

## Häufig gestellte Fragen (FAQ) zum Thema Stickstoffdioxid – gesundheitliche Bedeutung und die Rolle von Grenzwerten

### Gemeinsam erarbeitet vom Umweltbundesamt und der Kommission Umweltmedizin und Environmental Public Health

**Derzeit werden die EU-weit gesetzlich festgelegten Grenzwerte für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) in der Außenluft intensiv und kontrovers in den Medien diskutiert. So vertreten einige Personen in den Medien die Meinung, dass insbesondere die Stickstoffdioxid-Grenzwerte für die Außenluft überzogen niedrig oder sogar unnötig seien. Auch die Ergebnisse einer vom Umweltbundesamt (UBA) in Auftrag gegebenen Studie zur Krankheitslast der in Deutschland lebenden Bevölkerung infolge dieses Luftschadstoffs werden als fehlerhaft kritisiert.**

**Zu diesen Aussagen beziehen das UBA und die Kommission Umweltmedizin und Environmental Public Health – eine unabhängige Expertenkommission, die am Robert Koch-Institut angesiedelt ist – im Folgenden Stellung und ordnen die Bedeutung der Grenzwerte für den Schutz der Gesundheit von Bevölkerungen ein. Für die folgenden FAQ wird der aktuelle Stand der Forschung zu Stickstoffoxiden und deren gesundheitliche Bedeutung zusammengefasst. Es wird vor allem auch die Rolle von Grenzwerten allgemein erläutert. Weil in der gegenwärtigen Diskussion auch die gesundheitliche Bedeutung von Feinstaub und der Lufthygiene allgemein in Frage gestellt wird, nehmen wir in einigen Antworten auch dazu Stellung.**

Die Qualität der Luft hat sich in Europa (und anderen westlichen Industrieländern) in den letzten Jahrzehnten deutlich verbessert. Grundlage dafür war ein Zusammenspiel von Wissenschaft und politischen Maßnahmen:

- ▶ Aufbau eines Mess- und Überwachungsnetzes für Luftschadstoffe
- ▶ Erforschung der gesundheitlichen Wirkungen
- ▶ Ableitung von Empfehlungen (Richtwerte) als Grundlage für Grenzwerte
- ▶ Gesetzlich verbindliche Festlegung von Grenzwerten und Maßnahmen bei Überschreitung
- ▶ Maßnahmen zur Reduktion von Schadstoffen (technisch wie strukturell).

Die wichtigen Emittenten von Luftschadstoffen sind in Deutschland Industrie, Energieerzeugung, Landwirtschaft und Verkehr. Zu Problemen kann es vor allem lokal in städtischen Bereichen durch ein Zusammenwirken von Straßenverkehr, Heizung und Industrie kommen.

Mit dem wachsenden Wissen über die gesundheitlichen Wirkungen von Luftschadstoffen wurden die Grenzwerte in den letzten Jahrzehnten stufenweise abgesenkt. Die Festlegung von Grenzwerten führt dabei häufig auch zu Auseinandersetzungen. Die aktuelle Diskussion um Fahrverbote und Grenzwerte zeigt, dass es um eine Abwägung von Interessen geht, zum Beispiel individuelle Mobilität und Gesundheitsschutz.

## Was sind Stickstoffoxide?

Unter Stickstoffoxiden ( $\text{NO}_x$ ) fasst man gasförmige Verbindungen zusammen, die aus den Atomen Stickstoff (N) und Sauerstoff (O) aufgebaut sind. Vereinfacht werden nur die beiden wichtigsten Verbindungen Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) betrachtet, wobei Stickstoffdioxid in Bezug auf die negativen Auswirkungen auf Gesundheit von größerer Bedeutung ist.

Stickstoffoxide entstehen bei Verbrennungsprozessen. Die Hauptquellen von Stickstoffoxiden in der Außenluft sind Verbrennungsmotoren und Feuerungsanlagen (für Kohle, Öl, Gas, Holz, Abfälle). In Ballungsgebieten ist der Straßenverkehr die bedeutendste Stickstoffoxid-Quelle, wobei der größte Anteil aus Dieselmotoren von Pkw, leichten und schweren Nutzfahrzeugen sowie Bussen mit Dieselantrieb stammt.

## Warum betrachtet man insbesondere Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ )?

Bei der Betrachtung der gesundheitlichen Wirkungen von Stickstoffoxiden ( $\text{NO}_x$ ) nimmt das Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) eine besondere Rolle ein. Drei prinzipielle Aspekte müssen dabei beachtet werden:

1. Zunächst ist Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) als solches ein Reizgas und wirkt als sehr reaktive Verbindung (Oxidationsmittel) besonders an den unteren Atemwegen. Dort kommt es je nach Stärke und Dauer der Belastung zu Schäden an den Lungenzellen. Diese Schäden betreffen sowohl die Funktion als auch die Struktur dieser Zellen. Aus der Reizwirkung und dem damit assoziierten oxidativen Stress resultieren des Weiteren entzündliche Prozesse, die auch in anderen Organen schädigende Wirkungen entfalten können.

Bei langfristig hoher Belastung (tritt sehr selten auf, zum Beispiel bei beruflichen Belastungen) können schwere Lungenschäden auftreten, die auch dauerhaft bestehen bleiben.

Bei kurzfristig hoher Belastung (kann häufig vorkommen) zum Beispiel an stark befahrenen Straßen oder auch im Auto selbst treten bei empfindlichen Menschen akute Reizwirkungen auf. Husten und eine Verschlechterung der Lungenfunktion können die Folge sein, was allerdings meistens nicht dazu führt, dass ärztliche Hilfe in Anspruch genommen wird.

Diese Effekte sind in Labor- und Expositionsstudien gut untersucht.

