

**Eine kleine Dosis Luftverschmutzung
oder
*Eine Einführung in die gesundheitlichen
Auswirkungen der Luftverschmutzung***

Ein Buchkapitel aus
Eine kleine Dosis Toxikologie –Gesundheitseffekte gewöhnlicher Substanzen
von
Steven G. Gilbert, PhD, DABT
Institute of Neurotoxicology & Neurological Disorders (INND)
Seattle, WA 98115

E-mail: sgilbert@innd.org

Supporting web sites
web: www.asmalldoseof.org - "A Small Dose of Toxicology"
web: www.toxipedia.org - Connecting Science and People

Dossier

Toxikologie der Luftverschmutzung

Dossier

Name: Luftverschmutzung

Definition von Luftverschmutzung: Verunreinigung der Innen- oder Außenumgebung durch chemische, physikalische oder biologische Mittel, die die natürlichen Eigenschaften der Atmosphäre verändert. Umfasst eine Vielzahl von Chemikalien und Schadstoffe,

aber sechs Schadstoffe, die unter besonderer Beobachtung stehen sind: Ozon, Feinstaub, Kohlenmonoxid, Stickoxide, Schwefeldioxid und Bleistäube

Verwendung: die meisten Schadstoffe werden nicht direkt verwendet, sondern sind Nebenprodukte der Verbrennung und andere Prozesse bei Transport, Energieerzeugung usw.

Empfohlene Tagesdosis: keine (nicht lebensnotwendig)

Aufnahme: Atemwege (Lunge)

Empfindliche Personen: Föten, Kinder und ältere Menschen, Menschen mit chronischen Erkrankungen der Atemwege

Toxizität/Symptome: Reizung der Atemwege, Schwindel, Kopfschmerzen, neurologische Erkrankungen, Krebs und Beeinträchtigungen der Fortpflanzung

Grenzwerte: in den USA setzt die amerikanische Umweltbehörde Standards für die Luftschadstoffe

Generelles: Millionen Tonnen an Feinstäube und Substanzen werden jährlich aufgrund zahlreicher Produkte, der Industrie und aus Verbrennungen fossiler Energieträger, wie Kohle und Benzin in die Umwelt freigesetzt.

Umwelt: in der Umwelt weit verbreitet und verteilt, stehen mit dem Klimawandel und dem saurem Regen in Verbindung und können sich auf die Tierwelt und die Ökologie auswirken

Empfehlungen: Minimierung der globalen Luftverschmutzung, die Exposition gegenüber Kindern und anderen Risikogruppen vermeiden, Forschungen zur Toxizität und alternative Energiequellen ausdehnen, entsprechende Vorsorge treffen, den Verbrauch von fossilen Brennstoffen reduzieren, Unterstützen internationaler Verträge

Fallstudien

"Sobald ich der stickigen Luft von Rom entkommen war und den Gestank der Schornsteine, die die in ihnen eingeschlossene verpesteten Dämpfe und den Ruß ausgossen, bemerkte ich eine Stimmungsänderung"
schreibt der Philosoph und Schriftsteller Seneca, 61 n.Chr.

Donora Smog

Ab dem 27. Oktober 1948 trat in der amerikanischen Stadt Donora, Pennsylvania Regen mit Luftverschmutzung auf und dauerte bis zum 31. Diese schwere Luftverschmutzung verursachte den Tod von ungefähr 20 Personen und Erkrankungen der Atemwege (Husten und andere Zeichen des Atemnot) in etwa 7000 Menschen, der Hälfte der Bevölkerung von Donora. Donora war eine Mühlenstadt an dem Fluss Monongahela, 40 km südöstlich von Pittsburgh, die dort gebaut wurde und um kostengünstig Kohle von Pennsylvania zu bekommen. Die dortigen merikanischen Stahl- und Kabelwerke setzten Fluorwasserstoff, Schwefeldioxid und andere giftige Giftstoffe frei, die in der Regel durch die Winde verdünnt und verteilt wurden. Der Smog trat auf, als wärmere Luft durch eine darüberliegende kältere Luftschicht bedeckt wurde und sich die industriellen Schadstoffe konzentrierten, was zu einem gelblichen, sauren Smog führte. Die Luft war so schmutzig, dass Rettungskräfte berichteten, sie hätten große Schwierigkeiten gehabt, die kranken Familien zu erreichen. Darüber hinaus tötete der Smog innerhalb eines Kilometerradius‘ einen Großteil der Vegetation. Es gibt Berichte, wonach auch zehn Jahre nach diesem Ereignis, die Sterblichkeit der dortigen Gesellschaft erhöht blieb. Diese Begebenheit war ein Anlass für die Verabschiedung eines amerikanischen Bundesluftschutzgesetzes und für die Schaffung der Umweltbehörde. Devra Davis dokumentiert dieses Ereignis in ihrem 2002 erschienenen Buch *When Smoke Ran Like Water: Tales of Environmental Deception and the Battle Against Pollution*, (siehe Nachweise unten).



Der große Smog von London

Der große Smog von London wird auch als Big Smoke bezeichnet und ereignete sich am 5. Dezember 1952 bis zum 9. Dezember 1952. In ersten Berichten stand, dass 4.000 Menschen aufgrund des Smogs starben, aber dieser Tribut wurde auf mehr als 12.000 Menschen erhöht.



