

## 16.11.2017 | Hintergrund Luftqualität in Städten

### **Sekundarstufe, Grundschule**

Welche Auswirkungen haben Luftverschmutzungen in Städten auf die menschliche Gesundheit und wie lässt sich die Luftqualität verbessern?

### **Gehört zu:**

Thema des Monats: Luftqualität in Städten

Unterrichtsvorschlag: Wie sauber ist die Luft? (GS)

Unterrichtsvorschlag: Luftverschmutzung in Städten (SEK)

### **Worum geht es bei der Diskussion über Luftqualität?**

Die Luftverschmutzung in Deutschland ist im Vergleich zu vergangenen Jahrzehnten deutlich zurückgegangen. Die Konzentrationen von Stickstoffdioxid überschreiten allerdings immer noch in vielen Städten den zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegten Grenzwert für das Jahresmittel. Auch die Belastung durch Feinstaub wurde erheblich reduziert, die geltenden Jahresmittelgrenzwerte werden überall eingehalten. Vereinzelt treten jedoch noch Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwerts auf. Manche Luftschadstoffe und andere Substanzen führen außerdem zur Bildung von Ozon in Konzentrationen, die für den Menschen gesundheitsschädlich sind.

Von allen Schadstoffen in der Atemluft belasten Stickstoffdioxid und Feinstaub die menschliche Gesundheit derzeit am meisten.

Die höchsten Belastungen durch Feinstaub und Stickstoffdioxid treten in Ballungsräumen an stark verkehrsbelasteten Orten auf. An gut 57 Prozent der verkehrsnahen Messstationen wurde 2016 der Stickstoffdioxid-Grenzwert im Jahresmittel überschritten.

Die Frage, wie sich die Stickstoffdioxid-Belastung in den Städten möglichst schnell reduzieren lässt, rückte seit dem sogenannten Diesel-Skandal im Jahr 2015 in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses. Unter anderem in München und Stuttgart haben Verwaltungsgerichte entschieden, dass die Städte wirksamere Maßnahmen als bisher ergreifen müssen, um die Belastung zu verringern und die vorgegebenen Grenzwerte schnellstmöglich einzuhalten.

Um kurzfristig eine Verringerung der Stickstoffoxidemissionen von Diesel-Pkw zu erzielen und weitergehende mögliche Lösungen zu beraten, hat am 2. August 2017 das „Nationale Forum Diesel“ stattgefunden. Am 4. September 2017 trafen sich zudem die Oberbürgermeisterinnen und Oberbürgermeister von 30 besonders betroffenen Städten mit Vertreterinnen und Vertretern mehrerer Landesregierungen und der Bundesregierung zu einem Spitzentreffen zum Thema Luftreinhaltung.

### **Warum ist es wichtig, die Luftqualität zu verbessern?**

Saubere Luft zu atmen, ist ein Grundbedürfnis des Menschen. Gleichzeitig verursachen Menschen durch ihre Aktivitäten Verunreinigungen der Luft, und sie beeinflussen deren Zusammensetzung. Oberhalb von bestimmten Konzentrationen sind viele Inhaltsstoffe der Luft schädlich für Menschen und Tiere, die diese einatmen. Viele Luftschadstoffe können auch Pflanzen, Gewässer, Böden schädigen und sogar Bauwerke und Materialien angreifen.

Luftschadstoffe verschmutzen die Luft nicht nur an ihrem Ursprungsort. Viele werden mit den Luftströmungen in der Atmosphäre über hunderte Kilometer weit transportiert, manche sogar rund um den Globus. So werden sie unter anderem großflächig in Ökosysteme eingetragen.

Insgesamt konnten die Schadstoffemissionen in Deutschland in den vergangenen Jahrzehnten erheblich verringert werden. Auch die Belastung der Luft mit Schadstoffen hat in diesem Zeitraum deutlich abgenommen. Grund für die Verbesserung ist, dass strenge Grenzwerte angewendet werden und die Emissionen aus Industrie, Verkehr und privaten Haushalten durch eine Vielzahl an Minderungsmaßnahmen verringert werden konnten.