Langfristige Wirkungen einer niedrigen dauerhaften Belastung (tritt häufig auf) mit einem Reizgas wie Stickstoffdioxid sind schwierig zu untersuchen, da hierfür notwendige Experimente an Menschen zur Langzeitbelastung nicht durchgeführt werden können. Es liegt aber inzwischen eine große Zahl an epidemiologischen Untersuchungen vor, in denen Zusammenhänge mit einer Vielzahl von Erkrankungen der Lunge und des Herz-Kreislaufsystems gezeigt wurden (zum Beispiel Asthma, Herzinfarkte und Schlaganfälle).

Diese direkten kurz- und langfristigen Wirkungen von Stickstoffdioxid sind eine der Begründungen für die Messung und Regulierung von Stickstoffdioxid in der Umgebungsluft, unter anderem an vielbefahrenen Straßen mit Wohnbebauung.

Menschen mit besonderer Empfindlichkeit wie zum Beispiel Kleinkinder und alte Menschen oder Personen mit Erkrankungen wie Asthma, Lungenemphysem, chronischer Bronchitis oder anderen Lungen- und Atemwegserkrankungen sind durch hohe Stickstoffdioxidbelastungen besonders gefährdet.

2. Stickstoffdioxid ist eine Vorläufersubstanz für die Bildung von Feinstaub und von bodennahem Ozon (O<sub>3</sub>).

Feinstaub ist wesentlich gesundheitsschädlicher als Stickstoffdioxid (pro Masseinheit). Er führt zu einer großen Zahl an akuten und chronischen Gesundheitseffekten, von Auswirkungen auf den Atemtrakt, das Herz-Kreislaufsystem, den Stoffwechsel bis hin zu einer erhöhten Sterblichkeit. Diese Wirkungen sind in einer großen Zahl an bevölkerungsbezogenen wie auch Laborstudien belegt worden und basieren auf einem inzwischen gut ausgearbeiteten biologischen Wirkungsmodell. Wegen der sowohl akuten wie auch chronischen gesundheitlichen Auswirkungen wird Feinstaub (in zwei unterschiedlichen Größenklassen, PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub>) in der Umgebungsluft direkt gemessen und reguliert.

Auch Ozon (O<sub>3</sub>) ist ein gesundheitsgefährliches Reizgas und schädigt die Lunge. Meist führt es zu einer vorübergehenden verminderten Lungenfunktion bei Kindern, aber auch Erwachsene können auf Ozon-empfindlich reagieren. Ozon ist die Leitsubstanz des sogenannten Sommersmogs, bei dem die UV-Einstrahlung eine wichtige Rolle bei der chemischen Verursachung spielt. Für Ozon gelten EU-weit sogenannte Zielwerte.

3. Stickstoffdioxid hat in der Luftreinhaltung und damit für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung eine wichtige Indikatorfunktion für den Mix aus Luftschadstoffen, dem der Mensch in der Stadt ausgesetzt ist.

Neben Stickstoffdioxid werden durch den Straßenverkehr viele weitere Luftschadstoffe freigesetzt, darunter Feinstäube mit hohem Metallgehalt durch Bremsabrieb, Partikel durch Reifen- und Straßenabrieb, Ruß, ultrafeine Partikel und gasförmige Verbindungen. Viele dieser Stoffe können Krebserkrankungen auslösen, wie zum Beispiel polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) oder Benzol.

Stickstoffdioxid ist einfach zu messen und daher ein gut geeigneter Indikator zur Erfassung der Belastung der Bevölkerung durch die Mischung von Luftschadstoffen aus dem Verkehr. Bei dieser Rolle des Stickstoffdioxid geht es also nicht um die direkte und alleinige Wirkung von Stickstoffdioxid, sondern um die Wirkung der gesamten Luftverschmutzung, die aus dem Verkehr kommt.

### **Was sind Richtwerte und Grenzwerte, und warum braucht man diese?**

Richt- und Grenzwerte gibt es nicht nur im Bereich der Luftreinhaltung. Auch für andere Bereiche wie zum Beispiel unser Trinkwasser gelten strenge Regeln, die dafür sorgen sollen, dass sowohl der Mensch individuell als auch die Bevölkerung insgesamt vor gesundheitlichen Risiken aus der Umwelt geschützt werden. Die Richtwerte für Schadstoffe im Bereich der Luftreinhaltung, wie sie zum Beispiel von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) für die Außenluft in den Luftqualitätsrichtlinien (sogenannten „Air Quality Guidelines“) festgehalten werden, sind geleitet von dem Vorsorgegedanken zum Schutz der Gesundheit, insbesondere von Kindern, Älteren oder Personen mit vorbestehenden Grunderkrankungen. Diese Richtwerte sind zunächst Empfehlungen, können jedoch eine wissenschaftliche Grundlage für verbindliche Grenzwerte bilden.

Gesetzliche Grenzwerte für Luftschadstoffe, wie sie heute EU-weit gelten, werden in politischen Verhandlungsprozessen festgelegt. In diesen werden neben den gesundheitlichen Argumenten auch weitere, zum Beispiel wirtschaftliche Aspekte und die technische Machbarkeit, berücksichtigt. Aus diesem Grund unterscheiden sich die geltenden EU-Grenzwerte von den

teilweise strengeren Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation. Tatsächlich ist sowohl für Feinstaub als auch für Stickstoffdioxid belegt, dass auch unterhalb der festgelegten Grenzwerte für die Langzeitkonzentration relevante Gesundheitseffekte auftreten.

Grundsätzlich werden Grenzwerte benötigt, um die Außenluft hinsichtlich ihrer Qualität zu beurteilen und bei Bedarf Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität zu ergreifen.

### **Was bedeutet Vorsorge für die Bevölkerung und für jeden Einzelnen?**

Beim Vorsorgegedanken steht der Schutz der Gesundheit in der Bevölkerung (Public Health) im Vordergrund der Betrachtung. In diesem Sinne sollten daher alle notwendigen Maßnahmen ergriffen werden, um die Atemluft so frei wie möglich von Schadstoffen zu halten. Dies ist auch das erklärte Ziel der europäischen Luftreinhaltepolitik. Die Luft, die man atmet, kann man sich nicht aussuchen. Alle Menschen sind für ein gesundes Leben auf saubere Luft angewiesen. So liegt es in der Verantwortung der Politik, mittels der gesetzlichen Regelungen die Luftqualität regelmäßig zu überwachen und Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität durchzuführen.