Smog in London 1952

Zusätzlich litten mehr als 100.000 an einer Vielzahl von Krankheiten. Viele der Todesfälle waren das Ergebnis von Infektionen der Atemwege, wobei junge und ältere Menschen besonders betroffen waren. Dieses Ereignis war das schlimmste von weiteren, die in London durch das Bevölkerungswachstum und der industriellen Revolution hervorgerufen wurden. Anlass des großen Smogs war eine erhöhte Verbrennung von Kohle aufgrund einer Kältewelle, die zum Heizen und somit zu einer erhöhten Emissionen durch mehreren Kohlekraftwerken in der Stadt führte. Die verwendete Kohle war von niedriger Qualität mit einem hohen Schwefelgehalt, so dass die Schwefeldioxidmenge im Rauch zusätzlich zum Smog beitrug. Darüberhinaus ersetzten Dieselbusse die elektrische Straßenbahnen, was ebenfalls zur Luftverschmutzung beitrug. Das Wort "Smog" wurde durch die Kombination der englischen Wörter „smoke“ (= Rauch) und „fog“ (=Nebel) gebildet. Die gelb-schwarze Farbe des London-Smogs war das Ergebnis des Rauches aus den Schornsteinen und den Rußpartikel aus der Kohleverbrennung. Die große Zahl der Todesfälle und Krankheiten hatte 1956 eine Verabschiedung des Luftreinigungsgesetzes durch eine Bestätigung des Parlaments des Vereinigten Königreichs. Insgesamt gab dieses Ereignis weitere bedeutende Impulse für die Entwicklung der modernen Umwelt- und Gesundheitsbewegung.

Dieselabgase

Dieselabgase entstehen beim Betrieb einer Vielzahl von Geräten und Fahrzeugen: Lastkraftwagen, Schiffe, Züge, Baumaschinen, landwirtschaftliche Fahrzeuge und Busse produzieren Dieselabgase, die eine ernste Gesundheit- und Umweltgefährdung besitzen. Besonders in Gegenden mit hoher Bevölkerungsdichte ist dies ein wichtiger Faktor der Luftverschmutzung, besonders wenn schwefelreicher Kraftstoff verwendet wird.

Luftschadstoffe in Dieselabgasen enthaltene Stickstoffoxid und fein verteilte Partikel, die manchmal als Dieselpartikel bezeichnet werden. Darüber hinaus kann die unbeabsichtigte Herstellung dieser Nanopartikel in Dieselabgasen oder Ruß (aus der Verbrennung stammenden Nanopartikel) eine ernsthafte Gefahr für Arbeitnehmer und Personen, die sich in der Nähe einer Abgasquelle (Lastkraftwagen, Züge oder Schiffe) befinden, darstellen. Die geringe Teilchengröße ermöglicht es ihnen, tief in die Lunge zu gelangen und dort Asthma oder Langzeitschäden auszulösen. Auch können die Nanopartikel auf ihrer Oberfläche andere Schadstoffe tief in die Lunge bringen, wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) (vergleiche Kapitel über Nanotoxikologie). Eine Dieselabgasbelastung kann sich negativ auf die Gesundheit auswirken, wie vermehrte Asthmaanfälle, Herz-Lungen-Erkrankungen (Herzinfarkte) und Schlaganfälle, Erkrankungen der Atemwege (Lungenentzündungen und Lungenkarzinome), Fehlgeburte, und vorzeitige Todesfälle.



Definition Luftverschmutzung

Die Luftverschmutzung ist Verunreinigung der Innen- oder Außenumgebung durch chemische, physikalische oder biologische Mittel, die die natürlichen Eigenschaften der Atmosphäre verändert.

(WHO - http://www.who.int/topics/air_pollution/en/)

Einführung und Geschichte

"Der Geruch der brennenden Kohle war unangenehm und lästig".
Theophrastus (ein Schüler von Aristoteles) Antikes Griechenland
(3. Jahrhundert v.Chr.)

Luftverschmutzung ist nicht neu, aber das Volumen und die Konzentration der Schadstoffe haben mit der Entwicklung der modernen Zivilisation stetig zugenommen und stellen eine Gefahr für die menschliche Gesundheit dar, die auch zum Tode führen kann. Die Griechen und Römer kannten bereits Luftverschmutzungen, wie sie in den Schriften von Theophrast und Seneca beschrieben sind. Die Quelle dieser schlechten Luft waren Öfen, Heizungen in den Häusern, die Gewinnung von Blei und Silber aus Erzen und allgemein die wachsende Bevölkerung, was zu einer Konzentrierung von Menschen in den Städten führte. Hinweise der globalen Bleiverteilung in der Luft aus dieser Zeit stammen aus den erhöhten Bleikonzentrationen in den grönländischen Eismassen.

Der hemmungslose Einsatz fossiler Energieträger und die anschließende Luftverschmutzung waren zur Zeit der industriellen Revolution viel schlimmer. Die Verwendung von Kohle- und Holzöfen zum Heizen und Kochen zusammen mit der industriellen Verbrennung fossiler Energieträger sorgten für Luftverschmutzungen, besonders dann, wenn eine Wetterinversionlage auftrat (vergleiche die Tabelle „Bemerkenswerte Ereignisse zur Luftverschmutzung“). Einer der ersten, der die Luftverschmutzung in London zur Kenntnis nahm, war John Evelyn, der die Streitschrift verfasste *Fumifugium* oder *The inconveniencie of the aer and smoak of London dissipated together with some remedies humbly proposed in 1661* (Die Unannehmlichkeiten der Luft und des Smokes in London zusammen mit einigen Heilmitteln demütig vorgeschlagen im Jahre 1661). Er empfahl, umweltschädliche Industrien wie Zementöfen Brauereien außerhalb der Stadt zu verlegen.

Ein Teil des Problems war die Nutzung der schwefelhaltigen Kohle, nachdem Holz knapp wurde.

Im Jahre 1663 fasste die Strophe 23 der "Ballad of Gresham College" den Inhalt der Streitschrift von Evelyn zusammen.

[...] zeigt, dass dieses Meer-Kohlegemisch
welches immer London umgibt,
welches unsere Lungen und unser Geist zu ersticken droht,
welches Verderbnis und unser Eisen zum Rosten bringt.
keiner soll über Fumifuge spotten,
der in der Kirche unseren Sonntagshusten hört.

