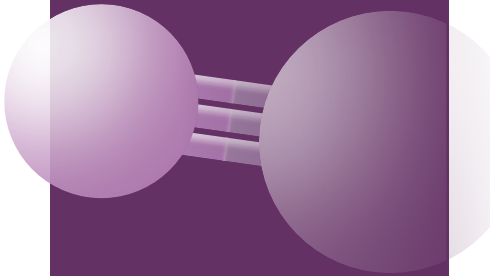
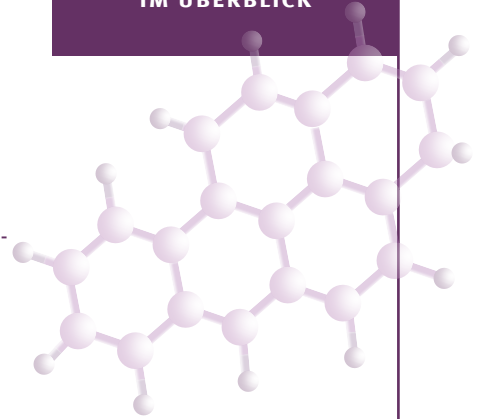
Wer in Deutschland Luftschadstoffe misst, muss also ins hessische Langen fahren, um seine Gasgemische mit den Referenzgasen des UBA zu vergleichen. Nach erfolgreicher „Anschlussmessung“ erhalten diese Messinstitute dann vom UBA ein Zertifikat, mit dem die Eignung des Gasgemisches für die Luftqualitätsmessung bestätigt wird. Die Institute nehmen sich also ihr eigenes Referenzgas mit nach Hause. Mit diesen „Transfernormalen“ sichern beispielsweise die Bundesländer die Qualität ihrer Schadstoffmessungen, die für die Einhaltung von Luftqualitätsgrenzwerten verwendet werden.

## Benzo(a)pyren

IM FEINSTAUB

Benzo(a)pyren ist ein Polyzyklischer Aromatischer Kohlenwasserstoff (PAK). Über die Atemluft oder die Nahrung aufgenommen, wirkt es krebserregend. Nur vier von ca. 120 Stationen, drei davon in Straßennähe, überschritten seit 2007 insgesamt 9-mal den Zielwert von 1 Nanogramm pro Kubikmeter Luft (ng/m<sup>3</sup>) als Jahresmittelwert. Die höchsten Werte werden in Straßennähe gemessen.

WEITERE  
LUFTSCHADSTOFFE  
IM ÜBERBLICK



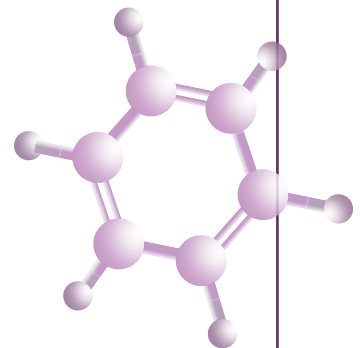
## KOHLENMONOXID

*Kohlenmonoxid ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas. Es ist ein starkes Atemgift. Hauptquelle für Kohlenmonoxid in der Luft ist der Kraftfahrzeugverkehr. Seit 1.1.2005 gilt der Grenzwert 10 mg/m<sup>3</sup> (8-Stunden-Mittelwert eines Tages). Er wurde seither in Deutschland nicht überschritten.*

## Benzol

Benzol ist eine organische, chemische Verbindung mit einem aromatischen Geruch. Benzol ist krebserregend. Der Hauptanteil der Belastung geht auf den Straßenverkehr zurück: Benzol ist Bestandteil der entweichenden Abgase aus dem Auspuff.

**Keine der Messstellen meldet Überschreiten des Grenzwertes von 5 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel.**



METALLE IM  
FEINSTAUB

74,92

**As**

33

**Arsen** IM FEINSTAUB

*Arsen schädigt Schleimhäute und Atemwege, und es kann Lungenkrebs entstehen. Der Zielwert von  $6 \text{ ng/m}^3$  als Jahresmittelwert wurde seit 2011 nicht mehr überschritten. In Industrienähe werden die höchsten Konzentrationen gemessen. Arsen entsteht vor allem bei der Verbrennung von Stein- und Braunkohle oder Erdöl und in der Metallindustrie.*

**Cadmium**

IM FEINSTAUB

Cadmium ist giftig und krebserregend und wird hauptsächlich über die Nahrung aufgenommen. Zum größten Teil gelangt Cadmium durch Verbrennungsprozesse in die Luft, aber auch die Metallindustrie ist ein bedeutender Emittent. Die letzte Überschreitung des Zielwerts von  $5 \text{ ng/m}^3$  als Jahresmittelwert wurde 2013 registriert.