Im Vergleich zum Rauchen ist das individuelle Risiko für eine gesundheitsschädigende Wirkung durch Luftschadstoffe klein. Jedoch ist die Anzahl der betroffenen Menschen deutlich größer als die Gruppe der Rauchenden, weil alle Menschen ein Leben lang Luftschadstoffen ausgesetzt sind. Vorsorge bedeutet in diesem Zusammenhang, die Gesamtbevölkerung vor Risiken zu schützen, auch wenn diese im individuellen Fall klein sein können. Zudem liegt das Rauchverhalten in der Eigenverantwortung der Raucherinnen und Raucher. Um die nichtrauchenden Menschen zu schützen, wurden in Deutschland erhebliche öffentliche Anstrengungen unternommen (zum Beispiel Nichtraucherschutzgesetz).

### **Wie werden Grenzwerte für Stickstoffdioxid festgelegt und von wem?**

Derzeit geltende Grenzwerte für Stickstoffdioxid stellen eine Maximalkonzentration dieses Luftschadstoffs in der Außenluft dar, bei der nach dem Stand der Wissenschaft im Jahr 2005 davon ausgegangen werden kann, dass die Gesundheit der Gesamtbevölkerung, zu der auch besonders empfindliche Personengruppen zählen, nicht beeinträchtigt wird. Diese Grenzwerte basieren auf den Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Sie wurden aus Studien abgeleitet, die bestimmte Qualitätskriterien erfüllen mussten. Grenzwerte gibt es sowohl in nationalen Gesetzgebungen als auch auf EU-Ebene. Die EU-Gesetzgebung folgte bei der Grenzwertsetzung für Stickstoffdioxid fast vollständig den Empfehlungen der WHO. Diese sah die Einhaltung dieser Werte bereits in ihren Luftqualitätsrichtlinien, den Air Quality Guidelines, von 2000 und 2005 als notwendig an, um die Gesundheit der Menschen dauerhaft zu schützen. Die EU-weit geltenden Grenzwerte wurden entsprechend in der 39. Bundesimmissionsschutzverordnung für Deutschland gesetzlich bindend festgeschrieben.

### **Wen müssen die EU-Grenzwerte für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) schützen?**

Grenzwerte für die Außenluft müssen die gesamte Bevölkerung und nicht nur gesunde Erwachsene schützen. Sie sind so abgeleitet, dass auch empfindliche Gruppen wie zum Beispiel Personen mit Grunderkrankungen (zum Beispiel Asthma bronchiale und chronisch obstruktiver Lungenerkrankung (englisch chronic obstructive pulmonary disease, Abkürzung: COPD), ältere Menschen und insbesondere Schwangere und deren Ungeborene sowie Säuglinge und Kleinkinder berücksichtigt werden. Bei letzteren Gruppen befinden sich die

Lungen und andere Organe noch in der Entwicklung und sind daher besonders empfindlich für die negativen Wirkungen der Umweltschadstoffe.

Darüber hinaus ist der Stickstoffdioxid-Grenzwert für das Jahresmittel so abgeleitet, dass eine lebenslange Belastung nicht zu Erkrankungen führen sollte.

### Welche unterschiedlichen Beurteilungswerte gibt es für Stickstoffdioxid?

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurden auf der Grundlage von Ergebnissen unterschiedlicher Studien die im Folgenden dargestellten Beurteilungswerte für Stickstoffdioxid festgelegt. Diese Beurteilungswerte haben nebeneinander Bestand und werden zur Beurteilung der Stickstoffdioxid-Konzentration im jeweiligen Bereich (Außenluft, Innenraumluft, besondere Arbeitsplätze) und der Definition entsprechend angewendet.

Man unterscheidet zwischen Kurz- und Langzeitwerten, für deren Ableitung zum Teil unterschiedliche Studien zugrunde gelegt werden. Bei der Bewertung der Belastungssituation können auf Grund der unterschiedlichen Belastungsdauer Kurzzeitwerte nicht für die Beurteilung der Langzeitbelastung und umgekehrt herangezogen werden.

	EU-Außenluftgrenzwerte	Arbeitsplatzgrenzwerte	Innenraumrichtwerte
<b>Langzeitwerte</b>	Immissionsgrenzwert 40 µg/m <sup>3</sup> Jahresmittel	-	40 µg/m <sup>3</sup> Jahresmittel <sup>1</sup>
<b>Kurzzeitwerte</b>	Immissionsgrenzwert 200 µg/m <sup>3</sup> Einstundenmittel <sup>2</sup>  Alarmschwelle 400 µg/m <sup>3</sup> 3 Einstundenmittel <sup>3</sup>	-	Kurzzeitrichtwert I Vorsorgewert 80 µg/m <sup>3</sup> Einstundenmessung <sup>4</sup>  Kurzzeitrichtwert II Gefahrenwert 250 µg/m <sup>3</sup> Einstundenmessung <sup>4</sup>
<b>Arbeitsschicht</b>	-	950 µg/m <sup>3</sup> Schichtmittel (meist 8 Stunden)	-
<b>Schützt:</b>	<b>Gesamtbevölkerung</b>	<b>Arbeitnehmende an speziellen Arbeitsplätzen</b>	<b>Gesamtbevölkerung</b>

<sup>1</sup> Der Langzeitwert basiert auf einer Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation. Dieser ist für Außenluft und Innenraumluft identisch.

<sup>2</sup> Darf nicht mehr als 18-mal pro Jahr überschritten werden.

<sup>3</sup> Messungen in drei aufeinander folgenden Stunden.

<sup>4</sup> Ableitungen durch den Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR). Dieser besteht aus Fachleuten des Bundes und der Länder.

