

Luftschadstoffe

Vorkommen:

Globale Zunahme durch Industrie, Kraftfahrzeugverkehr, Flugzeuge und Verbrennungsprozesse (Heizung, Müllverbrennung, Industrie). Je dichter die Besiedelung, desto stärker ist die Luftverschmutzung.

Wichtigste Giftgruppen:

Luftstaub - Schwermetalle (Blei, Cadmium, Quecksilber)

Stickgase - (Kohlenmonoxid, Kohlendioxid)

Reizgase- (Schwefeldioxid, Nitrose Gase, Ozon)

Organische Verbindungen (Dioxine, Furane, Benzopyren, Hexachlorbenzol)

Mit Ausnahme von Extremfällen in unmittelbarer Nähe von Emittenden handelt es sich um eine bunte Mischung einer sehr großen Anzahl verschiedener Substanzen in niedrigen Konzentrationen.

Da die Latenzzeit bis zur Manifestation von Organschäden beim Menschen außerordentlich lang ist, gibt es keine epidemiologischen Studien, die Auskunft geben, bei welcher Schadstoffbelastung auch für Risikogruppen (z. B. Allergiker, Kinder, Schwangere) garantiert keine Gesundheitsgefährdung besteht.

Bei der breiten Palette der toxischen Substanzen mit erheblichen regionalen Konzentrationsunterschieden gibt es keine einheitlichen spezifischen Symptome. Für Einzelgifte liegen Grenzwertangaben aus epidemiologischen Studien vor.

Oft gravierender als alle industriellen Emissionen ist die Gesundheitsschädigung durch Raucher und passives Mitrauchen.

Luftschadstoffe werden von Kaminen oder Auspuffrohren ausgestoßen. Diesen Prozeß bezeichnet man als Emission. Die emittierten Schadstoffe vermischen sich mit der Außenluft, sie werden verdünnt. Je nach Windströmung werden sie jetzt über kleinere oder größere Distanzen verfrachtet. Während des Transportes können die Schadstoffe miteinander reagieren. Es finden also stoffliche Veränderungen statt. Verdünnung, Transport und stoffliche Veränderungen nennt man Transmission. Die auf den Menschen und seine Umwelt einwirkenden verdünnten Schadstoffe nennt man Immissionen.

Außenluft:

natürliche Luft

Stickstoff

Sauerstoff

Edelgase

Kohlendioxid

Spuren von:

Schwefeldioxid

Kohlenmonoxid

Stickstoffoxiden

Kohlenwasserstoffe

Staub

verunreinigte Luft

Stickstoff

Sauerstoff

Edelgase

Kohlendioxid

2-20mal mehr Schwefeldioxid

5-200mal mehr Kohlenmonoxid

1-50mal mehr Stickstoffoxide

1-20mal mehr Kohlenwasserstoffe

3-40mal mehr Staub

Luftschadstoffe – Quellen und Eigenschaften (Umweltbericht 1987 Bad. Würt.)

Luftfremd- bzw. Luftschadstoff	Hauptquelle	Eigenschaften, Entstehung
Kohlenmonoxid	Motorfahrzeuge	farbloses, geruchloses Gas; entsteht bei unvollständiger Verbrennung
Schwefeldioxid	Hausfeuerungen (20%), Industrie- und Gewerbefeuerungen (70%)	farbloses, stechend riechendes Gas; entsteht bei der Verbrennung von schwefelhaltigen Brennstoffen und Treibstoffen

Stickstoffoxide:	Motorfahrzeuge (70%), Industrie und Gewerbefeuerungen (25%)	farbloses Gas; an sich wenig giftig, wandelt sich an der Luft in das giftige Stickstoffoxid um;
Stickstoffmonoxid		entsteht bei der Verbrennung in größeren Konzentrationen;
Stickstoffdioxid		rötlichbraunes, stechend riechendes Gas; entsteht bei der Verbrennung
Kohlenwasserstoffe	Industrie und Gewerbe inkl. Umschlag von Brennstoffen (65%), Motorfahrzeuge (25%)	Gruppe von unterschiedlichen organischen Verbindungen (Gase und Dämpfe); entsteht bei der unvollständigen Verbrennung sowie bei der Verdunstung von Brennstoffen; Verdampfung von Lösungsmitteln. Beispiele: Alkene (Ethylen), Aldehyde, aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Benzpyren, Toluol)
Ozon	Motorfahrzeuge, Industrie und Gewerbe	farbloses, stechend riechendes Gas, entsteht in der Luft aus den Vorläufern Stickstoffoxid und Kohlenwasserstoff, in den Sommermonaten bei intensiver Sonneneinstrahlung
Schwebstaub	Haus- und Industrie-feuerungen, industrielle und gewerbliche Prozesse, Motorfahrzeuge	feste Teilchen unterschiedlicher Größe, sehr unterschiedliche Stoffe wie Ruß, Pneumabrieb, Metalle, Salze, Mineralien, Pollen, Insektenbestandteile
Asbeststaub	Feuerschutz, Isolationen, Bremsbeläge der Motorfahrzeuge, Dachverkleidung u.a.	feine Fäserchen; entstehen bei der Herstellung, Bearbeitung und beim Verschleiß von asbesthaltigen Materialien
Blei	Motorfahrzeuge	staub- und dampfförmige Bleiverbindungen; gelangen bei der Verbrennung von bleihaltigem Benzin in die Umwelt
Cadmium, Zink, Chrom, Quecksilber	Müllverbrennung	Schwermetallstäube; werden freigesetzt bei der Verbrennung von cadmiumhaltigen Farb- und Kunststoffen, von zinkhaltigen Blechen, von chromhaltigen Pigmenten sowie Thermometern und Batterien
Chlorwasserstoff, Chloride	Müllverbrennung	farbloses, stechend riechendes Gas; entsteht z.B. bei der Verbrennung von PVC
Fluorwasserstoff, Fluoride	Müllverbrennung	farbloses, an feuchter Luft nebelbildendes Gas; entsteht bei der Verbrennung von Kehrlicht sowie bei der Herstellung von Aluminium
Chlorierte Kohlenwasserstoffe:	Industrielle und gewerbliche Prozesse, Müllverbrennung	Sammelbezeichnung für chlorierte, organische Verbindungen (Gase, Dämpfe). Nur langsam abbaubar, hohe Fettlöslichkeit; werden freigesetzt in der chemischen Reinigung, bei der Entfettung, bei der Verwendung von Pflanzen- und Holzschutzmitteln etc.

Fluorchlor- kohlenwasserstoffe	Spraydosen, Kühl- anlagen	organische Verbindungen mit Fluor- und Chloratomen; Kälte- und Treibmittel; werden freigesetzt bei der Verwendung von Sprays
Gerüche	Abfallbeseitigung, Industrie und Gewerbe, Landwirtschaft, Intensivhaltungen, Dieselmotoren	unterschiedliche Substanzen; geruchsintensive Stoffe können belästigen und auch die Gesundheit beeinträchtigen

Quelle	Emissionierte Stoffe
Mensch	Kohlendioxid, Wasserdampf, Geruchsstoffe
Menschliche Aktivität	
- Energieversorgung (Gasgeräte, offene Flammen)	Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Stickstoffoxide, Wasserdampf Aldehyde, Kohlenwasserstoffe und andere organische Verbindungen Staub
- Haushalts/ Hobbyprodukte	Viele organische Verbindungen (Lösemittel, Pestizide, teilweise als Aerosole)
- Rauchen/Passivrauchen	Kohlenmonoxid, Stickstoffoxide Aldehyde, Nitrosamine und andere organische Verbindungen, Aerosole
Raumausstattung	
- Bau-/Renovierungsmaterialien	Viele organische Verbindungen (Lösemittel, Holzschutzmittel) Radon Asbest und andere Fasern
- Einrichtungsgegenstände (Möbel, Teppiche, Textilien)	Viele organische Verbindungen (Formaldehyd, Lösemittel)

Die Innenraumluft ist bis zu dem Faktor 1000-10.000 giftiger als die Stadtluft!

Die ersten Opfer waren die Bäume. Nun folgt - zum Glück weniger dramatisch - der Mensch, und es ist kein Zufall, daß zuerst die Empfindlichen, die Kleinkinder, die Betagten und die geschwächten Menschen reagieren.