Nachdem tödliche Ereignisse aufgrund von Luftverschmutzungen in den Ländern mit rasanter Industrialisierung häufiger wurden, verloren die Menschen die Geduld und verlangten, dass die Regierung Maßnahmen ergreifen solle, um die Luftqualität zu verbessern. In den technologisch entwickelten Ländern sorgten andere Kraftstoffquellen und die Kontrolle der Emission für eine verbesserte Luftqualität. Entwicklungsländer wie Indien und China kämpfen jedoch um den Ausgleich zwischen industriellem Wachstum und Luftreinhaltung. Die Verwendung von Kohlekraftwerken mit fehlenden oder unzureichenden Luftreinigungsanlagen, die oft in der Nähe von Städten gebaut wurden, führte zu ernststen Problemen der Luftverschmutzung. Zwar gibt es Möglichkeiten, um punktuelle Luftverschmutzungen aus Kraftwerken zu reduzieren, aber Abgase aus Auto und Lastkraftwagen erhöhten sich in dem Maße, wie die Volkswirtschaften sich entwickelten. Die laufende Forschung zeigt die ernsthaften gesundheitlichen Probleme im Zusammenhang mit Luftverschmutzungen auf, vor allem bei Kindern.

Luftschadstoffe können sich in der Umwelt weit verbreiten und erhebliche ökologische Schäden verursachen. Das in dem Hauptanbauggebiet der USA verwendete Pestizid Toxaphen und ein in Industrie- und Handelsprodukten weit verbreitetes Pflanzenschutzmittel können beispielsweise im Fettgewebe von Tieren in der Arktis (Eisbär) gefunden werden. Aus der Luft stammende Stickoxide, die in Gewässer gelangen, verursachen erhöhtes Algenwachstum, welches durch erhöhten Sauerstoffverbrauch die Fische tötet. Kraftwerke setzen Schwefeldioxid frei, das tausende Kilometer vom Ursprung entfernt zu saurem Regen beiträgt. Kohle enthält eine Reihe Schadstoffe, wie Quecksilber, das bei unzureichender Filterung in die Luft gelangt. Das aus der Luft stammende Quecksilber gelangt in das Wasser und wird dort zu Methylquecksilber umgewandelt, wo es sich in der Nahrungskette anreichert. Dadurch werden Fische belastet, die eine wichtige Nahrungsquelle für die Menschen und die Tierwelt darstellen.

Bemerkenswerte Ereignisse zur Luftverschmutzung

„Umgehe die Stadt und weiche der stickigen Luft aus, atme nicht die Verderbnis des ewigen Rauches.“
Der britischer Arzt und Dichter John Armstrong in
„Die Kunst der Gesundheitserhaltung“, 1744

Datum	Ort	Beschreibung
500 v.Chr. - 300 n.Chr.	Griechische und Römische Reiche	Bergbau und das Schmelzen von Blei und Silber verursachten Luftverschmutzungen, die in den grönländischen Eisschichten erhalten blieben
300 v. Chr.	Athen	Theophrastus stellt fest dass, „der Geruch brennender Kohle ist unangenehm und lästig.“
61 n. Chr.	Rom	Seneca bemerkt die bedrückenden Bedingungen der römischen Luft Die von den Römern verwendeten „Badehäuser“, um der Stadtverschmutzung zu entgehen; sie bauten 8 m hohe Schornsteine, um den Rauch zu verteilen.
1200	London	Mittelalter - Verbrennung von Eichenholz und „Meereskohle“ (oft mit hohem Schwefelgehalt) in Brennöfen für Zement, Heizung und Brauereien.
1285	London	Einrichtung einer Kommission, um gegen Luftbelastungen vorzugehen.
1661	London	John Evelyn publiziert eine Kampfschrift gegen Luftverschmutzung.
1698	England / weltweit	Erste Dampfmaschine, Beginn der industriellen Revolution, industrielle, durch Kohle angetriebene Fertigung.
1306	England	Edward I verbietet die Verwendung von Kohle in Öfen, keine Wirkung, „Meerkohle“-verbrauch steigt.
1869	Pittsburgh, PA	Verbrennung von Braunkohle in Lokomotiven in Städten verboten, aber keine Durchsetzung des Verbots
1930	Maastal, Belgien	Maastal-Nebel / Smog aus Industrieabgase und klimatische Bedingungen tötete 60 Menschen und tausend erkrankten
1948	Donora, Pennsylvania, USA	Fünftägige schwere Luftverschmutzung durch Kohlestahlwerke führten zum Tod von mindestens 20 Menschen und Erkrankungen in 7000 Personen, die Hälfte der Bevölkerung.

1952	London, England	Der große Smog: Smog aus der Kohleverbrennung dauerte vier Tage; Erste Berichte sprechen von 4.000 Todesfällen, aber die Zahl erhöhte sich auf 12.000 Menschen, wobei 100.000 unter einer Vielzahl von Krankheiten litten
1962	Stiller Frühling	Rachel Carsons veröffentlicht das Buch „Silent Spring“, welches den Start der globalen Umweltbewegung bedeutete.
1966	New York	Erhöhte SO ₂ -Werte während des Erntedankfestes (November 23-25) wurden für zusätzliche Todesfälle verantwortlich gemacht
1970	Tag der Erde	Umweltinformationstag “Tag der Erde” fand zum ersten Mal am 22. April 1970 statt.
1984	Bhopal, Indien	Durch unbeabsichtigte Freisetzung von 40 Tonnen Methylisocyanat aus der Pestizidfabrik von Union Carbide starben etwa 15.000 Menschen und 150.000-600.000 wurden verletzt
1986	Lake Nyos, Kamerun	Kohlendioxid wurde aus dem See freigesetzt, 1800 Personen und Vieh aus den umliegenden Dörfern erstickten.