48

**Cd**

112,411

58,693

**Ni**

28

**NICKEL** IM FEINSTAUB

Nickelverbindungen sind generell als krebserzeugend für den Menschen eingestuft, metallisches Nickel gilt als wahrscheinlich krebserregend. Nickel gelangt durch Emissionen z. B. von Kraftwerken oder der Industrie in die Luft. Für Nickel gilt ein Zielwert von  $20 \text{ ng/m}^3$  als Jahresmittelwert. Seit dem Jahr 2007 wurde der Zielwert insgesamt 13-mal an vier industrienahen Stationen überschritten. An einer Station lagen die Konzentrationen mit bis zu  $93 \text{ ng/m}^3$  deutlich über dem Zielwert.

Stand: 2017

# LUFTMESSNETZ DES UBA







Ein Standort des Umweltbundesamtes befindet sich auf Sylt.

## Luftmessnetz

Das Umweltbundesamt betreibt sieben Messstationen, von der Zugspitze bis Sylt. Sie liegen bewusst außerhalb von Ballungsgebieten und damit fernab von möglichen Luftschadstoffquellen. An diesen Messstationen werden eine Vielzahl von Luftschadstoffen und klimarelevanten Parametern bestimmt, darunter Feinstaub, Stickstoffdioxid oder Kohlenstoffdioxid. Zudem werden regelmäßig Proben von Luft, Feinstaub und Niederschlagswasser gesammelt und an zentraler Stelle auf bestimmte Inhaltsstoffe analysiert. Mit den Messungen aus dem UBA-Luftmessnetz werden die Luftqualität und ihre Entwicklung in „Reinluftgebieten“ erfasst. Damit kommt das UBA verpflichtenden Messaufgaben der Bundesrepublik Deutschland nach: zu weiträumig transportierten Luftverunreinigungen sowie deren Deposition und Wirkungen auf die Umwelt. Diese Aufgaben resultieren aus internationalen Abkommen und der geltenden EU-Gesetzgebung\*. Darüber hinaus betreibt das UBA-Luftmessnetz Forschung und Entwicklung, um die Messtechnik und das Prozessverständnis atmosphärenchemischer Vorgänge zu verbessern.

## Unterschiede zu den Messnetzen der Bundesländer

Die Bundesländer betreiben ein flächendeckendes Luftmessnetz zur Überwachung der Luftqualität in Städten, Ballungsräumen aber auch ländlichen Regionen\*\*. Diese Messdaten geben eine repräsentative landesweite Übersicht der bestehenden Immissionsituation wieder. Anders als das UBA-Luftmessnetz stehen diese Stationen auch dort, wo die Belastung am höchsten ist, z. B. verkehrsnah oder industrienah (siehe auch „So wird Deutschlands Luft gemessen“). Das Luftmessnetz der Länder unterscheidet sich somit vor allem hinsichtlich der Lage der Messstationen, aber auch der Aufgaben gegenüber dem Luftmessnetz des UBA.

Das UBA erfasst im Unterschied dazu möglichst quellfern Hintergrundkonzentrationen von Luftschadstoffen und deren Transport und Trends, insbesondere auch hinsichtlich der Klimaentwicklung. Letztlich haben aber beide Messnetze dasselbe Ziel: Umwelt und Mensch zu schützen. Zusammengefasst stellen sie die Überwachung der Luftqualität und deren Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland sicher.

\* Die Messverpflichtungen für das UBA-Luftmessnetz resultieren aus der Genfer Luftreinhaltekonvention (EMEP und ICP-IM), aus dem GAW-Programm der UN-WMO, aus der Mitgliedschaft Deutschlands in den Meeresschutzkommissionen OSPAR und HELCOM sowie aus der EU-Luftqualitätsrichtlinie.

\*\* Die Messverpflichtungen für das Luftmessnetz der Länder resultiert aus dem bestehenden Bundesimmissionschutzgesetz und der hierzu gültigen 39. Bundesimmissionschutzverordnung

# Beispiele aus dem Luftmessnetz: Alles sauber?

Anhand der Messdaten des Luftmessnetzes des UBA lässt sich die Entwicklung von Luftschadstoffen, wie hier am Beispiel von gemessenen Feinstaubkonzentrationen seit dem Beginn 2002 an der Messstation auf dem Waldhof (Niedersachsen), verdeutlichen (Abbildung 13).

Im Mittel gehen die Feinstaubkonzentrationen an den Hintergrundstationen zurück, und die Luft wird „sauberer“.