Langsam wird uns klar, daß wir wegen der Luftverschmutzung sogar das Klima verändern. Der Mensch hat eine Warmzeit heraufbeschworen - das Gegenstück zur Eiszeit. Die Auswirkungen auf das Leben sind noch unvorstellbar. Was wir an Materialien, Brenn- und Treibstoffen verschwenden, fehlt unseren Nachkommen. Ihnen hinterlassen wir den Abfall in der Luft, im Wasser und im Boden. Hier können nur breite Aufklärung und wirksame Gesetze weiterhelfen!

Die Grundlage für die Zusammenarbeit Arzt-Politiker bietet in der Bundesrepublik Deutschland das Bundes-Immissionsschutzgesetz.

§ 1: Zweck dieses Gesetzes ist es, Menschen sowie Tiere, Pflanzen und andere Sachen vor schädlichen Umweltwirkungen und, soweit es sich um genehmigungsbedürftige Anlagen handelt, auch vor Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen, die auf andere Weise herbeigeführt werden, zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen.

Die Tatsache, daß keine Woche vergeht, in der nicht auf nationaler oder internationaler Ebene eine Konferenz über Umweltprobleme stattfindet, sei dies Luft, Wasser, Abfallentsorgung oder Chemie, deutet darauf hin, daß die verantwortlichen Politiker und Wirtschaftszweige nicht nur ihre Verantwortung für die Umwelt erkennen, sondern daß sie auch realisieren, wie mit der Zerstörung der Umwelt auch ihre eigenen Grundlagen zerstört werden. (Luftverschmutzung u. Ges.)

Die Grenzwerte der TA-Luft

In der Bundesrepublik Deutschland gibt es lediglich im Rahmen der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft) gesetzliche Grenzwerte der Luftschadstoff-Immissionen. Die Immissionsgrenzwerte der TA-Luft sind dann eingehalten, wenn der Jahresmittelwert kleiner als der IW-1-Wert ist und 98% der Einzelwerte, die im Laufe eines Jahres ermittelt werden, kleiner als der IW-2-Wert sind. Die TA-Luft ist eine Verwaltungsvorschrift und wird benutzt bei der Erstellung neuer Industrieanlagen. Sie wird aber auch zunehmend allgemein akzeptiert im Sinne von Grenzwerten, unterhalb derer mit gesundheitlichen Schäden nicht zu rechnen sei. Diesen Ansprüchen kann die TA-Luft nicht gerecht werden, denn die Grenzwerte orientieren sich nicht am erhöhten Schutzbedürfnis von Kleinkindern, Betagten oder Asthmatikern.

Die TA-Luft-Grenzwerte stellen einen Kompromiß zwischen Umweltschutz und Wirtschaftlichkeit dar. Verschiedene Grenzwerte (z.B. für SO₂) liegen eindeutig über den Werten, bei denen bereits mit Pflanzenschäden gerechnet werden muß.

Die untenstehende Tabelle zeigt, daß in der TA-Luft die Immissionsgrenzwerte von Luftschadstoffen doppelt bis viermal so hoch angesetzt sind wie in der Schweiz. Die schweizerischen Immissionsgrenzwerte decken sich weitgehend mit der im Sommer 1985 von der WHO verabschiedeten Empfehlung.

Gesetzliches Ziel der Schweizer Luftreinhalteverordnung (LRV) ist die Einhaltung der Immissionsgrenzwerte ab 1994/95. Die derzeitigen Überschreitungen vieler LRV-Grenzwerte lösten eine gesetzlich verbindliche Vollzugspflicht aus, um umfangreiche Maßnahmen zu ergreifen, bei denen Bund, Kanton und Gemeinden zusammenarbeiten müssen.

Der TA-Luft hingegen fehlt eine gesetzliche Zielsetzung und Vollzugspflicht zur Verbesserung der Luftqualität.

Selbst bei den strengen Immissionsgrenzwerten der Schweiz ist zu beachten, daß nur geringe Sicherheitsmargen bestehen und daß unterhalb der gesetzten Grenzen nicht mit Sicherheit keine schädlichen Wirkungen auftreten können. Ein »Restrisiko« bleibt, welches allerdings als gering bezeichnet wird.

Viele Schadstoffe, für die sinnvolle Vergleiche von einzelnen Meßwerten und Jahresdurchschnittswerten nicht möglich sind, z.B. Ozon oder Dioxine, sind in der TA-Luft nicht vertreten. Für kürzere Einwirkungs- bzw. Meßzeiten, sowie für lokale Messungen existieren keinerlei gesetzlich verankerte Grenzwerte. Hilfsweise werden hierfür in aller Regel die maximalen Immissionskonzentrationen (MIK-Werte) herangezogen, die der Verband Deutscher Ingenieure (VDI) in seiner Richtlinie 2310 festgelegt hat.

	SO ₂ lang-/kurz- fristig		NO _x lang-/kurz- fristig		Ozon lang-/kurz- fristig		Staub lang-/kurz- fristig		CO lang-/kurz- fristig	
Bundes- republik	140	400	80	200	keine gesetzl. Grenzwerte		150	300	10 000	30 000
Schweiz	30	100	30	100	100	120	70	150	8 000	
WHO- Empfehlung	30	100	30	95	60	150 - 200			10 000	

Schadstoff	Immissionsgrenzwert	Statistische Definition
Schwefeldioxid (SO ₂)	140 µg/m ³ 400 µg/m ³ 300 µg/m ³	IW 1 IW 2 MIK/24 Std. Mittelwert
Stickstoffdioxid (NO ₂)	80 µg/m ³ 200 µg/m ³ 100 µg/m ³	IW 1 IW 2 MIK/24 Std. Mittelwert
Kohlenmonoxid (CO)	10 mg/m ³ 30 mg/m ³ 10 mg/m ³	IW 1 IW 2 MIK/24 Std. Mittelwert
Ozon (O ₃)	– – 120 µg/m ³	IW 1 IW 2 MIK/½ Std.
Schwebestaub ¹ insgesamt	150 µg/m ³ 300 µg/m ³ 300 µg/m ³	IW 1 IW 2 MIK/24 Std.
Blei (Pb) im Schwebestaub	2 µg/m ³	IW 1
Cadmium (Cd) im Schwebestaub	40 ng/m ³	IW 1
Staubniederschlag insgesamt	350 mg/m ² x d	IW 1
Blei (Pb) im Staubniederschlag	0,25 mg/m ² x d	IW 1
Cadmium (Cd) im Staubniederschlag	0,005 mg/m ² x d	IW 1
Thallium (Tl) im Staubniederschlag	0,01 mg/m ² x d	IW 1

Aber auch beim Verbrennen von Holz mit einem Feuchtigkeitsgehalt zwischen 4 und 30 Prozent können neben hohen Staub-, Ruß- und Teeremissionen auch erhebliche Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoff-Emissionen entstehen.

Besonders bedenklich sind die bei den Versuchen ermittelten hohen Emissionen von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAHs), die bei kleinen Holzfeuerungsanlagen deutlich über denen der Kohleverbrennung liegen können.

Richtige Bedienung des Ofens

Es genügt nicht allein, nur erlaubte, raucharme Brennstoffe zu verwenden. Wichtig ist auch die richtige Bedienung des Ofens.

Häufig wird der Ofen mit schnell abbrennbaren Brennstoffen überfüllt. Beim Verbrennungsablauf entsteht dann zwangsweise Luftmangel, der zu einem unvollkommenen Ausbrand der Rauchgase und damit zu hohen Emissionswerten an unverbranntem Kohlenstoff führt. Die Folgen sind unnötige Rauch-, Ruß- und Geruchsemissionen und schlechte Energieausbeute. Auch bei zu gering geöffneter Luftklappe wird Schmelbrand verursacht, der zu geruchsintensiven Abgasemissionen führt. Rußablagerungen in den Rauchgaswegen (Ofenrohr, Ofen- bzw. Kesselzüge) können ferner ebenfalls den Verbrennungsablauf nachteilig beeinflussen und zu erhöhten Emissionen führen.