Luftverschmutzungen im Innenbereich / Luftqualität

Die Qualität der Innenraumluft ist von entscheidender Bedeutung, weil viele Menschen – vor allem jüngere und ältere Menschen – die meiste Zeit in Häusern verbringen. Der Arbeitsplatz, sei es ein Bürogebäude oder eine Produktionsstätte, ist ein potentieller Bereich für schädliche, chemische Einwirkungen. Die unten stehende Tabelle zeigt einige Quellen der Schadstoffe in Innenbereichen; durch unzureichende Belüftung der Innenräume können Substanzen aus den Konsumprodukten freigesetzt werden. Der Rauch von Holzöfen und Kamine kann auch erheblich zur Luftverschmutzung im Freien beitragen.

Die gesundheitlichen Auswirkungen von Schadstoffe in Innenräumen hängen sehr stark von der Art der beteiligten Schadstoffe ab, sie sind vom Alter und dem Gesundheitszustand der ausgesetzten Personen abhängig. Aufgrund der kleineren Atemwege und höheren Atemfrequenz sind Kinder anfälliger als Erwachsene. Akute Auswirkungen sind Müdigkeit, Kopfschmerzen, Schwindel, Halsschmerzen, Reizungen der Augen und der Nase, Asthma und Ängstlichkeit. Bei chronischer oder wiederholter Exposition können chronische obstruktive Atemwegserkrankung (COPD), Asthma, Herzkrankheiten und Krebs entstehen. All diese Symptome wurden unter dem Begriff

„Sick-Building-Syndrom" zusammengefasst, wobei eine geringe Innenraumlüftung zu gesundheitlichen Schäden führt.

Es wird geschätzt, dass 3 Milliarden Menschen, vor allem in ärmeren Entwicklungsländer, Holz, Dung, Pflanzenabfälle oder Kohle zum Kochen und zum Heizen ihrer Häuser verwenden. Dies setzt Männer, Frauen und Kinder erhöhten Konzentrationen an Feinstaub aus, was die Wahrscheinlichkeit von COPD und Lungenentzündung erhöht und zum vorzeitigen Tod führen kann; Kinder sind besonders anfällig.

Tab. – Quellen der Schadstoffe in Innenbereiche

Verbrennungsprodukte	Holzofen oder Kamin, Tabakerzeugnisse (Passivrauchen), Öl, Gas, Kerosin, Kohle, Holzkohle , Koch-Brennstoffe
Baustoffe	Asbesthaltige Isolierung oder Fliesen, bleihaltige Lacke, neue Teppiche (Ausgasung von Leimen/Lösemittel), alte Teppiche (Schimmel, Staub), Möbel oder Mobiliar aus Press-Spanplatten, (Ausgasung von Formaldehyd), Farbe, Dichtstoffe
Konsumgüter	Reinigungsprodukte, Duschvorhänge, Körperpflegemittel, Klebstoffe und Pflegemittel für Hobbymaterialien, Auto, Lacke, Kunstbedarf , Parfüms, Lufterfrischer, Luftentfeuchter (Lesen Sie das Kapitel über Giftstoffe im Haus für weitere Informationen.)
Sonstige	Radon, Pestizide, Blei, Asbest, Kohlenmonoxid, Heimtiere, Schimmel

Luftschadstoffe

In den USA war das erste Gesetz im Zusammenhang mit Luftverschmutzung das Gesetz zur Kontrolle der Luftverschmutzung von 1955, das vor allem Forschungen betraf. Der erste Versuch, Luftverschmutzungen zu regulieren, wurde in dem Luftreinheitsgesetz von 1963 festgelegt. Dieses Gesetz wurde 1970 erheblich geändert und verschärft und begründete die nationalen Luftqualitätsnormen (NAAQS) für sechs Schadstoffe. Das Luftreinheitsgesetz wurde seitdem mehrmals geändert, zuletzt 1970 mit der Aufnahme von Maßnahmen zur Vermeidung des sauren Regens. Die sechs Schadstoffe der nationalen Luftqualitätsnormen werden im Folgenden kurz zusammengefasst.

Ozon (O₃)

Ozon besteht aus drei Sauerstoffatomen und wurde zuerst von Christian Friedrich Schön im Jahre 1840 als Ursache des Geruches bei Gewittern erkannt. In den oberen Schichten

der Atmosphäre (Stratosphäre) ist es nützlich, da es die schädlichen UV-Strahlen der Sonne abhält, aber im unteren Atembereich (Troposphäre) ist es ein aggressiver Luftschadstoff. Ozon entsteht, wenn Sonnenlicht mit Schadstoffen reagiert (z.B. mit flüchtigen organischen Verbindungen und Stickoxiden, die aus der Verbrennung fossiler Energieträger von Autos, Lastwagen, Elektrizitätskraftwerke und Chemieanlagen freigesetzt werden). Während geringe Ozonmengen natürlich vorkommen, sind erhöhte Ozonwerte schädlich für die Lunge. Eine akute Exposition kann zu Atembeschwerden, Husten, Schmerzen beim Atmen und Asthmaanfällen führen, wohingegen chronische Expositionen die Ursache für Lungenerkrankungen, wie Emphysem und Bronchitis sind, die in der Regel eine Verringerung der Lungenfunktion und eine zunehmende Anfälligkeit für Atemwegserkrankungen verursachen. Greifbare Versuche zur Ozonreduzierung wurden unternommen, wie beispielsweise die Verringerung des Kraftfahrzeugeinsatzes während den Olympischen Spielen, damit die Leistungsfähigkeit der Athleten nicht beeinträchtigt wird. In den USA stellt bodennahes Ozon eines der sechs wichtigsten Luftschadstoffe dar, die von den nationalen Qualitätsnormen (NAAQS) im Rahmen des amerikanischen Luftreinheitsgesetzes geregelt werden.