Nichtsdestotrotz lassen sich die Einflüsse des Menschen wie hier anhand von  $\text{NO}_2$ -Messdaten vom Schauinsland verdeutlichen. Durch windrichtungsabhängigen Transport (aus dem Ballungsraum Freiburg, NordNordWest  $\sim 300^\circ$ ) kommt es auch an der fern aller Quellen gelegenen Messstation Schauinsland (hier  $\sim 19:30$  h) vereinzelt zu erhöhten  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen (Abbildung 14).

Abb. 13

Jahresmittelwerte der sehr stark korrelierenden  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$ -Konzentrationen an der Messstation Waldhof.

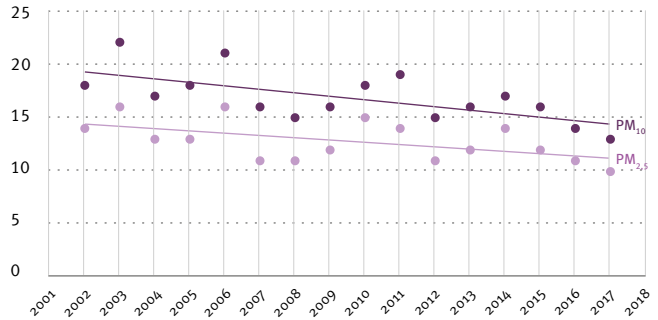
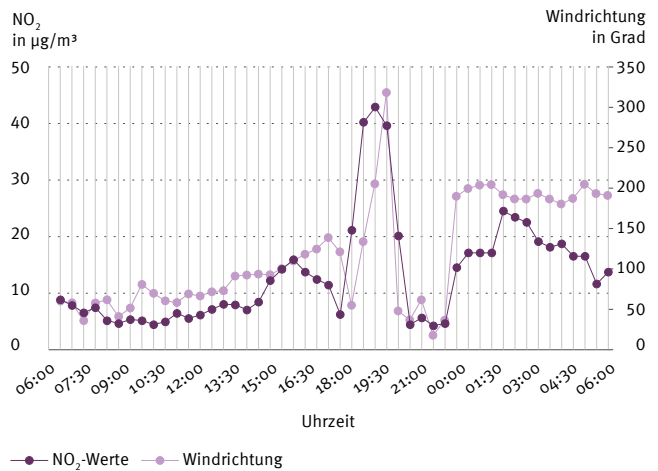


Abb. 14

$\text{NO}_2$ -Halbstundenmittelwerte und Korrelation mit der Windrichtung an der Messstation Schauinsland. 08.02. – 09.02.2018.



## Standorte des Luftmessnetzes:

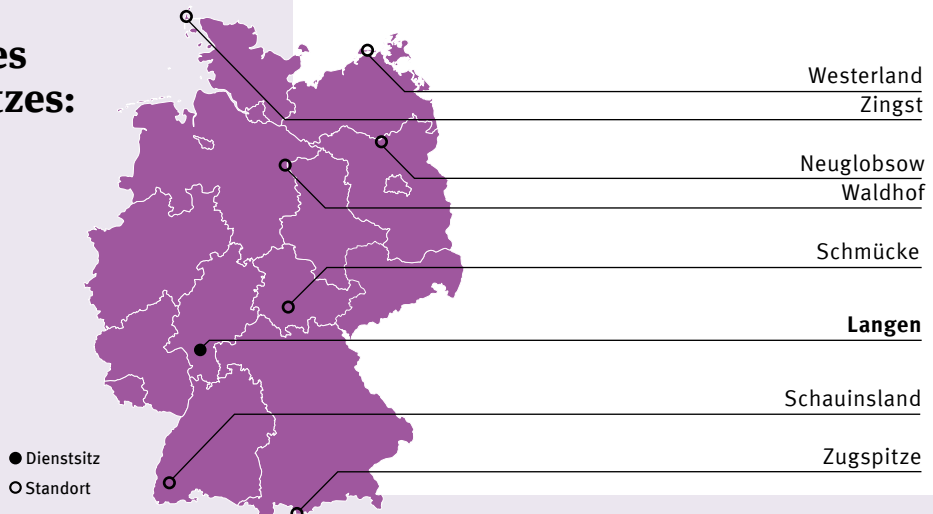


Abb. 15

Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Konzentration an den UBA-Messtationen Schauinsland und Zugspitze, sowie zum Vergleich am Mauna Loa und nach WMO.