Der Ausstoß von Stickstoffoxiden und Partikeln ist rückläufig. Beim Jahresmittelgrenzwert von Stickstoffdioxid tritt in Städten aber noch eine Vielzahl von Überschreitungen auf. Das hängt mit der Zunahme der Diesel-Pkw zusammen. Diesel-Pkw verursachen noch deutlich höhere Emissionen im realen Betrieb auf der Straße, als mit der Fortschreibung der Abgasgesetzgebung ursprünglich erwartet wurde. Die bei den Benzin-Pkw erreichte Verringerung der Emissionen wird dadurch zum größten Teil zunichte gemacht.

Am höchsten belastet ist die Luft durch Feinstaub und Stickstoffdioxid in Ballungsräumen mit starkem Verkehrsaufkommen. In Ballungsräumen leben rund 35 Prozent der Menschen in Deutschland. Sie sind somit besonderen Gesundheitsrisiken durch Luftschadstoffe ausgesetzt.

Für die menschliche Gesundheit können die Auswirkungen schwerwiegend sein. Luftverschmutzung schadet vor allem den Atmungsorganen und dem Herz-Kreislauf-System. Sie führt darüber hinaus zu einer erhöhten Sterblichkeit. Nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) kommt es dadurch weltweit jährlich zu mehr als drei Millionen vorzeitigen Todesfällen. In der Europäischen Union sind es geschätzt 400.000 vorzeitige Todesfälle. Die statistische Lebenserwartung wird dadurch im Mittel um fast ein Jahr reduziert. Luftverschmutzung zählt damit zu den wichtigsten Faktoren für das Risiko, an einer chronischen Erkrankung zu sterben.

Luftschadstoffe haben außerdem verschiedene Auswirkungen auf Pflanzen und Tiere und beeinflussen somit die biologische Vielfalt:

- Einträge von Schwefel- und Stickstoffverbindungen führen zur Versauerung der Böden. Dadurch verändert sich das Nährstoffangebot. Manche Pflanzen und Pflanzengesellschaften sind jedoch auf neutrale Bodenverhältnisse angewiesen. Sie haben bei der derzeitigen Eintragshöhe langfristig keine Überlebenschance.
- Stickstoffverbindungen wirken eutrophierend, das bedeutet, sie führen zu einem Überangebot an Nährstoffen (Überdüngung).
- Schwermetalle wirken bei Überschreitung bestimmter Konzentrationen toxisch (giftig) auf Lebewesen.
- Ozon führt zur Schädigung von Pflanzen. Die Schäden können sich direkt auswirken und zum Beispiel zu Verfärbungen und zum Absterben von Blättern führen. Oder im Falle von Bäumen können sie auch langfristige Effekte haben, etwa die Steigerung der Empfindlichkeit gegenüber Schädlingen.

Alle genannten Einflüsse wirken zusammen und abhängig von natürlichen Standortfaktoren sehr unterschiedlich. Die Wirkungen können sich gegenseitig verstärken oder auch abschwächen.

Allgemein führt langanhaltender Stress durch Schadstoffe in der Luft zur Destabilisierung von Ökosystemen. Zum Beispiel können Wälder geschädigt werden, was dazu führt, dass sie dann natürlichen Stressfaktoren und Klimaänderungen gegenüber anfälliger sind.

Insgesamt entstehen durch Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt erhebliche volkswirtschaftliche Kosten. Die weitere Minderung der Schadstoffemissionen ist daher sowohl aus wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten als auch aus Gründen des Gesundheitsschutzes

erforderlich.

## Was sind die Ursachen für die Luftverschmutzung?

Die Schadstoffe in der Luft stammen aus verschiedenen Quellen, vor allem aus dem Straßenverkehr und aus Verbrennungsprozessen in der Industrie, Energiewirtschaft und Haushalten. Zur Belastung durch Feinstaub trägt auch die Landwirtschaft bei. Vor allem die Freisetzung von Gasen bei der Tierhaltung, aus denen sich in chemischen Reaktionen sogenannter sekundär gebildeter Feinstaub bildet, ist hier zu nennen.