Stickoxide (NO_x)

Die wichtigsten Quellen für Stickoxide – besonders für das hoch reaktive Stickstoffdioxid (NO₂) – sind Kraftfahrzeuge, sowie die Verbrennung von Kohle zur Erzeugung von elektrischem Strom oder in industriellen Öfen. Weitere Quellen sind Waldbrände, Verbrennung von Holz für Heizungen und zum Kochen, sowie Tabakrauch. Geringe Expositionen gegenüber NO_x verursachen Reizungen der Atemwege, wie Nase, Rachen und Lunge, Husten, Asthmaanfälle und Atembeschwerden; hohe chronische Expositionen verursachen bleibenden Gewebsschäden der Atemwege, die zu Emphysemen und Bronchitis führen. Die gesundheitlichen Auswirkungen sind von besonderer Bedeutung für Menschen, die in der Nähe der NO₂-Quellen (belebte Straßen) wohnen. Stickoxide tragen eben Zurück zum sauren Regen bei und katalysieren durch Interaktionen mit anderen Schadstoffen und dem Sonnenlicht die Ozonbildung. In den USA gehören Stickoxide zu den sechs wichtigsten Luftschadstoffen, die in der nationalen Luftqualitätsnorm (NAAQS) im Rahmen des US- Luftreinhaltungsgesetzes geregelt sind.

Schwefeldioxid (SO₂)

Die Hauptquelle des atmosphärischen Schwefeldioxids ist die Verbrennung von Kohle und Öl, um Elektrizität zu erzeugen oder andere industrielle Verfahren, die das Schmelzen der Erze erleichtern. Das Verbrennen schwefelreicher Kraftstoffe in Lastkraftwagen, Lokomotiven und Schiffen stellt ebenfalls eine wichtige Quelle dar. Schwefeldioxid ist zusammen mit Stickstoffdioxid eine wichtige Ursache für den sauren Regen (die Bildung von H₂SO₄ im Falle des Schwefels). Es reagiert zudem in der Atmosphäre mit anderen Schadstoffen, um kleine Partikel zu bilden. Die meisten Menschen sind mit dem Geruch nach faulen Eiern von Schwefeldioxid vertraut. Niedrige

Expositionen können Verengungen der Bronchien, Atembeschwerden und Asthma auslösen. Längerfristige Expositionen können Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Lungenschäden verursachen, die Emphyse und Bronchitis zur Folge haben können. Mit der heutigen Technologie lässt sich der Schwefel aus der Kohle entfernen und es stehen schwefelarme Kraftstoffe zur Verfügung. In den USA ist Schwefeldioxid als Berufsrisiko eingestuft und gehört zu den sechs wichtigsten Luftschadstoffen, die in der nationalen Luftqualitätsnorm (NAAQS) im Rahmen des US- Luftreinhaltungsgesetzes geregelt sind. Schwefeldioxid ist nützlich bei der Weinherstellung, wo es einmal durch seine antimikrobielle Eigenschaften hilft, Bakterien und natürlichen Hefen zu kontrollieren und zum zweiten als Antioxidationsmittel fungiert, um den Wein vor Sauerstoff zu schützen.

Schwebstoffe

Der Feinstaub besteht aus flüssigen Tröpfchen und kleinen Partikeln, wie Metalle organische Substanzen, Säuren, Staub, Feuchtigkeit und Nebenprodukte der Verbrennung. Er entsteht bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe, Holz und fast allen Brennmaterialien. Aufsichtsbehörden kümmern sich besonders um Partikeln kleiner als 10 µm (10PM), weil diese tief in die Lunge gelangen können und eine Vielzahl Schadstoffe auf ihrer Oberfläche tragen. Teilchen mit weniger als 2,5 µm PM_{2,5} sind noch gefährlicher, weil sie nicht nur tief in die Lunge, sondern auch in die Blutbahn gelangen können. Das Einatmen von Feinstaub steht mit Asthma, Herzinfarkt, Schlaganfall, Atemwegserkrankungen, erhöhtes Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen und mit dem vorzeitigen Tod in Verbindung. In den USA gehören sowohl PM₁₀ als auch PM_{2,5} zu den sechs wichtigsten Luftschadstoffen, die in der nationalen Luftqualitätsnorm (NAAQS) im Rahmen des US- Luftreinhaltungsgesetzes geregelt sind

Kohlenstoffmonoxid (CO)

Die Kohlenmonoxidvergiftung ist die häufigste Todesursache durch eine Luftverschmutzung. Bei einer Verbrennung in einer sauerstoffarmen Umgebung wird Kohlenmonoxid anstelle des Kohlendioxids gebildet. Aristoteles (384 – 322 v. Chr.) war einer der ersten, der vom Ausströmen giftige Dämpfe aus brennender Kohle berichtete; als eine Form der Exekution wurden Kriminelle in einen mit glimmenden Kohlen ausgestatteten Baderaum eingeschlossen. Erst 1800 konnte die Struktur des CO bestimmt werden. Kohlenmonoxid ist farb-, geruchs- und geschmacklos und bindet leicht an Hämoglobin, wodurch die eigentliche Funktion der Sauerstoffübertragung auf andere Organe und Gewebe verhindert wird. Eine Kohlenmonoxidvergiftung kann grippeähnliche Symptome, wie Kopfschmerzen, Übelkeit, Erbrechen, Schwindel und Müdigkeit zeigen und daher manchmal unerkannt bleiben. Ein fehlerhafter Ofen, ein Kohlefeuer im Innenbereich oder Notstrom-Aggregate können zur CO-Entstehung und zum Tode führen. In den USA gehört Kohlenmonoxid zu den sechs wichtigsten Luftschadstoffen, die in der nationalen Luftqualitätsnorm (NAAQS) im Rahmen des US- Luftreinhaltungsgesetzes geregelt sind.