### Außenluft:

Als Langzeitgrenzwert gilt für Stickstoffdioxid ein Jahresmittelwert von 40 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft (µg/m<sup>3</sup>). Die Stickstoffdioxid-Konzentration wird kontinuierlich über das gesamte Kalenderjahr gemessen und darf im Jahresmittel 40 µg/m<sup>3</sup> nicht überschreiten.

Als Kurzzeitgrenzwert gilt für Stickstoffdioxid ein Einstundenmittelwert von 200 µg/m<sup>3</sup>. Die Messung erfolgt kontinuierlich über eine volle Stunde. Anschließend werden die Messwerte (zum Beispiel Minutenmesswerte in einer Stunde) gemittelt. Dieser Kurzzeitgrenzwert darf an

der jeweiligen Messstelle nicht öfter als 18-mal im Kalenderjahr überschritten werden. Die EU-Grenzwerte weichen in diesem Punkt von den Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation ab, die keine Überschreitung des Stundenmittelwerts erlauben.

Darüber hinaus gilt für Stickstoffdioxid eine Alarmschwelle von  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Diese Alarmschwelle ist erreicht, wenn in drei aufeinanderfolgenden Stunden die gemessenen Stundenmittelwerte über  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  liegen. Es besteht dann die Pflicht für die zuständigen Behörden, unverzüglich Maßnahmen zur Verringerung der Stickstoffdioxid-Konzentration zu ergreifen.

#### Innenraumluft:

Nach erfolgter einstündiger Messung werden für die kurzfristige Beurteilung der Innenraumluft der Kurzzeitrichtwert I (Vorsorgewert) von  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und der Kurzzeitrichtwert II (Gefahrenwert) von  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  angewendet.

Der Kurzzeitrichtwert I ist die Konzentration eines Stoffes, bis zu der auch bei empfindlichen Personen keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind.

Der Kurzzeitrichtwert II gibt die Konzentration an, ab der gesundheitliche Beeinträchtigungen von empfindlichen Personen nicht ausgeschlossen werden können und Maßnahmen zur Reduzierung der Belastung erforderlich sind.

Der Bereich zwischen Kurzzeitrichtwert I und II beschreibt eine hygienisch auffällige und unerwünschte Konzentration.

Zur Bewertung der langfristigen Wirkungen von Stickstoffdioxid im Innenraum wird der Richtwert der Weltgesundheitsorganisation für die Innenraumluft von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als Bewertungsmaßstab empfohlen.

#### Arbeitsplatzgrenzwert (AGW):

Der AGW ist mit  $950 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgelegt. Er gibt die durchschnittliche Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz an, bis zu der eine Schädigung der Gesundheit der Beschäftigten nicht zu erwarten ist. Der Arbeitsplatzgrenzwert bezieht sich auf die variablen Konzentrationen, die im Durchschnitt während einer 8-stündigen Schicht, bei einer Wochenarbeitszeit von 40 Stunden, während des Arbeitslebens auftreten dürfen.

### **Welche Werte gelten in der Innenraumluft von Wohn- und Büroräumen?**

Für die Innenraumluft von Privaträumen, die zum Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, oder auch für Arbeitsplätze ohne spezifische Belastungsquelle wie zum Beispiel Büros gelten die Richtwerte des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR). Die Werte wurden im Dezember 2018 aktualisiert und an den aktuellen Stand der Wissenschaft angepasst: Der Kurzzeitrichtwert II (sogenannter Gefahrenwert) für Stickstoffdioxid in der Innenraumluft liegt bei einer Konzentration von  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , gemessen über eine Stunde. Der Kurzzeitrichtwert I (Vorsorgewert) für Stickstoffdioxid in der Innenraumluft, gemessen über eine Stunde, wurde bei  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgelegt.

Für eine langfristige Beurteilung der Innenraumluft gibt es den Richtwert der Weltgesundheitsorganisation für die Innenraumluft von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als Bewertungsmaßstab.

## **Warum unterscheiden sich die Grenzwerte für die Außenluft von denen am Arbeitsplatz?**

Neben den EU-Grenzwerten für die Außenluft von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (im Jahresmittel) und  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (im Einstundenmittel) für Stickstoffdioxid gibt es auch einen Arbeitsplatzgrenzwert von  $950 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für spezielle Arbeitsplätze. Der Arbeitsplatzgrenzwert gilt nicht, wie es häufig irrtümlicherweise behauptet wird, für Büroarbeitsplätze, sondern für Arbeitende an Industriearbeitsplätzen und im Handwerk, bei denen aufgrund der Verwendung oder Erzeugung bestimmter Arbeitsstoffe eine erhöhte Stickstoffdioxid-Belastung (zum Beispiel bei Arbeiten mit offenen Flammen) zu erwarten ist.

Auch der zeitliche Vergleich des EU-Jahresmittelgrenzwertes mit dem Grenzwert für den Arbeitsschutz ist nicht gerechtfertigt. Der Arbeitsplatzgrenzwert bezieht sich auf die variablen Konzentrationen, die im Durchschnitt während einer 8-stündigen Schicht, bei einer Wochenarbeitszeit von 40 Stunden, während des Arbeitslebens auftreten dürfen. Die Wirkung ist somit im Regelfall auf 40 Stunden pro Woche während des Arbeitslebens begrenzt und durch tägliche Erholungsphasen und arbeitsfreie Zeit unterbrochen. Im Gegensatz dazu wirkt die Außenluft mit ihrer Stickstoffdioxidkonzentration 24 Stunden pro Tag lebenslang auf den Menschen und darunter auch auf empfindliche Personengruppen wie Ungeborene, Säuglinge und alte Menschen ein.

Der Arbeitsplatzgrenzwert ist für die arbeitende Bevölkerung abgeleitet, die im Regelfall keine für den Arbeitsprozess bedeutsamen Atemwegserkrankungen hat. Im Gegensatz dazu muss der Grenzwert in der Außenluft auch empfindliche Personengruppen schützen, die medizinisch individuell deutlich anders einzuschätzen sind, da sich zum Beispiel ihre Atemwege noch in der Entwicklung befinden (wie bei Neugeborenen).