Nicht zugelassene Brennstoffe Wer andere als die zugelassenen Stoffe verfeuert, gefährdet sich und die

Gesundheit seiner Mitmenschen. Nachfolgende Beispiele zeigen einige Risiken auf.

Kunststoffe:

Hierzu gehören Tragetüten, verschiedene Verpackungsmaterialien, Windeln, beschichtetes Holz, Styropor, Spanplatten usw. Beim Verbrennen werden unter anderem Dämpfe frei, die stechend riechen und, wenn sie mit Wasser (Kondenswasser, Regenwasser) in Verbindung kommen, verdünnte Salzsäure bilden. Diese Säure zersetzt dann übrigens auch die Schamottsteine ihres Ofens und Kamins.

Spanplatten:

Bei der Verbrennung von Spanplatten können z.B. das krebserzeugende Formaldehyd und Dioxine freigesetzt werden.

Papier:

Bei der Verbrennung von Altpapier, insbesondere von Altpapierbriketts, werden die in der Druckerschwärze enthaltenen Schwermetalle wie Zink, Blei und Cadmium frei und mit den Rauchgasen in die Umwelt getragen. Über Luft und Nahrung gelangen diese Gifte in den Organismus, sammeln sich dort und zerstören je nach Grad der Vergiftung das zentrale Nervensystem.

Die nachstehende Tabelle zeigt deutlich, mit welchen erhöhten Schwermetallemissionen bei der Verfeuerung von Altpapierbriketts im Vergleich zu herkömmlichen festen Brennstoffen zu rechnen ist (Durchschnittswerte - Angaben in mg kg):

Brennstoff	Quecksilber	Cadmium	Blei	Zink
Altpapierbriketts	0,18	2	100	410
Braunkohlenbriketts	0,1	0,07	6	7,5
Koks	k. A.	0,085	21	85
Steinkohlenbriketts	k. A.	0,62	27	93
Anthrazit	0,3	0,13	14	27

(k. A. = keine Angaben)

Bearbeitetes Holz:

Holz wird durch chemische Erzeugnisse wie Lacke, Lasuren, Imprägniermittel, Teer behandelt.

Eisenbahnschwellen und Bohlen werden gegen Fäulnis mit Insektiziden getränkt und später im Gebrauch öfter nachgespritzt. Bei der Verbrennung im Ofen werden durch die relativ niedrigen Temperaturen nicht nur die aufgetragenen Gifte frei, sondern es bilden sich auch neue chemische Verbindungen wie Dioxine, die mit den Rauchgasen ins Freie gelangen.

Da die Kamine in der Regel nicht sehr hoch sind, schlagen sich die Rauchgase mit den Schadstoffen in der unmittelbaren Nähe nieder. Zu bedenken ist auch, daß Rauchgase aus dem Ofensystem direkt in die Wohnung gelangen können. Dadurch ist man direkt den konzentrierten Giftgasen über einen längeren Zeitraum ausgesetzt, da der Luftaustausch nur relativ langsam stattfindet.

Ofeneinzelheizung:

Unter den heute üblichen häuslichen Heizungsarten belasten Einzelöfen für Kohle, Koks und Holz die Luft »in Atemhöhe« am stärksten.

Die nachstehende Tabelle zeigt, daß bei der Verbrennung von Feststoffen in der Regel wesentlich höhere Schadstoffemissionen freigesetzt werden als bei der Verbrennung von Heizöl oder insbesondere Gas:

Schadstoffe	Steinkohle brikett	Steinkohle ¹⁾	Braunkohle- brikett	Koks	Holz	Heizöl EL	Gas
Schwefeldioxid	500	500	130	500	9– 13	140 ²⁾	0,2
Stickoxide (als NO ₂)	50	50	12	70	10– 130	50	35
Kohlenmonoxid	5 400	5 400	4 700	6 700	1 100– 21 000	120	95
Gas- und dampfförmige organische Verbindungen	450	200	300	10	20–1 100	15	12
Fluor und gasförmige anorganische Verbindungen (als F)	1,5	1,5	0	1,5	0	0	0
Staub	250 ³⁾	150 ³⁾	80	50	380–1390	5	0,2

1) z. B. Anthrazit, Magerkohle, Esskohle, Fettkohle

2) Massengehalt an Schwefel 0,3%

3) Einschließlich Schwermetalle ca. 1 kg Pb/TJ; 1,5 kg ZM/TJ; 0,07 kg Cd/TJ

Zugelassene Brennstoffe

Kohle, Koks und Holz werden in Zimmeröfen, Kachelöfen, Küchenherden, offenen Kaminen und zentralen Hausheizungen verfeuert. Solche Öfen für den Einsatz fester Brennstoffe mit einer Nennwärmeleistung bis 22 kW gelten als »kleinere Feuerungsanlagen«.

Sie dürfen gemäß § 5 Abs. 1 der 1. BImSchV (1. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes) nur mit raucharmen Brennstoffen beheizt werden. Raucharme Brennstoffe sind nur:

- Steinkohle und Steinkohlebriketts entsprechend den Qualitätsanforderungen des § 5 Abs. 2, 1. BImSchV
- Braunkohlen- und Torfbriketts
- Steinkohlen-, Braunkohlen- und Torfkoks

sowie

- trockenes Holz.

Der Brennstoff »trockenes Holz« darf höchstens eine Feuchtigkeit bis zu etwa 20 Prozent enthalten.

Zum Vergleich: Waldfrisches Holz muß beispielsweise etwa 2 Jahre gelagert werden, bis die Feuchtigkeit des Holzes auf rund 20 Prozent gesunken ist.

Innenraumluft

Schulluft

Aufgrund der Messungen in einer Schule wurden unterschiedlich hohe, jedoch ausnahmslos Werte im Bereich, der Krankheiten auslösen kann, gefunden. Dies stimmt auch damit überein, daß gesundheitliche Beeinträchtigungen der darin arbeitenden Personen aufgetreten sein sollen.

Meßergebnisse

	A.-Kraft-Gymn. W14		J.-Helm-Sch. 19		JHSa		AKG H11	JHS 10	
Datum	12.12. 88	12.12. 88	13.12. 88	13.12. 88	4.1.89	13.12. 88	13.12. 88	4.1.89	4.1.89
Probe	2	3	1	3	9	5	7		
rel. Luftfeucht.	39,4%	39,4%	30%	30%	24,8%	26,7%	26,7%	27,2%	30,8%
Raumtemp.	21°C	21°C	22,5°C	22,5°C	21,9°C	22,7°C	22,7°C	18,3°C	20,8°C
Luftdruck	984 hPa	984 hPa	992 hPa	992 hPa	992 hPa	994 hPa	994 hPa	997 hPa	983 hPa
Benzol ng/m³	0,95	0,56	5,6	0,96	5,5	1,6	1,0	-	-
Toluol ng/m³	68,9	41,3	11,0	7,7	11,0	6,4	3,9	2,0	3,3
Xylol ng/m³	1,9	0,93	5,9	3,7	4,8	3,6	2,5	-	-
C 10 Aromaten ng/m³	3,8	1,9	109,9	57,6	47,8	67,7	19,5	2,0	7,8
Terpene ng/m³	10,2	3,8						-	-
Alkene ng/m³ C 10-12	73,6	15,1	219,7	153,7	65,5	145,1	85,4	2,0	47,7
Perchlorthylen			5,6	3,5	4,3	4,8	2,4		
C9 Aromaten			26,9	24,4	33,3	22,6	15,9	-	3,3

Bewertung:

Auffällig ist die extrem niedrige Luftfeuchtigkeit, die von sich aus schon durch Austrocknung der Schleimhäute Entzündungen der Atemwege hervorruft und die lokale Reizwirkung der Lösungsmittel verstärkt.

Andererseits ist nach Mitteilung des zu Rate gezogenen Leiters des Umweltinstitutes Hamburg, Dr. chem. M. Braungart, der Gehalt der Lösungsmittel bei höherer Luftfeuchtigkeit höher als bei niedrigerer.

Benzol als krebserzeugender Stoff sollte auf keinen Fall in Schulräumen nachweisbar sein. Gerade bei Kindern muß mit einem erhöhten Leukämierisiko gerechnet werden.