- Eine bedeutende Quelle für Luftschadstoffe sind Emissionen aus Verbrennungsprozessen – sowohl aus stationären Anlagen als auch aus dem Verkehr. Während die Energieindustrie größere Mengen von Stickstoffoxiden und Schwefeldioxid produziert, erzeugen kleinere Anlagen in Haushalten und Gewerbe in erster Linie Kohlenmonoxid und Feinstäube.
- Eine weitere bedeutende Quelle ist der Verkehr. Verbrennungsmotoren emittieren vor allem Stickstoffoxide, Partikel und Kohlenmonoxid. Stäube stammen zudem aus Reifen- und Bremsabrieb. Auch Aufwirbelung trägt zur Feinstaubbelastung bei.
- Auch bei Produktionsprozessen in der Industrie entstehen Luftschadstoffe. Vor allem die Metallproduktion trägt zu den Kohlenmonoxid-Emissionen bei. Die mineralische Industrie und der Schüttgut-Umschlag produzieren unter anderem Feinstaub. Die Anwendung von Lösemitteln in der Industrie ist die mit Abstand größte Quelle von NMVOC-Emissionen (Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan).
- Die Landwirtschaft ist mit einem Anteil von etwa 95 Prozent Hauptemittent des Luftschadstoffs Ammoniak in Deutschland. Die Ammoniak-Emissionen stammen in Deutschland damit nahezu vollständig aus der Rinderhaltung, der Schweinehaltung, der Geflügelhaltung sowie der Mineraldüngeranwendung.
- Luftschadstoffe können auch einen natürlichen Ursprung haben: Stickstoffdioxid entsteht zum Beispiel auch bei Vulkanausbrüchen, Blitzen oder durch mikrobielle Umsetzungsprozesse im Boden. Feinstaub-Emissionen resultieren ebenfalls aus Vulkanen, dem Meer oder Bodenerosionen. Weitere Feinstaubquellen sind darüber hinaus Wald- und Buschfeuer und bestimmte biogene Aerosole wie Viren sowie Sporen von Bakterien oder Pilzen. Ozon wird nicht direkt freigesetzt – es bildet sich bei starker Sonneneinstrahlung in komplexen fotochemischen Reaktionen aus Vorläuferschadstoffen wie Stickstoffoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen.

## Was sind die wichtigsten Luftschadstoffe?

**Stickstoffoxid** ( $\text{NO}_x$ ) ist eine Sammelbezeichnung für verschiedene gasförmige Verbindungen aus Stickstoff (N) und Sauerstoff (O). Die beiden wichtigsten sind Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ). Zusammen mit flüchtigen Kohlenwasserstoffen sind Stickstoffoxide für die Ozonbelastung im Sommer verantwortlich. Sie tragen außerdem zur Feinstaubbelastung bei.

**Stickstoffdioxid** ( $\text{NO}_2$ ) ist ein Gas, das bei Verbrennungsprozessen entsteht. In der Atemluft ist es von allem für Asthmatiker, Kinder und ältere Menschen ein Problem. Bei Asthmatikern kann sich eine Verengung der Bronchien einstellen. Zum Schutz der Gesundheit gelten europaweite Grenzwerte. Der Jahresmittelgrenzwert für Stickstoffdioxid liegt bei  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Mikrogramm pro Kubikmeter), der Stundemittelgrenzwert bei  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei 18 zugelassenen Überschreitungen pro Kalenderjahr. (Weitere Informationen beim Umweltbundesamt [<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe/stickstoffoxide>])

**Feinstaub** besteht aus einem Gemisch winziger fester und flüssiger Partikel. Sie entstehen entweder direkt an der Quelle, zum Beispiel bei Verbrennungsprozessen. Oder sie bilden sich aus Gasen. Ein Teil entsteht in der Luft durch die Umwandlung von Schwefeldioxid, Stickstoffoxiden, flüchtigen organischen Verbindungen und Ammoniak. Feinstaub wird nach Größe der Partikel unterschieden. Feinstaub  $\text{PM}_{10}$  kann in die Nasenhöhle eindringen, Feinstaub  $\text{PM}_{2,5}$  kann in die Bronchien und Lungenbläschen gelangen.

Je nachdem, wohin die Teilchen im Körper gelangen können, wirken sie sich unterschiedlich auf die Gesundheit aus. Sie können zu Reizungen und Entzündungen der Atemwege führen. Auch Auswirkungen auf das vegetative Nervensystem sind möglich.