Aus diesen Gründen ist es keine Seltenheit, dass Arbeitsplatzgrenzwerte bezogen auf die Konzentration oft um ein Vielfaches höher sind als Grenzwerte, die lebenslang die Gesundheit der gesamten Bevölkerung schützen müssen.

## **Was bedeutet es für mich, wenn der Grenzwert überschritten ist?**

Der Grenzwert für Stickstoffdioxid im Jahresmittel gilt für die gesamte Bevölkerung und berücksichtigt eine lebenslange Zeitspanne. Eine Überschreitung kann für die Einzelperson Bedeutung im Sinne gesundheitlicher Beeinträchtigungen haben, dies muss allerdings nicht der Fall sein: Der oder die Einzelne könnte lebenslang auch höheren individuellen Konzentrationen ohne gesundheitliche Auswirkungen ausgesetzt sein. Das Risiko zu erkranken wird jedoch in jedem Fall erhöht.

Bei der Ableitung von Grenzwerten wird allerdings nicht nur die Einzelperson betrachtet, sondern auch der gesamtgesellschaftlichen Pflicht nachgekommen, die Gesundheit möglichst aller in einem Land lebenden Menschen (auch empfindlicher Personengruppen) zu schützen.

## **Was passiert aus gesundheitlicher Sicht bei einer Grenzwertüberschreitung?**

Ist ein Grenzwert überschritten, bedeutet dies nicht zwangsläufig, dass Menschen dadurch erkranken oder versterben. Allerdings steigt dadurch das Risiko für die Entwicklung von Krankheiten oder Beschwerden an. Die Entstehung von Krankheiten wird durch eine Vielzahl von Risikofaktoren bestimmt. Diese erhöhen die Wahrscheinlichkeit, eine bestimmte Erkrankung zu entwickeln. Betrachtet man zum Beispiel das Risiko, einen Herzinfarkt zu bekommen, so steigt dieses deutlich zum Beispiel bei zu hohem Blutdruck, durch Rauchen oder bei einem hohen Cholesterinwert an.

Auch Luftschadstoffe stellen insbesondere für die Entstehung von Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen einen Risikofaktor dar. Sie tragen anteilig zur Erhöhung des Risikos bei, im Verlauf des Lebens eine Krankheit zu entwickeln. Durch Stickstoffdioxid und andere Luftschadstoffe können schädigende Prozesse in den Atemwegen und in anderen Organen in Gang gesetzt werden, die je nach Art der Schädigung früher oder später zu gesundheitlichen Beschwerden führen. Das individuelle Risiko für die Entwicklung einer Erkrankung lässt sich für Luftschadstoffe heute noch nicht vorhersagen. Dieses ist zum Beispiel auch von bereits bestehenden Grunderkrankungen wie Asthma bronchiale oder chronisch obstruktiver Lungenerkrankung (englisch chronic obstructive pulmonary disease, Abkürzung: COPD) abhängig. Vor allem bei kurzzeitigen Spitzenwerten kann es zu einer akuten Verschlechterung des Gesundheitszustandes bei Personen mit Grunderkrankungen kommen.

Selbst wenn eine Person erkrankt ist, kann diese Erkrankung zum Beispiel Asthma bronchiale oder Herzinfarkt nicht auf einen bestimmten verursachenden Luftschadstoff zurückgeführt werden. Genauso wie auch ein einzelner Herzinfarkt nicht eindeutig auf den hohen Blutdruck, das Rauchen oder den erhöhten Cholesterinwert zurückgeführt werden kann. Es lässt sich aber sagen, dass diese Risikofaktoren die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten dieses Herzinfarktes erhöht haben.

Das heißt: die Anfälligkeit für einen Herzinfarkt nimmt zu, es spielen aber immer mehrere Faktoren zusammen. Luftschadstoffe gehören zu diesen Faktoren.

Während sich das individuelle Risiko schwer vorhersagen lässt, haben große Studien gezeigt, dass das Leben in belasteter Außenluft über Jahre und Jahrzehnte hinweg - ähnlich wie ein ungesunder Lebensstil - bei einem Teil der Gesamtbevölkerung zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen und zu einer geringeren Lebenserwartung führt.

### **Welche Maßnahmen sind bei Überschreitung von Luftqualitätsgrenzwerten zu ergreifen?**

Nach geltendem EU-Recht führt eine Überschreitung zum Beispiel von Stickstoffdioxid-Grenzwerten dazu, dass Maßnahmen zur Verbesserung der Außenluft getroffen werden müssen, die dazu geeignet sind, dass die geltenden Grenzwerte in Zukunft eingehalten werden. Für den Vollzug des Immissionsschutzrechts sind die Länder zuständig. Welche Maßnahmen im Einzelfall am besten geeignet sind, ist politischen Entscheidungsträgern und den zuständigen örtlichen Behörden überlassen. Die Palette möglicher Maßnahmen reicht von zeitlich und räumlich begrenzten Fahrverboten über den Einsatz von Emissionsminderungstechnologien bei bestehenden Kraftfahrzeugen bis hin zu alternativen Mobilitätskonzepten, um die Luft in besonders belasteten Zonen (zum Beispiel Innenstädten) zu verbessern. Solche Maßnahmen tragen nicht nur in den stark belasteten Regionen zur Verbesserung der Luftqualität bei, sondern verbessern die Luftqualität insgesamt.

Das Umweltbundesamt befürwortet gezielte technische Maßnahmen an den Quellen, um Straßensperrungen zu vermeiden. Im Falle des Stickstoffdioxids bedeutet dies in erster Linie die technische Nachrüstung älterer Diesel-Kraftfahrzeuge mit Katalysatoren (Euro 5 und älter). Dies ist in vielen Fällen technisch machbar und zeitnah umsetzbar. Straßensperrungen und damit Fahrverbote sind lediglich eine Notlösung, um an einzelnen Messstationen mit Grenzwertüberschreitungen die gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte kurzfristig einzuhalten und die Gesundheit zu schützen.