Toluol als Bestandteil vieler Lacke und Farben rük Müdigkeit, Konzentrationsschwäche und langfristig eine Reihe von Hirnenausfallserscheinungen hervor. Mit 68,9 η m³ ist eine extrem hohe Konzentration gemessen worden.

Xylol, auch ein Bestandteil von Lacken und Farben führt zu Kopfschmerzen, Schwindel und Konzentrationsstörungen.

C 10 Aromaten. Hierzu gehören z.B. chlorierte Naphtaline, die ähnlich wie Toluol wirken. Terpene. Sind mäßig toxische Lösungsmittel.

Alkene. C 10-C 12 sind Kohlenwasserstoffe in Ketten mit einer Doppelbindung; sie sind daher reaktiver und gefährlicher.

Wirkungsverstärkung

Da alle gefundenen Chemikalien als Lösungsmittel einen ähnlichen Angriffsort und Wirkmechanismus im menschlichen Organismus aufweisen, führen sie zu einer gegenseitigen Wirkungsverstärkung. Ihre Grenzwerte muß man daher durch die Zahl der Einzelgifte dividieren. Die Zahl der gefundenen Gifte korreliert jedoch nicht

mit der Zahl der vorhandenen Giftstoffe.

Lösemittel

Lösemittel	Verwendungszweck	Siedepunkt (°C)	Konzentration in der Gasphase bei 20°C ml/l Luft	Dichteverhältnis Dampf/Luft	
Methanol	Verdüner für Lacke und Farben	65	126	1,0	
Ethanol		78	58	1,5	
Isopropanol		82	42	2,0	
Isobutanol		108		2,4	
2-Ethoxyethanol		135		3,1	
Aceton		56	230	2,0	
Methylethylketon		80	104	2,4	
Methylacetat		57		2,5	
Ethylacetat		77	96	2,8	
Borylacetat		128	21	3,9	
Isobutylacetat		118		3,9	
2-Methoxyethylacetat					
2-Ethoxyethylacetat		156		4,5	
Toluol		in Klebstoff	111	29	3,1
Xylol	120–139		8	3,6	
Ethylbenzol	136			3,6	
Benzinkomponenten:					
Hexan		69	158	2,9	
Heptan		98	47	3,3	
Okтан		126	15	3,8	
Dichlormethan	Abbeizmittel Textilreinigung Fleckenreinigung	40	440	2,9	
Perchloräthylen (Tetrachlorethylen)		121	18	5,6	
1,1,1-Trichlorethan		74	131	4,4	
Trichlorethylen		87	76	4,2	

Physikochemische Stoffdaten können eine Hilfe für die Voraussage von Belastungssituationen sein. Ein hoher Wert der Konzentration in der Gasphase bedeutet, daß ein Lösemittel bei Raumtemperatur stark flüchtig ist. Hohe Luftkonzentrationen, die jedoch in gut gelüfteten Räumen schnell wieder absinken werden, sind die Folge. Ist das Dichteverhältnis von Lösemitteldampf zu Luft größer als 1, so wird die Substanz aufgrund ihres höheren Gewichts absinken und sich vor allem in Bodennähe anreichern. In Schlafräumen und Kinderzimmern kann dies - vor allem bei schlechter Lüftung - zu problematischen Situationen führen, da die Raumbewohner hier den Lösemitteldämpfen vorwiegend in Bodennähe ausgesetzt sind. (Wolff)

Substanz	MAK-Wert (Milliliter pro Liter Luft)	MIK _k -Wert	Substanz	MAK-Wert (Milliliter pro Liter Luft)	MIK _k -Wert
Methanol	0,2	0,03	Toluol	0,1	0,015
Ethanol	1,0	0,15	Xylol	0,1	0,015
Isopropanol	0,4	0,06	Ethylbenzol	0,1	
Isobutanol	0,1	0,015	Benzin:		
2-Ethoxyethanol	0,02		Hexan	0,05	0,06
Aceton	1,0	0,15	Heptan	0,5	
Methylethylketon	0,2	0,03	Okтан	0,5	
			Benzol*		0,003

Methylacetat	0,2		Dichlormethan	0,1	0,04
Ethylacetat	0,4	0,06	Perchloroethylen	0,05	0,015
Butylacetat	0,2		1,1,1-Trichlorethan	0,2	0,015
Isobutylacetat	0,2		Trichlorethylen	0,05	0,003
2-Methoxyethylacetat	0,005				
2-Ethoxyethylacetat	0,02				

MAK-Werte begrenzen die höchstzulässige Luftkonzentration eines Stoffes am Arbeitsplatz. Insofern haben sie nur für gesunde Erwachsene Gültigkeit. Die MIK-Werte hingegen, die vom Verein Deutscher Ingenieure erarbeitet werden, zielen darauf ab, gesundheitliche Beeinträchtigungen bei Kindern, alten und kranken Menschen auch bei langfristiger Belastung zu vermeiden. Die Werte für Dauerbelastung betragen ein Drittel des jeweils in der Tabelle aufgeführten MIK_k-Wertes, der für eine kurzfristige Einwirkung von bis zu 30 Minuten Dauer gilt. (Wolff)

Lösemittel	Luftkonzentration (Milliliter Lösemitteldampf/ Liter Luft)	Aufenthaltsdauer	Symptome
Benzin	0,1–0,5		leichte Symptome
	1,0	15 Minuten	Schläfrigkeit
	1,0	1 Stunde	Schwindel
	7,0	5 Minuten	Verlust der Bewegungskontrolle
Dichlormethan	0,3–0,8	3–4 Stunden	verminderte motorische Leistung
Ethanol	1,4	40 Minuten	leichte
	3,3	100 Minuten	Benommenheit Reizung der Augen- und Nasenschleim- haut, Kopfschmerz, Schläfrigkeit
Perchloroethylen, (>PER-, Tetrachlor- ethylen)	0,3	einige Stunden	leichter Schwindel, Schläfrigkeit, Augenreizung, verminderte Bewegungskontrolle
1,1,1-Trichlorethan	1,0	70 Minuten	keine Symptome
	2,0	70 Minuten	Störungen von Gleichgewicht und Bewegungskontrolle, Rauschzustand
Toluol	0,2–0,3	8 Stunden	Müdigkeit, Schwäche, Verwirrtheit

Lösemittel rufen gleichartige narkotische Symptome hervor. Sie unterscheiden sich jedoch in ihrer Wirkungsstärke, die wiederum von der Lösemittelkonzentration in der Atemluft sowie der Aufenthaltsdauer abhängt. (Wolff)

Symptome:

- Geruchsbelästigungen
- Augen-, Nasen- und Halsreizungen, welche eine normale Tätigkeit einschränken
- häufiges Auftreten von akuten Infektionen der oberen Luftwege, welche die normale Tätigkeit einschränken (Arbeits-, Schulabsenzen)

- häufigeres Auftreten von pfeifendem Atem, Husten und Auswurf, die medizinischer Behandlung bedürfen
- Erhöhung des Bevölkerungsanteils mit eingeschränkter Lungenfunktion - Einschränkung der Lungenfunktion mit klinischen Symptomen
- häufigere Krankheitsschübe bei chronisch Kranken
- häufigere Infektionen der tiefen Atemwege
- größere Häufigkeit von Asthma-Anfälle, Allergien
- erhöhte Krebsmorbidity
- erhöhte Sterblichkeit

Allergie - toxisch-irritativ

Dem Allergenkomplex tierischen und pflanzlichen Ursprungs steht in Innenräumen ein Komplex an toxisch und/oder chemisch irritativen, außerordentlich vielfältigen Substanzen gegenüber, die als Gase, flüchtige Substanzen, Schwebestäube oder Aerosole auf die Atemwege einwirken. Gemeinsam sind diesen Substanzen mehr oder weniger stark ausgeprägte, von Konzentration und substanzspezifischer Toxizität abhängige Reizwirkungen, die klinisch nicht immer eindeutig von der Symptomatik einer Typ-I-Allergie abzugrenzen sind. Ausgehend von den Expositionswahrscheinlichkeiten der Durchschnittsbevölkerung dürften insgesamt 3 Substanzgruppen herausragen:

- Tabakrauch, Verbrennungsgase (Gasfeuerungen), Aerosole (Lacke, Insektizide, Reinigungsmittel, Kosmetika).