Der Grenzwert für PM<sub>10</sub> liegt bei 40 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel, der Tagesmittelgrenzwert ist 50 µg/m<sup>3</sup> und darf nicht öfter als 35-mal im Jahr überschritten werden. Für die kleineren Partikel PM<sub>2,5</sub> liegt der Grenzwert bei 25 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel. (Weitere Informationen beim Umweltbundesamt

[<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe/feinstaub>])

Die Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation WHO liegen noch unterhalb dieser Grenzwerte. Seit 2005 beträgt der globale Richtwert (Jahresmittelwert) 10 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> und 20 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub>.

**Ozon** ist eines der wichtigsten Spurengase in der Atmosphäre. In großer Höhe bildet es die natürliche Ozonschicht, welche die Erde vor der Ultraviolettstrahlung der Sonne schützt. In Bodennähe auftretendes Ozon entsteht bei intensiver Sonneneinstrahlung aus Vorläuferschadstoffen – überwiegend Stickstoffoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen.

Die Stickstoffoxide, aus denen sich Ozon bildet, stammen mit rund 40 Prozent aus dem Verkehrsbereich, gefolgt von der Energieumwandlung und der Landwirtschaft. Flüchtige organische Verbindungen werden gut zur Hälfte bei der Verwendung von Lösemitteln freigesetzt. Diese finden sich in vielen Produkten wie in Farben und Lacken, Klebstoffen und Reinigungsmitteln. Auch die Landwirtschaft trägt mit 20 Prozent deutlich zu den NMVOC-Emissionen bei.

Bodennahes Ozon kann zu einer verminderten Lungenfunktion und zu Atemwegsbeschwerden führen. Ozon steht darüber hinaus im Verdacht, beim Menschen Krebs auszulösen. Hohe Ozonkonzentrationen können überdies zu Pflanzenschädigungen und damit auch zu Ernteaussfällen in der Land- und Forstwirtschaft führen.

Ab einem Ozonwert von 180 µg/m<sup>3</sup> werden über die Medien Verhaltensempfehlungen an die Bevölkerung gegeben. Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist ein Zielwert festgelegt: Der maximale Acht-Stunden-Wert eines Tages darf an höchstens 25 Tagen pro Kalenderjahr, gemittelt über drei Kalenderjahre, den Wert von 120 µg/m<sup>3</sup> überschreiten. (Weitere Informationen beim Umweltbundesamt

[<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe/ozon>])

**Ammoniak** (NH<sub>3</sub>) ist eine gasförmige Verbindung des Stickstoffs (N). Er entsteht hauptsächlich in der Landwirtschaft, insbesondere in der Tierhaltung. Durch das Ausbringen von Gülle und Mist auf den Äckern gelangt der Ammoniak in die Atmosphäre. Dort reagiert er mit anderen Gasen und bildet Feinstaub-Partikel. Ammoniak-Emissionen entstehen darüber hinaus auch bei dem Einsatz von Mineräldünger sowie in der Pflanzen- und Futtermittelproduktion.

Ammoniak und das sich in chemischen Reaktionen bildende Ammonium lagern sich in den Ökosystemen ab, was zu einer Schädigung des Nährstoffgefüges des Bodens führt.

### **Wie kann die Luftqualität verbessert werden?**

Die Reinhaltung der Luft ist eine wichtige Aufgabe. Die Emissionen stammen aus einer Vielzahl von wirtschaftlichen Aktivitäten, die eine wichtige Rolle für die Gesellschaft haben – zum Beispiel in den Bereichen Güterversorgung, Energieverbrauch, Verkehr.

Luftverunreinigungen kennen zudem keine Grenzen. Sie werden in der Atmosphäre weit transportiert, was sowohl eine Luftreinhaltepolitik auf EU-Ebene als auch auf internationaler Ebene erfordert.

Nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz sind national die zuständigen Behörden dazu verpflichtet, sogenannte Luftreinhaltepläne aufzustellen, wenn die Luftqualitäts-Grenzwerte überschritten werden. In

den Luftreinhalteplänen werden Maßnahmen festgelegt, die die Luftverunreinigungen dauerhaft vermindern können. Solche Maßnahmen können beispielsweise ein Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs, der Bau neuer Radwege, der Ausbau von Elektromobilität oder ein temporäres Nutzungsverbot für sogenannte Komfort-Öfen sein.