Blei

Luftverschmutzung durch Blei war bereits vor Jahrtausenden ein globales Problem. Grönländische Eismassen zeigen einen Anstieg der Bleiluftverschmutzung aufgrund der Verhüttung und Verwendung von Blei in der griechischen und römischen Zeit von 500 v. Chr. bis 300 n. Chr. Die Bleiverwendung und die weltweite Verteilung stiegen während der industriellen Revolution dramatisch an. Die vielleicht schwerwiegendste, die Gesundheit betreffende Entscheidung aller Zeiten ist wohl der Bleizusatz beim Kraftstoff und der im Durchschnitt deutlich erhöhte Bleiblutspiegel bei Kindern. Nachdem in den USA verbleites Benzin für Kraftfahrzeuge verboten war verringerte sich der Bleigehalt der Luft zwischen 1980 und 1999 um 94 % und auch die Bleiblutwerte bei Kindern sanken deutlich. Verbleites Benzin in Rennwagen wurde erst kürzlich verboten und wird noch für kolbengetriebene Flugzeuge verwendet. Vor allem für die Entwicklungsländer ist die bleihaltige Luft durch Schmelzen von Erzen, Batterie-Recycling und Elektroschrott ein ständiges Problem. In den letzten Jahren tötete die Bleibelastung durch Goldbergbau in Nigeria über 400 Kinder und schädigte Tausende. Trotz alledem wird in den Entwicklungsländern weiterhin Verbleiung des Kraftstoffs verwendet.

Flüchtige organische Verbindungen (Volatile Organic Compounds (VOCs))

Flüchtige organische Verbindungen sind organische Substanzen mit einem niedrigen Siedepunkt, die leicht in die Luft verdampfen. VOC kommen sowohl in der Natur vor und werden in eine Vielzahl menschlicher Aktivitäten erzeugt und bilden wesentliche Bestandteile der Innen – und Außenluftverschmutzung. Häufige Beispiele sind Formaldehyd, in Anstrichfarben, Klebstoffe und Preßholz und Benzol, ein in Benzin gefundenes Lösungsmittel. Kurzfristige Exposition gegenüber VOCs können die Atemwege und Augen reizen, während eine langfristige Exposition neurologische Erkrankungen, Krebs und anderen Wirkungen zeigt. VOCs können mit Stickstoffdioxid und Sonnenlicht wechselwirken, um Ozon oder Schwebeteilchen zu bilden.

NAAQS Standards

Nationalen Luftqualitätsnormen (NAAQS) sind Standards, die von der amerikanischen Umweltbehörde aufgrund des Luftreinigungsgesetzes vom Oktober 1970 erlassen werden (siehe EPA - <http://www.epa.gov/air/criteria.html>)

Schadstoff		Typ	Standard	Durchschnittl. Zeit
Schwefeldioxid	SO ₂	Primär ¹	0.075 ppm	1-Stunde
	SO ₂	Sekundär ²	0.5 ppm (1,300 µg/m ³)	3- Stunden
Particle Pollution	PM ₁₀	Primär und Sekundär	150 µg/m ³	24- Stunden
	PM _{2.5}	Primär	12 µg/m ³	jährlich
	PM _{2.5}	Sekundär	15 µg/m ³	jährlich
	PM _{2.5}	Primär and Sekundär	35 µg/m ³	24- Stunden
Kohlenmonoxid	CO	Primär	35 ppm (40 mg/m ³)	1- Stunde
	CO	Primär	9 ppm (10 mg/m ³)	8- Stunden
Ozon	O ₃	Primär und Sekundär	0.075 ppm (150 µg/m ³)	8- Stunde
Stickstoffdioxid	NO ₂	Primär	0.100 ppm	1- Stunden
	NO ₂	Primär und Sekundär	0.053 ppm (100 µg/m ³)	jährlich
Blei	Pb	Primär und Sekundär	0.15 µg/m ³	3 monatlich

¹**Primärstandards** dienen dem Schutz der öffentlichen Gesundheit, einschließlich des Schutzes der "sensitiven" Bevölkerungsgruppen, wie Asthmatiker, Kinder und ältere Menschen.

²**Sekundärstandards** dienen auch dem Umweltschutz, einschließlich zum Schutz durch nicht direkt sichtbaren Schäden an Tieren, Pflanzen, Vegetation und Gebäuden.

Kindergesundheit und Luftverschmutzung

Kinder sind klein, aber sie essen, trinken und atmen bezogen auf das Körpergewicht mehr als Erwachsene. Eine geringe Exposition kann aufgrund des geringen Körpergewichtes des Kindes eine hohe Dosis darstellen. Neuere Forschungen im Zusammenhang mit Kinder und Luftverschmutzung stellen die Anfälligkeit der Kinder gegenüber Luftverschmutzung heraus. Perera et al. (2007) beschrieben, wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in der Luft aus fossilen Brennstoffen das kindliche Verhalten beeinträchtigen. Millman et al. (2008) beschreiben, die negativen Auswirkungen der Luftverschmutzung durch Kohleverbrennungen in China auf die kindliche Entwicklung. Becerra et al. (2013) beschreiben einen Zusammenhang zwischen Luftverschmutzung durch den Verkehr in Los Angeles, Kalifornien und kindlichem Autismus. Insgesamt liegen diese Studien und andere Forschungen klar die Gefährdung von Kindern durch Luftverschmutzung offen, und sie betonen die Bedeutung einer sauberen Luft während der Entwicklung.