Obwohl die Auswirkungen zahlreicher Einzelsubstanzen innerräumlicher Schadstoffgemische auf das menschliche Atemwegsepithel bekannt sind, gibt es nur wenige Erkenntnisse über Interaktionen und Synergismen. Auch die noch wenig untersuchte Frage einer unspezifischen Bahnung (Triggerung) von Typ-1-Allergien durch innerräumliche Schadstoffeinwirkungen bedarf in Zukunft einer dringenden Klärung durch experimentelle und klinische Forschung. Darüber hinaus scheint es zunehmend Stoffgruppen wie Isocyanate und Aldehyde zu geben, die eine Zwitterstellung zwischen den beiden genannten Komplexen einnehmen, weil sie einerseits IgE-vermittelte Allergien induzieren können und andererseits ein irritatives Potential besitzen, das ein breites Spektrum von Beschwerden auslösen kann.

Tab.: Langzeit-Konzentrationsbereiche ausgewählter Innenraumluftverunreinigungen

Stoff der Stoffklasse	Konzentrationsbereich (mg/m ³)
Schwefeldioxid	0,02–0,08
Stickstoffdioxid	0,02–0,08
Kohlenmonoxid	1–10
Kohlendioxid	1000–3000
Schwebstaub	
ohne Tabakrauch	0,05–0,1
mit Tabakrauch	0,1–0,5
Formaldehyd	0,01–1
n-Alkane (C ₇ bis C ₁₁)	0,003–0,03
Benzol	0,003–0,03
Toluol	0,02–0,2
Aliphatische	
Halogenkohlenwasserstoffe	0,002–0,02
p-Dichlorbenzol	0,01–0,1

Therapie:

Die Gesundheit des Menschen ist kein Abwägungsgut. Zu ihrem Schutz sind die Emissionen von Schadstoffen zu vermeiden und so gering wie möglich zu halten, zumal die Auswirkungen der Großzahl von Schadstoffen in

vielen Kombinationen in ihrer Wirkung auf den Menschen noch nicht annähernd bekannt sind. Deshalb müssen alle Möglichkeiten der Verminderung genutzt werden, selbst wenn sie zunächst jeweils nur Teilgebiete erfassen. Die Gesamtsumme der Belastungen ist, auch unter Berücksichtigung anderer Schadstoffwirkungen, zum Beispiel durch Lebensmittel, Trinkwasser und direkten Kontakt, zu verringern. Das sich für die Gesundheit des Menschen ergebende Gesamtrisiko ist bei der Festlegung von Belastungsgrenzen zu berücksichtigen, daß auch Kinder, Kranke und ältere Personen geschützt sind. (Umweltpolitik)

Die Verwandtschaft, ja Überschneidung von ärztlichen und politischen Aufgaben näher betrachtet: Eine vornehme Pflicht des Arztes ist seit jeher die Prophylaxe. Im hippokratischen Eid heißt es: »Meine Verordnungen werde ich treffen zu Nutz und Frommen der Kranken nach meinem besten Vermögen und Urteil, sie zu schützen vor allem was ihnen schaden und Unrecht zufügen könnte.« Der Arzt soll und kann den einzelnen Patienten z.B. dazu anhalten, auf gewisse Genußmittel zu verzichten. In bezug auf die Verschmutzung der Außenluft ist jedoch die nur individuelle Prophylaxe aussichtslos, vielmehr muß die ganze Gesellschaft zu solidarischem Verhalten veranlaßt werden. Hier müssen die Ärzte den Kontakt und die Zusammenarbeit mit den Behörden suchen, die ja ebenfalls zum Schutz der Gesundheit der Bevölkerung verpflichtet sind.

All diese Aktivitäten haben jedoch leider immer noch nicht zu einem umfassenden Umweltschutzgesetz geführt. Ein Umweltschutzgesetz in Deutschland müßte ähnlich dem japanischen sein, welches das Verursacher-Prinzip in den Vordergrund stellt. (Jesinghaus) (Luftverschmutzung u. Ges.)

Prophylaxe

Sowohl Sofortmaßnahmen als auch chronische Maßnahmen sind erforderlich, um den Patienten Luft, der nur ein Teil des Gesamtorganismus ist, in seiner Funktion wieder herstellen und erhalten zu können:

1. Quantitativer und qualitativer Ausbau des Meßsystems

Dieses muß landesweit kontinuierlich messen und die Funktion eines Monitors erfüllen, um überregionale und lokale Maßnahmen einleiten zu können. Die Anzahl der Meßstationen ist daher erheblich zu erhöhen und auf Gebiete mit Sommersmoggefahr auszuweiten.

Alle Meßstationen müssen technisch in der Lage sein, zumindest die folgenden Schadstoffe erfassen zu können: SO₂, NO, NO₂, CO, CO₂, Staubpartikel mit Inhaltsstoffen (Schwermetalle), Kohlenwasserstoffe und flüchtige organische Verbindungen, Chlor- und Chlorwasserstoffe, Photooxidantien wie Ozon, Peroxiacethylnitrat (PAN), Formaldehyd, Dioxine und Furane.

2. Einbezug des Sommersmogs (Ozonbelastung) in die gesetzlichen Bestimmungen über Grenz- und Alarmwerte.

3. Integration von diversen MIK-Werten des VDI als gesetzliche Grenzwerte.

4. Ausdehnung der gesetzlichen Grenz- und Alarmwerte auf alle neuartigen Schadstoffe. (Dioxine)

5. Herabsetzung der Grenzwerte der TA-Luft sowie der Alarmwerte der Smog-Verordnung zum Schutz der Risikogruppen (Kinder, Alte, Schwangere usw.) nach dem Vorbild der WHO und der Schweiz.

6. Volle Publizität der täglichen Luftmeßergebnisse aller Meßstationen in den Medien.

Dezentrale Auswertung der Luftmeßresultate pro Gebiet Stadt.

7. Erstellung eines Luftreinhaltekonzeptes mit quantitativen Aussagen und Vollzugspflicht bei Überschreiten der Grenzwerte.

8. Kfz-Verkehr: Geschwindigkeitsbegrenzungen

- 100 bis 130 km/h auf Autobahnen, 90 km/h auf Landstraßen, 30 km/h in geschlossenen Ortschaften.

- Ausstattung aller Neuwagen mit Katalysatoren nach amerikanischem Vorbild, sowie aller Altwagen ab Baujahr 1980 mit anderen Abgasentgiftungsanlagen. In diese Vorschrift sollen mit einbezogen sein: Lkws, Motorräder, Motorfahrräder, Busse, Dieselfahrzeuge sowie öffentliche Fahrzeuge von Bahn, Post, Polizei, Bundeswehr usw.
- Hohe Besteuerung der Neuwagen ohne Katalysator.
- Zügige Verlagerung des Güterverkehrs von der Straße auf die Schienen.
- Verzicht auf weiteren Ausbau des Straßennetzes und der Flughäfen.
- Sofortiger Stop der Stilllegung von Bahnlinien und Bahnhöfen und Reaktivierung stillgelegter Bahnlinien.
- 12 autofreie Sonntage pro Jahr.
- Höhere Besteuerung des Treibstoffes, Treibstoffkontingentierung.

Mit diesen Mitteln muß der öffentliche Verkehr direkt subventioniert werden.

- Abbau der einseitig orientierten steuerlichen Förderung des Individualverkehrs (Kilometergeld für Arbeitnehmer).

9. Reduzierung des Schadstoffausstoßes bei Luftfahrzeugen.

10. Verringerung der Benzindämpfe beim Tanken von Fahrzeugen und bei Verladevorgängen.

11. Installation des Nahverkehrs mit öffentlichen Verkehrsmitteln.

- Direkter finanzieller Anreiz für Nahverkehr mit attraktiven und bequemen Rollmaterialien (regionale Umweltabonnements für Bahn, Straßenbahn und Busse).