Aus Sicht des Gesundheitsschutzes der gesamten Bevölkerung einer Stadt sind lokale Sperrungen einzelner Straßen sogar nachteilig: durch Verkehrsverlagerung und in Kauf genommene Umwege entstehen in der Summe sogar eher mehr Schadstoffe und entsprechend



höhere Belastungen der Bevölkerung entlang der Umfahrungsstrecken. Eine in der Summe positive Wirkung im Sinne des Immissions- und damit des Gesundheitsschutzes wäre mit Fahrverboten überhaupt erst dann zu erzielen, wenn größere Flächen wie zum Beispiel Umweltzonen langfristig in Sperrungsmaßnahmen einbezogen würden.

Um das Verkehrsaufkommen durch Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren insbesondere in den Ballungsräumen nachhaltig zu reduzieren, befürwortet das Umweltbundesamt hier stattdessen neben den kurzfristig umsetzbaren technischen Nachrüstungen von Kraftfahrzeugen vielmehr verbesserte Mobilitätskonzepte: eine verstärkte Nutzung emissionsarmer oder sogar lokal emissionsfreier Fahrzeuge (zum Beispiel Elektro- oder Brennstoffzellen-Fahrzeuge), eine Verbesserung des öffentlichen Personennahverkehrs sowie von Sharing-Angeboten (zum Beispiel Car-, Bike- und Ridesharing) und einen Ausbau der Infrastruktur für Fuß- und Fahrradverkehr sowie zum Laden der Elektrofahrzeuge.

### **Wieso muss man die akuten und die langfristigen Belastungen unterscheiden?**

Man kann die Auswirkungen einer kurzfristig hohen Belastung gegenüber Schadstoffen nicht mit den Auswirkungen einer lebenslangen niedrigen Belastung vergleichen. Hohe Belastungen, wenn sie nur kurzfristig und selten auftreten, bleiben in der Regel bei Gesunden ohne Folgen. Bei bereits erkrankten Menschen können sie aber zu einer Verschlechterung des Gesundheitszustandes führen.

Langfristige Belastungen können die Gesundheit bei Menschen unabhängig von bestehenden Grunderkrankungen beeinträchtigen, auch wenn diese gesundheitlichen Auswirkungen zunächst nur gering sind. Während sofort einsetzende Wirkungen eher selten und nur bei höheren Konzentrationen beobachtet werden können, tragen langfristige Umweltbelastungen erheblich zur Entwicklung bzw. Verschlechterung chronischer Erkrankungen bei. Bei Luftschadstoffen beginnt diese Dauerbelastung schon bei der Entwicklung eines Kindes im Mutterleib. Schon in diesem Lebensstadium können Kinder indirekt durch die Belastung der Schwangeren geschädigt werden.

Kurzzeitig erhöhte Konzentrationen von Stickstoffdioxid (wie zum Beispiel beim Abbrennen einer Kerze) können demnach nicht mit langfristigen Durchschnittswerten wie dem Grenzwert für das Jahresmittel von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  verglichen werden.

### **Enthält eine Zigarette Stickoxide und auch Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)?**

Stickoxide sind gasförmig und entstehen auch durch das Abbrennen der Zigarette. Man geht davon aus, dass bei der Verbrennung einer Zigarette ca. 100-600  $\mu\text{g}$  Stickoxide entstehen. Der genaue Anteil des Stickstoffdioxids an diesen Stickoxiden ist sehr variabel, da dessen Entstehung beim Verbrennungsprozess von vielen Einflussfaktoren abhängig ist. Wie viel vom entstandenen Stickstoffdioxid letztendlich in den menschlichen Körper aufgenommen wird, ist ebenfalls sehr variabel. Das Rauchen trägt wesentlich zu den Innenraumluftbelastungen bei, nicht nur mit Stickstoffdioxid, sondern auch mit vielen anderen Schadstoffen. Insbesondere in kleinen Räumen werden schnell hohe Konzentrationen erreicht. Deshalb sollte das Rauchen zum Beispiel in Autos grundsätzlich unterlassen werden, vor allem, wenn Kinder mitfahren.

### **Ist es sinnvoll, die Konzentration von Stickstoffdioxid in Zigarettenrauch mit dem Langzeit-Grenzwert für die Außenluft zu vergleichen?**

Ein Vergleich einer Stickstoffdioxid-Konzentration im Jahresmittel ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) mit einer akut hohen Konzentration durch Zigarettenrauchen ist schon allein aufgrund des unterschiedlichen zeitlichen Zusammenhangs nicht sinnvoll. Eine Zigarette kann zwar zu einer deutlichen Stickstoffdioxidbelastung führen. Kurzfristige (minutenlange) und langfristige (lebenslange) Belastungen müssen aber völlig unterschiedlich bewertet werden.

Möglich wäre hingegen der Vergleich der Wirkungen der akuten Belastungssituationen in beiden Fällen: Der einzelne Rauchende und der Passivrauchende reagieren akut auf Zigarettenrauch mit einem messbaren Anstieg von Entzündungswerten und einer erhöhten Thromboseneigung des Blutes, was im schlimmsten Fall einen Herzinfarkt oder Schlaganfall auslösen kann. Ebenso reagieren Menschen akut auf Erhöhungen der Luftschadstoffkonzentration. Studien zeigen in diesem Zusammenhang neben Entzündungsreaktionen im Blut auch einen Anstieg von Krankenhausaufnahmen, Herzinfarkten, Schlaganfällen und Todesfällen.

Auch langfristige Belastungen können durchaus untereinander verglichen werden: Die Schädlichkeit des Rauchens steht außer Frage. Es ist eindeutig nachgewiesen, dass Raucherinnen und Raucher im Schnitt eine wesentlich kürzere Lebenserwartung haben. Genauso gibt es auch deutliche Hinweise aus Studien, dass eine langfristige Belastung mit Luftschadstoffen ebenfalls zu einer - wenn auch deutlich geringeren - Verkürzung der Lebenszeit führen kann.