Reduzierung der Exposition

Die Verringerung der Belastung durch Luftverschmutzung kann je nach Standort und gesellschaftlichem Engagement eine große Herausforderung sein. Die Luftverschmutzung der Innenräume kann etwa durch den Kauf von weniger Schadstoffe freisetzende Konsumgüter gesenkt werden. Luftverschmutzungen im Freien oder Belastungen am Arbeitsplatz sind für den einzelnen schwieriger zu regulieren, aber hier kann die gesamte Gesellschaft Verbesserungen vornehmen. Die KFZ-Motoren wurden stark verbessert, um Luftverschmutzungen und den Benzinverbrauch zu senken. Umweltbelastungen durch Lastwagen und Dieselmotoren wurden durch Verbesserung der Motorkonstruktion und der Verwendung schwefelarmer Kraftstoffe ebenfalls reduziert. Jeder Einzelne kann zwischen Nahverkehr, Fahrrad oder ob er zu Fuß gehen will, wählen. Einige Staaten fordern energieeffizientere Ausstattungen. Zusätzlich werden Sonnenkollektoren und andere Formen von alternativen Energien immer praktischer und kostengünstiger.

Regulation der Luftverschmutzung

Nach Vorfällen, wonach Menschen schädlichen Auswirkungen der Luftverschmutzung ausgesetzt waren, wurde erkannt, dass eine Kontrolle der Luftverschmutzung für das Wohlbefinden der Menschen und das Ökosystem wichtig ist. Verordnungen wurden zuerst lokal erlassen, nach und nach wurden sie zur Kontrolle der Luftreinhalte auf nationale und internationale Bereiche ausgedehnt und schließlich auf die Verteilung schädlicher Substanzen erweitert. Es ist wichtig, die möglichen Überschneidungen zwischen lokalen und internationalen Punkten zu beachten: eine Schadstoffbelastung durch Kohleverbrennungen in den USA oder China verursacht nicht nur eine lokale Luftverschmutzung, sondern trägt zur Internationalen Verschmutzung bei. Internationale Verträge haben erfolgreich zur Reduzierung spezifischer Schadstoffe wie FCKW beigetragen, aber hinsichtlich der Schadstoffe wie Quecksilber und Treibhausgasen, die zur Klimaerwärmung beitragen, sind noch große Anstrengungen erforderlich, um jene zu regulieren. Nachfolgend sind einige Gesetze und Protokolle genannt.

Gesetze im Zusammenhang mit Luftverschmutzung

Year	Name	Comment
1955	Bundesimmissionsschutzgesetz	Für die Forschung vorgesehen, besagt, dass die Luftverschmutzung eine Gefahr für die öffentliche Gesundheit und das Wohlbefinden ist, aber die „primäre Verantwortung und Rechte zur Kontrolle der Luftverschmutzung liegen bei den Bundesstaaten und der lokalen Regierungen“.
1963	Luftreinhaltungsgesetz	Räumt ein, dass die Luftverschmutzung ein Problem ist, welches Staatsgrenzen überschreitet, Veröffentlichung der Normen zur nationalen Luftqualität.
1965	Immissionsschutzgesetz (motorgetriebene Fahrzeuge)	Stellt die Bedeutung von Autos als wichtigste Quelle der Luftverschmutzung heraus und besagt, dass nationalen Normen erforderlich sind.
1970	Umweltschutzgesetz	Stellt fest, dass es die Pflicht der US-Regierung ist, „Einklang zwischen Mensch und Umwelt zu erreichen“, und überträgt der Umweltbehörde (EPA) die Verantwortung für die Kontrolle des Umweltschutzes.
1970	Luftreinhaltungsgesetz (Gesetzesnovelle)	Verschärft das Luftreinhaltungsgesetz, setzt nationale Luftqualitätsnormen und (NAAQS) Maßstäbe für sechs Schadstoffe
1986-1989	Montreal Protokoll	Montrealer Protokoll über Stoffe, die die Ozonschicht schädigen: internationaler Vertrag, der besagt, Chemikalien wie Fluorchlor auslaufen zu lassen, 1986 verabschiedet und trat 1989 in Kraft.
1997-2005	Kyoto Protokoll	Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaveränderungen (UNFCCC) - ein internationales Abkommen zur Verringerung des Treibhausgasausstoßes, verabschiedet 1997 und 2005 in Krafttreten

Empfehlungen und Schlussfolgerungen

Die Luftverschmutzung kennt keine Grenzen und benötigt daher regionale, nationale und internationale Anstrengungen. Die ungezügelte Verbrennung fossiler Energieträger wie Kohle, Öl und Benzin zur Erzeugung elektrischer Energie, zum Transport, für Zementöfen und Chemieproduktion, sind die Hauptverursacher der Luftverschmutzung,

Treibhausgasemissionen und der globalen Erwärmung. Weitere Forschungen im Bereich alternativer Energieformen und eine Verringerung der Nutzung fossiler Energieträger sind von wesentlicher Bedeutung, um eine zukunftsfähige Welt und die menschlichen Gesundheit zu erhalten. Kohlekraftwerke und Öfen sind Hauptursachen der Luftverschmutzung und sollten mit emissionsmindernden Technologien ausgestattet sein. Die Verfügbarkeit und Nutzung von Nahverkehr und alternative Formen des Transportes müssen entwickelt werden, um die Verwendung von „Luftverschmutzern“, wie Autos und Lastwagen zu reduzieren. Konsumgüter sollten so gestaltet werden, dass sie möglichst wenig zur Luftverschmutzung während der Herstellung und Verwendung beitragen. Auch wenn die Luftverschmutzung im Freien wichtig ist, muss doch mehr Aufmerksamkeit auf die Luftqualität in Innenräumen geachtet werden. Als weltweit agierenden Gesellschaften müssen wir an Gesetzen arbeiten, die Menschen vor Ort - als auch weltweit - schützen und die Erhaltung der menschlichen und ökologischen Gesundheit für heutige und zukünftige Generationen bewahren. Wir alle, und vor allem unsere Kinder, haben ein Recht auf eine Umwelt, in der wir unser volles Potenzial erreichen und ausschöpfen können - frei von schädlichen Luftschadstoffen.