12. Feuerungsanlagen

- Verbesserung der Feuerungsmethoden bei bestehenden Kraftwerken.
- Ausrüstung aller Kohlekraftwerke mit Anlagen zur Stickoxidbindung.
- Verschärfung der Großfeuerungsanlagen-Verordnung, so daß auch kleine Feuerungsanlagen unter die Umweltschutzbestimmungen fallen.
- Ausrüstung privater Feuerungsanlagen mit Katalysatoren.

13. Ersatz durch umweltfreundliche Rohstoffe und Produkte.

14. Umfassende aktuelle und laufend nachgeführte Emissions- und Immissionskataster gemäß den tatsächlichen Emissionen und Immissionen.

15. Umkehr der Beweislast

Die meisten dieser Maßnahmen lassen sich innerhalb kürzester Zeit durchführen, wenn der politische Wille dazu vorhanden ist. Werden diese Maßnahmen rechtzeitig angekündigt, so kann sich die Privatperson wie auch die Wirtschaft darauf einstellen. Unabdingbar ist auch eine grundlegende Korrektur der Auffassung und Einstellung der Behörden, Politiker und Parlamentarier. Ihre und unsere Verpflichtung ist es, nicht nur heute, sondern vorausschauend für kommende Generationen Schaden abzuwenden. Diesem Ziel muß Vorrang vor allen anderen Zielen eingeräumt werden. (Luftverschmutzung und Gesundheit)

Risikogruppen

Kinder, Allergiker und Schwangere sind die wichtigsten Risikopersonen, für die keine Grenzwerte gelten. Für sie gilt bei Giften der Grenzwert Null, der in diesem Falle durchaus erreichbar ist, was die Messung in den Vergleichsräumen beweist. (Benzol, Xylol nicht nachweisbar!)

Konsequenzen

Schulkinder dürfen sich in diesen giftbelasteten Räumen nicht länger aufhalten. Für alle, die sich bisher in diesen Räumen aufgehalten haben, muß eine Meldung beim Unfallversicherungsverband der Gemeinden erfolgen (evtl. Spätfolgen, Krebs).

Literatur

Acheson, E. D., Barnes, H. R., Gardner, M. J. et al.: Formaldehyd in the British chemical industry: an occupational cohort study. *Lancet* 1984; 1: 11-16

dieselben: Formaldehyd process workers and lung cancer. *Lancet* 1: 1066-67

dieselben: Cohort study of formaldehyd process workers. *Lancet* 1984; 11: 403

Adams, W. C., Savin, W. M., Christo, A. E.: Detection of ozone toxicity during continuous exercise via the effective dose concept. *J. Appl. Physiol* 1981; 51: 415-422

Albert, R. E., Chao Chen: U. S., EPA Diesel studies on inhalation hazards. In: *Carcinogenic and mutagenic effects of diesel engine exhaust*. Elsevier 1987

American Thoracic Society, Guidelines as to what constitutes an adverse respiratory health effect, with special reference to epidemiologic studies of air pollution. *Am Rev. Respir Dis* 1985; 131: 666-668

American Thoracic Society: *Health Effects of Air Pollution*, ATS News 1978; 22-63

Andersen, I., Lundqvist, G. R., Jensen, P. L., Proctor, D. T.: Human response to controlled levels of sulfur dioxide. *Arch Environ Health* 1974; 28: 31-39

Aronow, W. S.: Aggravation of Angina Pectoris by two percent carboxyhemoglobin. *Am Heart J* 1981; 101/2: 154-7

Aronow, W. S., Harris, C. N., Isbell, M. W.: Effect of Freeway Travel on Angina Pectoris, *Ann. Int. Med.* 1972; 77/5: 669-76

Aronow, W. S., Isbell, M. W.: Carbonmonoxide Effect on Exercise Induced Angina Pectoris. *Ann. Int. Med.* 1973; 79: 392-5

Aurand, K., Seifert, B., Wegner, J. (Hrsg.): *Luftqualität in Innenräumen*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart -New York 1982.

Avol, E. L., Linn, W. S., Venett, T. G., Shamo, D. A., Hackney, J. D.: Comparative respiratory effects of ozone and ambient oxidane pollution exposeduringheavy exercise. *J Air PollutControl Assoc* 1984; 34: 804-809

Berwick, M., Leaderer, P. B., Stolwijk, J. A. J., Zaganiski, R. T.: Association between nitrogen dioxide levels and lower respiratory symptoms in children exposed to unvented combustion sources. In *Indoor Air 87, Proceedings of the Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Institut für Wasser, Boden und Lufthygiene, Berlin 1987, vol.1, 298-303

Bevenue, A., Beckmann, H.: Pentachlorphenol: A discussion of its properties and its occurrence as a residue in human and animal tissues. *Residue Reviews* 19,83 (1967).

Bylin, G., Lindwall, T., Rehn, T., Sundin, B.: Effect of short term exposure to ambient nitrogendioxide concentrations on human bronchial reactivity and lung function. *EUR J Respir Dis* 1985; 66: 205-217

Chapman, R.S., Calafiore, D., Hasselblad, V.: Prevalence of persistant sough and phlegm in young adults in relation to long term ambient sulfur oxide exposure. *Am Rev Respir Dis* 1985; 132: 261-267

Mc Clellan, R. O.: Health effects of exposure to diesel exhaust particles. *Annu Rev Pharmacol Toxicol* 1987; 27:

279-300

Cohen, A. A., Bromberg, S., Buechley, R. W. et al.: Asthma and air pollution from a coal-fuelled power plant. *Am J Public Health* 1972; 62: 1181-1188

Dassen, W., Brunekreef, B., Hoek, G. et al.: Decline in childrens pulmonary function during an air pollution episode. *J Air Pollut Control Assoc* 1986; 36/11: 1223-1227

Daten zur Umwelt 1986/1987 - Umweltbundesamt Berlin

Demidenko, N. M.: Materials for establishing the maximal permissible concentration of pentachlorophenol in air. *Gig. Trud. Prof. Zabol.* 13,58 (1969).

Deutsche Forschungsgemeinschaft: Maximale Arbeitsplatzkonzentration und Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte, Mitteilung XXIV der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Herausgegeben v. D. Henschler, Verlag Chemie, Weinheim (1988).

Dirneo, M. J., Glenn, M. G., Holtzman, J. M. et al.: Threshold concentration on ozone causing an increase in bronchial reactivity in humans and adaptation with repeated exposures. *Am Rev Respir Dis* 1981; 124: 245-248

Mc Donnell, W. F., Chapman, R. S., Leigh, M. W., Strobe, G. L., Collier, A. M.: Respiratory responses of vigorously exercising children to 0,12 ppm ozone exposure. *Am Rev Respir Dis* 1985; 132: 875-879

Ericsson, G., Camner, P.: Health effects of sulfur oxides and particulate matter in ambient air. *Scand J Work Environ Health* 1983; 9/suppl 3: 1-52

Fegeler, U., Moyzes, R., Wedler, E., Eberhard, K.: Immissions- und Wettereinflüsse auf Atemwegserkrankungen von Kindern in Berlin in den Jahren 1979-82. - *Krupp-Syndrom-Schr. Reihe Verein WaBoLu* 1986: 197-216

Ferris, B. G., Dockey, D. W., Ware, J. H., Berkey, C. S., Speizer, F. E.: Effects of passive smoking on children in the six-cities study. In: B. Berglund et al. (Eds.), *Indoor Air, Vol. 2: Radon, Passive smoking. Particulates and Housing Epidemiology*. Swedish Council for Building Research, Stockholm 1984,309-311

Fodor, G., et al.: Untersuchungen über die psychologischen und physiologischen Auswirkungen von Autoabgasen auf die Bevölkerung in Stadtgebieten, Teilstudie 11.2 der EG-Enquete, Untersuchung der Umweltbelastigung und Umweltschädigung durch den Straßenverkehr in Stadtgebieten, 1972

Forth, W., Henschler, D., Rummel, W. (Hrsg.): *Allgemeine und Spezielle Pharmakologie und Toxikologie*. 5. Auflage, Wissenschaftsverlag Mannheim (1987).

Gebefugi, I., Parlar, H.: Zur Risikoabschätzung von Pentachlorophenol in der Umwelt. *GSF-Bericht Ö* 414 (1978).