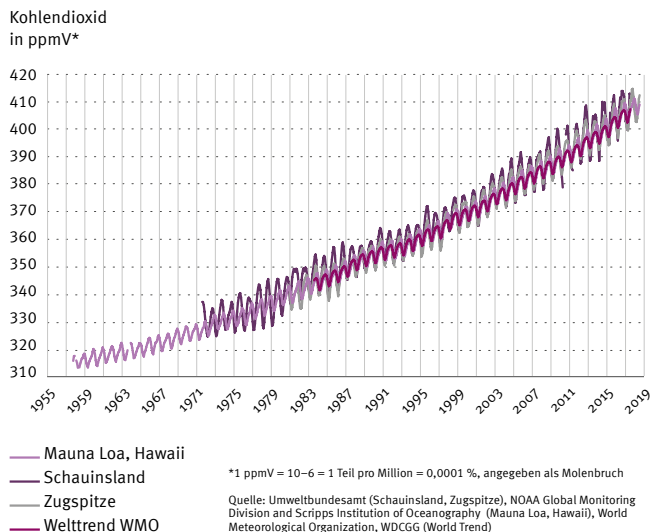
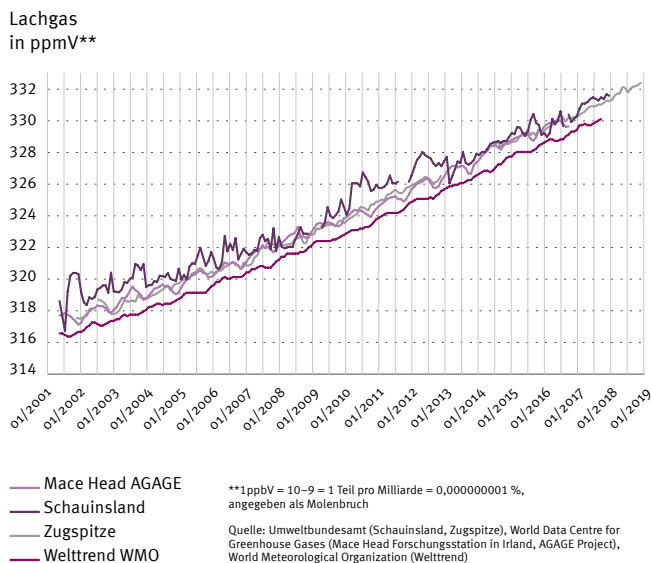


Abb. 16

Entwicklung der Lachgas-Konzentration an den Messtationen Schauinsland und Zugspitze, sowie zum Vergleich in Mace Head und nach WMO.



## Klimagase

Anders als bei den klassischen „Luftschadstoffen“ wie z. B. Feinstaub oder NO<sub>2</sub> zeigt sich bei den meisten Klimagasen eine Zunahme der Hintergrundkonzentrationen. So zeigen beispielsweise langjährige atmosphärische Messungen von Kohlenstoffdioxid an den Messtationen des Umweltbundesamtes Zugspitze und Schauinsland einen stetigen Anstieg der Konzentration seit Beginn der Aufzeichnungen 1971 bzw. 1980 um ca. 70–80 ppm (Abbildung 15). Diese Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration ist insbesondere auf die Verwendung fossiler, kohlenstoffhaltiger Brennstoffe durch den Menschen zurückzuführen. Bei der Verbrennung wird der enthaltene Kohlenstoff zu CO<sub>2</sub> oxidiert und in die Atmosphäre freigesetzt, in der es sich schließlich anreichert. Die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen zeigen dabei jahreszeitliche, vegetationsperiodische Schwankungen.

Ähnliches gilt beispielsweise auch für das klimaschädliche Di-Stickstoffmonoxid (N<sub>2</sub>O), umgangssprachlich Lachgas genannt. Seit Beginn der Messungen an den UBA-Luftmessnetzstationen, Zugspitze und Schauinsland ist die Konzentration an Lachgas um circa 4 % gestiegen (Abbildung 16).

Lachgas entsteht z. B. als Zwischenprodukt beim Abbau organischer Substanz und bei anderen Stoffumsetzungen (Nitrifizierung, Denitrifikation) in Böden und Gewässern. Insbesondere die Anwendung stickstoffhaltiger Dünger in der Landwirtschaft verstärkt dabei die Produktion des klimaschädlichen Lachgases. Darüber hinaus erhöht beispielsweise auch die Verbrennung von Biomasse die Konzentration in der Atmosphäre.

Die Problematik eines Anstiegs von klimaschädlichen Gasen, wie hier beispielhaft von CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O, liegt in der Verstärkung des natürlichen Treibhauseffektes.



**Publikationen als Pdf:**

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/schwerpunkt-1-2019-gesunde-luft>

Dieses Publikation ist kostenfrei zu beziehen beim Umweltbundesamt. Der Weiterverkauf ist untersagt. Bei Zuwiderhandlung wird eine Schutzgebühr von 15 Euro/Stück erhoben.