### **Ist es sinnvoll, die Einflüsse von Kerzenabbrand oder Gasherden auf die Qualität der Innenraumluft mit den Außenluftkonzentrationen zu vergleichen?**

Auch beim Abbrennen von Kerzen oder der Nutzung eines Gasherdes entsteht Stickstoffdioxid. Die Konzentrationen können bei schlechter Belüftung des Raumes je nach Zeitraum und Anzahl von Kerzen auch Konzentrationen überschreiten, die deutlich über dem Kurzzeitgrenzwert für die Außenluft von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Einstundenmittel) liegen. Würde man das ganze Leben mit diesen Werten verbringen, hätte das gesundheitliche Folgen.

Anders als die Außenluft ist die Innenraumluft aber von den Raumnutzenden beeinflussbar und gesundheitsschädliche Konzentrationen können durch Lüften leicht reduziert werden. Dafür ist aber eine möglichst gute Qualität der Außenluft erforderlich. Auch deshalb sind die Grenzwerte im Außenbereich sehr wichtig. Die Innenraumluftqualität kann in der Regel nicht besser sein als die der Außenluft. Die Außenluft stellt die Grundlage der Luftqualität in Innenräumen dar.

### **Was hat die UBA-Studie zu Krankheitslasten durch Stickstoffdioxid mit den Grenzwerten und mit Diesel zu tun?**

Nichts. Das Ziel der Studie war es, die Auswirkungen von Stickstoffdioxid auf die Gesundheit der Bevölkerung in Deutschland abzuschätzen. Die Ergebnisse dieser Studie dienen weder der Ableitung noch der Beurteilung derzeit gültiger Grenzwerte. Sie kann auch nicht als epidemiologische Beobachtungsstudie bezeichnet werden. Vielmehr wurden die Ergebnisse solcher Studien für einzelne Annahmen in den Berechnungen verwendet.

Die UBA-Studie weist darauf hin, dass statistisch gesehen auch unterhalb der geltenden Grenzwerte gesundheitliche Auswirkungen bestehen. Die Studie bezieht sich zudem auf die

Gesamtbelastung der Außenluft mit Stickstoffdioxid, sodass eine direkte Zuordnung zu den einzelnen Stickstoffdioxid-Quellen nicht möglich ist. Einschränkend ist wichtig festzuhalten, dass ausschließlich Luftqualitätsdaten von Messstationen im städtischen und ländlichen Hintergrund verwendet wurden. Die besonders hohen Konzentrationen in der Nähe vielbefahrener Straßen in den Städten konnten in den Hauptanalysen aus methodischen Gründen nicht berücksichtigt werden. Die in den Medien oft erwähnten „Diesel-Toten“ können also aus der UBA-Studie nicht abgeleitet werden.

### **Ist es möglich, Erkrankungen und Todesfälle einzelnen Schadstoffen zuzuordnen, obwohl Menschen nie nur einem einzelnen Schadstoff ausgesetzt sind?**

Es ist richtig, dass der Mensch in der Regel einer Mischung von Schadstoffen in der Atemluft und weiteren Risikofaktoren ausgesetzt ist. Um dennoch die Wirkungen einzelner Schadstoffe gegeneinander abgrenzen zu können, werden mit Hilfe von Daten aus bevölkerungsbezogenen („epidemiologischen“) Studien statistische Modelle erstellt. Diese Modelle ermöglichen es, den Effekt einzelner Schadstoffe auf die Gesundheit, bis hin zu Todesfällen, zu berechnen. Dabei gehört es zur guten wissenschaftlichen Praxis, sowohl für andere (Luft) Schadstoffe als auch für weitere Einflussfaktoren auf die Gesundheit (so genannte Störgrößen, wie zum Beispiel Rauchen, Alter, Schulbildung) zu korrigieren.

Die Zuordnung von Krankheits- und Todesfällen zu einzelnen Luftschadstoffen beruht somit in solchen Bevölkerungsstudien auf statistischen Berechnungen. Dies gilt jedoch für die allermeisten umwelt- und verhaltensbedingten Risikofaktoren (zum Beispiel das Rauchen, übermäßiger Alkoholkonsum, Übergewicht, mangelnde Bewegung, etc.), denen der Mensch im Laufe seines Lebens ausgesetzt ist. Ausnahmen hiervon sind zum Beispiel die gesundheitlichen Folgen von Unfällen, die individuell erfasst werden können. In experimentellen Studien können auf der anderen Seite gezielt einzelne Schadstoffe entweder am Menschen (in Dosierungen, wie sie auch im normalen Leben vorkommen können) oder an Tieren untersucht werden. In solchen Untersuchungen wurden unter anderem Entzündungsreaktionen und Abnahmen der Lungenfunktion nach Einatmen von erhöhten Stickstoffdioxid-Konzentrationen beobachtet. Kontrollierte experimentelle Studien können jedoch aus ethischen Gründen nicht über längere Zeiträume wie zum Beispiel Jahre durchgeführt werden, so dass insbesondere die Langzeitwirkungen von Luftschadstoffen mit anderen Studientypen, zum Beispiel Langzeit-Beobachtungsstudien, erfasst werden müssen.

### **Warum argumentieren einige Ärzte, dass im klinischen Alltag keine Stickstoffdioxid-Erkrankungen oder sogar Stickstoffdioxid-Todesfälle zu beobachten seien?**

Das Fehlen von Erkrankungen oder Todesfällen, die eindeutig und ausschließlich auf Stickstoffdioxid zurückzuführen sind, wird als Beleg dafür angesehen, dass es keine relevanten Wirkungen von Stickstoffdioxid gibt und eine schlechte Luftqualität nicht krank machen kann.