Gough, M., Hart, R., Karrer, B. et al.: Report on the concensus workshop on formaldehyd. *Environ Health Perspectives* 1984; 58: 323-381

Goyer, R. A.: Lead Toxicity. In: *Lead Absorption in Children*. J. J. Chisolm and D. M. o'Hara, eds. 1982 Urban & Schwarzenberg, Baltimore, p. 21

Green, D. J., Sander, L. R., Kulle, T. J., Bascom, R.: Acute response to 3 ppm formaldehyd in exercising healthy nonsmokers and asthmatics. *Am Rev Respir Dis* 1987; 135: 1261-1266

Greim, H., Dessau, W.: Kombinationswirkung organischer Lösemittel, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Forschung Fb 442, Dortmund (1985).

Greim, H., Wolff, T., Höfler, M., Lahaniatis, E.: Formation of dichloroacetylene from trichloroethylene in the presence of alkaline material - Possible cause of intoxication after abundant use of chloroethylenecontaining solvents. *Archives of Toxicology* 56, 74 (1984).

Greim, H., Wolff, T., Höfler, M., Lahaniatis, E.: Belastung des Menschen durch Chemikalien in Innenräumen:

Dichloracetylenvergiftung nach Anwendung von Lösungsmitteln zu Reinigungszwecken. Technische Universität München, Jahrbuch 1984, S. 133.

Hackney, J. D., Linn, W. S., Karuza, S. K. et al.: Effects of ozone exposure in Canadians and Southern Californians. *Arch Environ Health* 1977; 32: 110-116

Acheson, E. D., Barnes, H. R., Gardner, M. J. et al.: Formaldehyd in the British chemical industry: an occupational cohort study. *Lancet* 1984; 1: 11-16

dieselben: Formaldehyd process workers and lung cancer. *Lancet* 1: 1066-67

dieselben: Cohort study of formaldehyd process workers. *Lancet* 1984; 11: 403

Adams, W. C., Savin, W. M., Christo, A. E.: Detection of ozone toxicity during continuous exercise via the effective dose concept. *J. Appl. Physiol* 1981; 51: 415-422

Albert, R. E., Chao Chen: U. S., EPA Diesel studies on inhalation hazards. In: *Carcinogenic and mutagenic effects of diesel engine exhaust*. Elsevier 1987

American Thoracic Society, Guidelines as to what constitutes an adverse respiratory health effect, with special reference to epidemiologic studies of air pollution. *Am Rev. Respir Dis* 1985; 131: 666-668

American Thoracic Society: *Health Effects of Air Pollution*, ATS News 1978; 22-63

Andersen, I., Lundqvist, G. R., Jensen, P. L., Proctor, D. T.: Human response to controlled levels of sulfur dioxide. *Arch Environ Health* 1974; 28: 31-39

Aronow, W. S.: Aggravation of Angina Pectoris by two percent carboxyhemoglobin. *Am Heart J* 1981;101/2: 154-7

Aronow, W. S., Harris, C. N., Isbell, M. W.: Effect of Freeway Travel on Angina Pectoris, *Ann. Int. Med.* 1972; 77/5: 669-76

Aronow, W. S., Isbell, M. W.: Carbonmonoxide Effect on Exercise Induced Angina Pectoris. *Ann. Int. Med.* 1973; 79: 392-5

Aurand, K., Seifert, B., Wegner, J. (Hrsg.): *Luftqualität in Innenräumen*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart -New York 1982.

Avol, E. L., Linn, W. S., Venett, T. G., Shamo, D. A., Hackney, J. D.: Comparative respiratory effects of ozone and ambient oxidane pollution exposeduringheavy exercise. *J Air PollutControl Assoc* 1984; 34: 804-809

Berwick, M., Leaderer, P. B., Stolwijk, J. A. J., Zaganiski, R. T.: Association betvveen nitrogen dioxide levels and lower respiratory symptoms in children exposed to unvented combustion sources. In *Indoor Air 87*, Proceedings of the Conference on Indoor Air Quality and Climate. Institut für Wasser, Boden und Lufthygiene, Berlin 1987, vol.1, 298-303

Bevenue, A., Beckmann, H.: Pentachlorophenol: A discussion of its properties and its occurrence as a residue in human and animal tissues. *Residue Reviews* 19,83 (1967).

Bylin, G., Lindwall, T., Rehn, T., Sundin, B.: Effect of short term exposure to ambient nitrogendioxide concentrations on human bronchial reactivity and lung function. *EUR J Respir Dis* 1985; 66: 205-217

Chapman, R. S., Calafiore, D., Hasselblad, V.: Prevalence of persistant sough and phlegm in young adults in relation to long term ambient sulfur oxide exposure. *Am Rev Respir Dis* 1985; 132: 261-267

Mc Clellan, R. O.: Health effects of exposure to diesel exhaust particles. *Annu Rev Pharmacol Toxicol* 1987; 27: 279-300

Cohen, A. A., Bromberg, S., Buechley, R. W. et al.: Asthma and air pollution from a coal-fuelled power plant. *Am J Public Health* 1972; 62: 1181-1188

Dassen, W., Brunekreef, B., Hoek, G. et al.: Decline in childrens pulmonary function during an air pollution episode. *J Air Pollut Control Assoc* 1986; 36/11: 1223-1227

Daten zur Umwelt 1986/1987 - Umweltbundesamt Berlin

Demidenko, N. M.: Materials for establishing the maximal permissible concentration of pentachlorophenol in air. *Gig. Trud. Prof. Zabol.* 13,58 (1969).

Deutsche Forschungsgemeinschaft: Maximale Arbeitsplatzkonzentration und Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte, Mitteilung XXIV der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Herausgegeben v. D. Henschler, Verlag Chemie, Weinheim (1988).

Dirneo, M. J., Glenn, M. G., Holtzman, J. M. et al.: Threshold concentration on ozone causing an increase in bronchial reactivity in humans and adaptation with repeated exposures. *Am Rev Respir Dis* 1981; 124: 245-248

Mc Donnell, W. F., Chapman, R. S., Leigh, M. W., Strope, G. L., Collier, A. M.: Respiratory responses of vigorously exercising children to 0,12 ppm ozone exposure. *Am Rev Respir Dis* 1985; 132: 875-879

Ericsson, G., Camner, P.: Health effects of sulfur oxides and particulate matter in ambient air. *Scand J Wokr Environ Health* 1983; 9/suppl 3: 1-52

Fegeler, U., Moyzes, R., Wedler, E., Eberhard, K.: Immissions- und Wettereinflüsse auf Atemwegserkrankungen von Kindern in Berlin in den Jahren 1979-82. - *Krupp-Syndrom-Schr. Reihe Verein WaBoLu* 1986: 197-216

Ferris, B. G., Dockey, D. W., Ware, J. H., Berkey, C. S., Speizer, F. E.: Effects of passive smoking on children in the six-cities study. In: B. Berglund et al. (Eds.), *Indoor Air, Vol. 2: Radon, Passive smoking. Particulates and Housing Epidemiology.* Swedish Council for Building Research, Stockholm 1984,309-311

Fodor, G., et al.: Untersuchungen über die psychologischen und physiologischen Auswirkungen von Autoabgasen auf die Bevölkerung in Stadtgebieten, Teilstudie 11.2 der EG-Enquete, Untersuchung der Umwelt belästigung und Umweltschädigung durch den Straßenverkehr in Stadtgebieten, 1972

Forth, W., Henschler, D., Rummel, W. (Hrsg.): *Allgemeine und Spezielle Pharmakologie und Toxikologie*. 5. Auflage, Wissenschaftsverlag Mannheim (1987).

Gebefugi, I., Parlar, H.: Zur Risikoabschätzung von Pentachlorphenol in der Umwelt. *GSF-Bericht Ö* 414 (1978).