Um die Feinstaub-Belastung in den Ballungsräumen zu reduzieren, wurden in Deutschland seit dem Jahr 2008 in Städten Umweltzonen eingerichtet. In die Umweltzonen dürfen nur Fahrzeuge hineinfahren, die bestimmte Abgasstandards einhalten und mit den entsprechenden Plaketten gekennzeichnet sind.

Auch das 7. Umweltaktionsprogramm der Europäischen Union hat sich zum Ziel gesetzt, die Luftqualität weiter zu verbessern. Ziel ist es, dass die Luftverschmutzung und ihre Auswirkungen auf die Ökosysteme und die biologische Vielfalt weiter verringert werden und dabei langfristig das Ziel verfolgt wird, kritische Belastungen und Werte nicht zu überschreiten.

Und auch die Verbraucherinnen und Verbraucher können einen Beitrag leisten: Wer mit dem Fahrrad statt mit dem Auto zur Arbeit fährt oder den öffentlichen Nahverkehr nutzt, die Heizungsanlage regelmäßig warten lässt, sich umweltbewusst ernährt, hilft dabei mit, Schadstoffe wie Stickstoffoxide, Feinstaub und Ammoniak zu reduzieren.

Auch zur Reduzierung der Ozonvorläufersubstanzen, der flüchtigen organischen Verbindungen, kann jeder Einzelne durch die Auswahl lösemittelfreier oder emissionsarmer Produkte und Materialien beitragen. Bei der Auswahl von Produkten wie Farben, Lacken Reinigungsmitteln und auch Haarsprays können sich Verbraucherinnen und Verbraucher an Umweltzeichen wie dem „Blauen Engel“ orientieren.

## Weiterführende Links

Umweltbundesamt: Entwicklung der Luftqualität

[www.umweltbundesamt.de/themen/luft/daten-karten/entwicklung-der-luftqualitaet](http://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/daten-karten/entwicklung-der-luftqualitaet)

[<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/daten-karten/entwicklung-der-luftqualitaet>]

Umweltbundesamt: Luftqualität 2016 (veröffentlicht im Januar 2017)

[www.umweltbundesamt.de/publikationen/luftqualitaet-2016](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/luftqualitaet-2016) [<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/luftqualitaet-2016>]

Umweltbundesamt: Luftschadstoffe im Überblick

[www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschaedstoffe-im-ueberblick](http://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschaedstoffe-im-ueberblick)

[<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschaedstoffe-im-ueberblick>]

Umweltbundesamt: Aktuelle Luftdaten – Karten, Messstationen, Überschreitungen von Grenzwerten

[www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/aktuelle-luftdaten](http://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/aktuelle-luftdaten)

[<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/aktuelle-luftdaten>]

[<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>] *Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz.* [<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>]

*Sie dürfen diesen Text unter anderem ohne besondere Genehmigung verwenden und bearbeiten, z.B. kürzen oder umformulieren, sowie weiterverbreiten und vervielfältigen. Dabei müssen [www.umwelt-im-unterricht.de](http://www.umwelt-im-unterricht.de) [<http://www.umwelt-im-unterricht.de/>] als Quelle genannt sowie die oben genannte Creative Commons-Lizenz verwendet werden. Details zu den Bedingungen finden Sie auf der Creative Commons-Website [<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>].*

[<http://www.unesco.de/oer-faq.html>] *Umwelt im Unterricht unterstützt die Erstellung von Bildungsmaterialien unter offenen Lizenzen im Sinne der UNESCO* [<http://www.unesco.de/oer-faq.html>].

## Material herunterladen

Luftqualität in Städten - GS / SK (PDF - 0 B)

## Unterrichtsvorschläge

Wie sauber ist die Luft? - GS (PDF - 76 KB)

Luftverschmutzung in Städten - SK (PDF - 77 KB)

---

## **Zielgruppe**

Sekundarstufe | Grundschule

---

## **Fächer**

Biologie | Chemie | Geografie | Physik | Politik, SoWi, Gesellschaft | Sachunterricht

---

## **Schlagwörter**

Abgase | Atmosphäre | Feinstaub | Luftqualität | Luftverschmutzung | Stadt | Stadtplanung | Ozon | Verkehr | Stickstoffdioxid

---