Tatsächlich erscheint dieses Argument einiger klinisch tätiger Medizinerinnen und Mediziner nur auf den ersten Blick richtig. Nicht bedacht wird hierbei, dass die Folgen einer dauerhaften Belastung nicht direkt beobachtet werden können und nur durch bevölkerungsbezogene Studien nachweisbar sind.

Generell gilt, dass Menschen nicht an Risikofaktoren versterben, sondern an Erkrankungen. Die Risikofaktoren tragen oft über Jahre dazu bei, dass sich vermehrt Krankheiten entwickeln. So führen zum Beispiel Bewegungsmangel, schlechte Ernährung oder Rauchen auch nicht sofort zum Tod.

Ärztinnen und Ärzte, die Patienten behandeln, sind verpflichtet, die Behandlungsdiagnose festzulegen. Auch auf einem Totenschein wird die zum Tode führende Erkrankung vermerkt (zum Beispiel Herzinfarkt). Viele Risikofaktoren wie zum Beispiel die Luftschadstoffe können im Regelfall nicht erfasst werden.

Niemand stirbt normalerweise an einer Stickstoffdioxid-Vergiftung. Aber bei Menschen, die bereits andere Erkrankungen wie zum Beispiel Herz- oder Lungenerkrankungen haben, können Luftschadstoffe das Risiko von Komplikationen erhöhen. Die Menschen sterben dann zum Beispiel an einem Herzinfarkt. Dieser wiederum kann viele Ursachen haben, die im Einzelnen nicht benannt werden können, auch weil sie zusammen gewirkt haben. Deshalb lässt sich bei einem einzelnen Menschen nur in seltenen Ausnahmen sagen, was genau der Grund für einen Herzinfarkt war. Dennoch lässt sich beobachten, dass bei Menschen, die hohen Belastungen von Luftschadstoffen ausgesetzt sind, häufiger Krankheiten auftreten, als dies bei niedrigeren Belastungen der Fall ist.

Bei guter Luft wären diese Menschen Monate oder Jahre später erkrankt oder gestorben.

Auch bei den gesundheitlichen Folgen des Rauchens handelt es sich meistens um Langzeitbeobachtungen. Rauchende erkranken nicht unmittelbar durch das Rauchen einer Zigarette, aber unter Rauchenden gibt es über Jahrzehnte deutlich mehr Erkrankungen und Todesfälle als unter Nichtrauchenden. Diese Beobachtungen aus Studien bilden die wissenschaftliche Grundlage für den Gesundheitsschutz. Verstirbt ein Rauchender, so geht dieser nicht als „Rauchertoter“ in die Statistik ein, sondern wird den jeweiligen Folgeerkrankungen, wie zum Beispiel Lungenkrebs, in der Todesursachenstatistik zugeordnet.

Erkrankungen wie die chronisch obstruktive Lungenerkrankung (englisch chronic obstructive pulmonary disease, Abkürzung: COPD) können durch eine Vielzahl von Ursachen ausgelöst werden, zu denen das Rauchen, aber auch die Einflüsse aus der Umwelt wie zum Beispiel die Luftschadstoffe anteilig beitragen. Wie bei vielen Erkrankungen kann auch hier ein eindeutiger Zusammenhang mit einer einzelnen krankheitsauslösenden Ursache nur in wenigen Fällen nachgewiesen werden.

Um die Auswirkungen von Luftverunreinigungen und anderen Umwelteinflüssen erkennen zu können, reicht klinische Erfahrung alleine nicht aus. Vielmehr kommt es bei der Analyse solcher Zusammenhänge auf die gemeinsame Arbeit unterschiedlicher Fachdisziplinen an. Expertinnen und Experten mit der jeweiligen fachlichen Ausrichtung und ihrem Blick auf Gesundheit und Krankheitsentstehung leisten zusammen einen wesentlichen Beitrag.

## **Quellen und vertiefende Informationen:**

Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation für Luftqualität (WHO Air Quality Guidelines, 2005): <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/air-quality-guidelines.-global-update-2005.-particulate-matter.-ozone.-nitrogen-dioxide-and-sulfur-dioxide>

Weiterentwicklung der Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation für Luftqualität: Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft (2017): <http://www.euro.who.int/de/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2017/evolution-of-who-air-quality-guidelines-past.-present-and-future-2017>

Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008L0050&from=DE>

39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes: [https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv\\_39/BJNR106510010.html](https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_39/BJNR106510010.html)

Arbeitsplatzgrenzwert: Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 900: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/pdf/TRGS-900.html>

Zum Thema Unterschied zwischen Außenluft- und Arbeitsplatzgrenzwert für Stickstoffdioxid: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/unterschied-zwischen-aussenluft>

WHO Leitlinien für Innenraumluftqualität: ausgewählte Schadstoffe. Zusammenfassung: <http://www.euro.who.int/de/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2011/who-guidelines-for-indoor-air-quality-selected-pollutants.-executive-summary>

Innenraumrichtwerte UBA: Aktualisierung zu Stickstoffdioxid noch nicht veröffentlicht aber verabschiedet; erhältlich in Zukunft hier:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ausschuss-fuer-innenraumrichtwerte-vormals-ad-hoc#textpart-1>

Stickoxidgehalte in Zigarettenemissionen:

<https://www.bundestag.de/blob/559628/c67c74a62d1a30f6e342462f00c9ce98/wd-8-034-18-pdf-data.pdf>

UBA Studie zur Quantifizierung von umweltbedingten Krankheitslasten aufgrund der Stickstoffdioxid-Exposition in Deutschland:

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/quantifizierung-von-umweltbedingten>

Zum Zusammenhang von Luftqualität und Lungenerkrankungen (insb. COPD);

Übersichtsartikel:

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/360/publikationen/umid\\_01\\_2017\\_02.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/360/publikationen/umid_01_2017_02.pdf)

Zu den fachlichen Hintergründen der Grenzwertfestsetzung für Stickstoffdioxid:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/stickstoffdioxid-belastung-hintergrund-zu-eu>