Weitere Informationen und Nachweise

Bilderpräsentation

- A Small Dose of Air Pollution presentation material and references online: <http://www.toxipedia.org> or <http://www.toxipedia.org/display/dose/Air+Pollution> Web site contains presentation material related to the health effects of Air Pollution.

Europäische, asiatische und Internationale Behörden

- World Health Organization (WHO) Air pollution. Online at http://www.who.int/topics/air_pollution/en/ (accessed: May 17, 2013) Overview of indoor and outdoor air pollution as well as health related information.
- World Health Organization (WHO) Indoor air pollution and health. Online at <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/index.html> (accessed: June 7, 2013)
- England – Department for Environment Food and Rural Affairs – Air Pollution. Online at <http://uk-air.defra.gov.uk> (accessed: June 7, 2013)

- England - Air Quality England. Online at <http://www.airqualityengland.co.uk> (accessed: June 7, 2013)
“This website shows the latest near-real time air quality data for UK Government, local authorities and the private sector across England.”

Nordamerikanische Behörden

- AIRNow – supported by U.S. EPA, NOAA, NPS, tribal, state, and local agencies
Online at <http://airnow.gov/> (accessed: April 29, 2013)
Provide U.S. national air quality information, daily AQI forecasts and real-time AQI conditions for over 300 cities across the U.S.
- Health Canada - Health Effects Of Air Pollution - Online at http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/air/out-ext/effe/health_effects-effets_sante-eng.php (accessed: June 7, 2013)
Overview of air pollution and health related issues.
- EPA Air Page – Online at <http://www2.epa.gov/learn-issues/air-resources#air-pollution> (accessed: April 29, 2013)
EPA provides a wealth of information on air pollution regulations, air quality, emissions monitoring, and health and environmental impacts.
- US Clean Air Act – Online at <http://www.epa.gov/air/caa/peg/> (accessed: May 17, 2013)
EPA provides a brief introduction (in plain English) Guide to the 1990 Clean Air Act
- US EPA - Air Quality Criteria for Ozone and Related Photochemical Oxidants (2006 Final) – Online at <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=149923> (accessed: June 7, 2013)
- US EPA Indoor Air Pollution – Online at <http://www.epa.gov/iaq/index.html> (accessed: June 7, 2013).
EPA provides excellent overview and references related to indoor air quality.
- US EPA – Sulfur Dioxide – Online at <http://www.epa.gov/airquality/sulfurdioxide/index.html> (accessed: June 7, 2013)
- US EPA – Nitrogen Oxides – Online at <http://www.epa.gov/airquality/nitrogenoxides/> (accessed: June 7, 2013)

- US EPA – Particulate matter – Online at <http://www.epa.gov/airquality/particlepollution/> (accessed: June 7, 2013)
- US EPA – Carbon monoxide – Online at <http://www.epa.gov/airquality/carbonmonoxide/> (accessed: June 7, 2013)
- US Occupational Safety & Health Administration - Indoor Air Quality – Online at <http://www.osha.gov/SLTC/indoorairquality/index.html> (accessed: June 7, 2013)

Regierungsunabhängige Organisationen

- American Lung Association (ALA) - - Online at <http://www.lung.org> (accessed: April 29, 2013).
The American Lung Association works to “save lives by improving lung health and preventing lung disease through Education, Advocacy and Research”.
- The National Association of Clean Air Agencies (NACAA) – Online at <http://www.4cleanair.org/> (accessed: May 17, 2013)
Provides information on air pollution and represents air pollution control agencies in 45 states and territories and over 116 major metropolitan areas across the United States.
- Air Pollution and Health - Physicians for Social Responsibility – Online at <http://www.psr.org/environment-and-health/global-warming/air-pollution/> (accessed: May 17, 2013)
Wide range of information focused on the health effects of air pollution.
- American University Washington College of Law - The Law of Air and Atmosphere – Online at <http://www.wcl.american.edu/environment/iel/nine.cfm> (accessed: June 7, 2013)
Comprehensive references to international air pollution laws.
- Natural Resources Defense Council – AIR – Online at <http://www.nrdc.org/air/default.asp> (accessed: June 7, 2013)
An over view of air issues.

Referenzen

Becerra, T. A., Wilhelm, M., Olsen, J., Cockburn, M., & Ritz, B. (2013). Ambient air pollution and autism in Los Angeles county, California. *Environ Health Perspect*, 121(3), 380-386.

Davis, Devra (2002). *When Smoke Ran Like Water: Tales of Environmental Deception and the Battle Against Pollution*. New York: Basic Books. ISBN

0465015212.

Costa, Daniel L. (2008). Air Pollution. In Casarett and Doull's Toxicology The Basic Science of Poisons 7th Edition. Editor Curtis D. Klaasen. Pages 1119-1156.

Gilbert, S. G., & Weiss, B. (2006). A rationale for lowering the blood lead action level from 10 to 2 microg/dL. *Neurotoxicology*, 27(5), 693-701.

Hong, S., Candelone, J. P., Patterson, C. C., & Boutron, C. F. (1994). Greenland ice evidence of hemispheric lead pollution two millennia ago by greek and roman civilizations. *Science*, 265(5180), 1841-1843.

Jacobson, Mark Z. *Air Pollution and Global Warming: History, Science, and Solutions* (2nd ed). (2012). Cambridge University Press. 406 pages.

Millman, A., Tang, D., & Perera, F. P. (2008). Air pollution threatens the health of children in China. *Pediatrics*, 122(3), 620-628.

Perera, F. P., Tang, D., Wang, S., Vishnevetsky, J., Zhang, B., Diaz, D., et al. (2012). Prenatal polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) exposure and child behavior at age 6-7 years. *Environ Health Perspect*, 120(6), 921-926.