Gough, M., Hart, R., Karrer, B. et al.: Report on the concensus workshop on formaldehyd. *Environ Health Perspectives* 1984; 58: 323-381

Goyer, R. A.: Lead Toxicity. In: *Lead Absorption in Children.* J. J. Chisolm and D. M. o'Hara, eds. 1982 Urban & Schwarzenberg, Baltimore, p. 21

Green, D. J., Sander, L. R., Kulle, T. J., Bascom, R.: Acute response to 3 ppm formaldehyd in exercising healthy nonsmokers and asthmatics. *Am Rev Respir Dis* 1987; 135: 1261-1266

Greim, H., Dessau, W.: Kombinationswirkung organischer Lösemittel, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Forschung Fb 442, Dortmund (1985).

Greim, H., Wolff, T., Höfler, M., Lahaniatis, E.: Formation of dichloroacetylene from trichloroethylene in the presence of alkaline material - Possible cause of intoxication after abundant use of chloroethylenecontaining solvents. *Archives of Toxicology* 56, 74 (1984).

Greim, H., Wolff, T., Höfler, M., Lahaniatis, E.: Belastung des Menschen durch Chemikalien in Innenräumen: Dichloracetylenvergiftung nach Anwendung von Lösungsmitteln zu Reinigungszwecken. Technische Universität München, Jahrbuch 1984, S. 133.

Hackney, J. D., Linn, W. S., Karuza, S. K. et al.: Effects of ozone exposure in Canadians and Southern Californians. Arch Environ Health 1977; 32: 110-116

Hackney, J. D., Thiede, F. C., Linn, W. S. et al.: Experimental studies on human health effects of air pollutants. 4. Short term physiological and clinical effects of nitrogen dioxide exposure. Arch Environ Health 1987; 33/3: 176-181

Hagendorf, U.: Technische Lösungsmittel in Haushalt und Gewerbe. ZblBaktHyg 1986; B 183: 211 - 220

Hammer, D. 1., Hasselblad, V., Portnoy, B., Wehrle, P. F.: Los Angeles student nurse study. Arch Environ Health 1974; 28: 255-260

Hartlein, U., Kruse, H.: Raumluftbelastung durch Wirkstoffe aus behandeltem Holz. Schriftenreihe der Untersuchungsstelle für Umwelttoxikologie des Landes Schleswig-Holstein, Heft 13, Kiel (1986).

Henschler, D., Elsässer, H., Romen, W., Eder, E.: Carcinogenicity study of trichlorethylene with and without epoxide stabilizers in mice. J Cancer Res Clin Oncol 1984; 149-156

Herold, D. A., Kunkel G.: Innenraumluft und allergische Erkrankungen. Allergol. 4, 1989, 141-142.

Hirayama, T.: Non-smoking wives of heavy smokers have a higher risk of lung cancer: a study from Japan. Brit. Med. J. 282 (1981), 183-185.

IHG Interessen-Gemeinschaft der Holzschutzmittel-Geschädigten, Unterstaat 14, 5250 Engelskirchen: Mitteilung3 (1985)

Immer mehr Stickoxide belasten die Luft. Badische Zeitung vom 5.10.1988 nach einer Pressekonferenz des Umweltministeriums Baden-Württemberg

Krause, Chr., Englert, N.: Zur gesundheitlichen Bewertung pentachlorphenolhaltiger Holzschutzmittel in Wohnräumen. Holz als Roh und Werkstoff 38, 429 (1980).

Kunde, M., Böhme, Chr.: Zur Toxikologie des Pentachlorphenols: eine Übersicht. Bundesgesundheitsblatt 21, 302 (1978).

Lagerwerff, J. M.: Prolonged ozone inhalation and its effects on visual parameters. Aerospace Medicine 1963; 34/6: 476-487

Van Der Lende, R., Huygen, C., Ansen-Koster, E. J. et al.: A temporary decrease in the ventilatory function of an urban population during an acute increase in air pollution. Bull Physiopathol Respir 1975;11 : 31-43

Lind, 1.: Ozon und körperliche Leistungsfähigkeit. Diss. Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, ETH, Zürich 1987.

Linn, W. S., Solomon, J. C., Trtm, S. C.: Effects of exposure to 4 ppm nitrogen dioxide in healthy and asthmatic volunteers. Arch Environ Health 1985; 40/4: 234-239

Linn, W. S., Venet, T. G., Sharnoo, D. A. et al.: Respiratory effects of sulfur dioxide in heavily exercising asthmatics: a dose response study. Am Rev Respir Dis 1983;123/3: 278-283

Loewenstein, J. C., Bourdel, M.C., Bertin, M.: Influence de la pollution atmosphérique (SO₂-poussières) et des conditions météorologiques sur la mortalité à Paris entre 1969 et 1976. Rev. Epidém et Santé publique 1983; 31: 143-161.

- dieselben: Analyse descriptive d'épisodes de pollution atmosphériques survenus à Paris entre 1969 et 1976 et de leurs répercussions sur la mortalité quotidienne. Rev Epidém et Santé publique 1983; 31: 163-177

Loewenstein, J. C., Wolmark, Y., Bourdel, M. C. et al.: Etude longitudinale sur les relations entre les conditions d'environnement et la santé des pensionnaires d'une hôpital de long séjour. Rev. Epidém et Santé Publique 1985;

33: 262-266

Love, G. J., Riggan, W. B., Shu Ping Lan M. A., Shy, C. M.: Acute respiratory illness in families exposed to nitrogen dioxide ambient air pollution in Chattanooga, Tennessee. *Arch. Environ Health* 1982; 37/2: 75-80

Luftqualitätskriterien für Blei, Umweltbundesamt der Schweiz 1976

Luftverschmutzung und Gesundheit: Heft 1 Gesundheit. Ges. f. Gesundh.bildg., Freudenstadt 1989.

Luftverunreinigungen in Innenräumen: Sondergutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen. Kohlhammer-Verlag, Stuttgart (Mai 1987).

Mary, H., Kümmerli, H., Zurbrugg, R. P. et al.: Der Einfluß meteorologischer und lufthygienischer Faktoren auf die Erkrankungen der Atemwege bei Kindern am Beispiel der Region Biel. *Schweiz. Med. Wschr.* 1985; 115: 1890-9

Matanoski, G., Fishbein, L., Redmond, C. et al.: Contribution of organic particulates to respiratory cancer. *Environ Health Perspectives* 1986; 70: 37-49

Mølhave, L., Bach, B., Pedersen, O. F.: Human reactions to low concentrations of volatile organic compounds. *Environ Intern* 1986;12: 167-175

Moor, M. R.: Sources of Lead Exposure. In: *The Lead Debate*, R. Lansdown and W. Yule, eds. Croom Helm. London 1986, p. 130

Mostardi, R. A. Wuebkenberg, N. R., ELY, D. L., Coulon, M., Atwood, G.: The University of Akron study on air pollution and human health. 2 Effects on acute respiratory illness. *Arch Environ Health* 1981; 36/5: 250-255

Nelson, N., Levine, R. J., Albert, R. E. et al.: Contribution of formaldehyd to respiratory cancer. *Environ Health Perspectives* 1986; 70: 23-35

Oms Critères d'hygiène de l'environnement 32. Chlorure de Méthylène, Genève 1986

Patty, F. A. (Hrsg.): *Industrial Hygiene and Toxicology*. Vol. 11 Toxicology, 2nd Edition, Interscience Publishers, New York (1963).

Pedersen, L. M., Larsen, K., Cohr, K. H.: Kinetics of White Spirit in Human Fat and Blood During Shortterm Experimental Exposure. *Acta pharmacologica et toxicologica* 55, 308 (1984).

Pettenkofer, M.: *Über den Luftwechsel in Wohngebäuden*. J. G. Cotta, München 1958.

Phillips, R. D., Egan, G.: Effect of C10-C11 Isoparaffinic Solvent on Kidney Function in Fischer 344 Rats during Eight Weeks of Inhalation. *Toxicology and Applied Pharmacology* 73, 500 (1984).

Ramaciotti, D., Bahy, M. et al.: Niveau de pollution par le SO₂ et prévalence de la bronchite. *Soz u Prävméd* 1977; 22: 189-190

Roscovanu, A., Krämer, U., Baginski, B., Dolgner, R.: Untersuchungen zum Carboxyhämoglobingehalt ausgewählter Bevölkerungsgruppen in Nordrhein-Westfalen. *Zbl. Bakt. Hyg. I Abt. Orig.* 1985; 180: 359-388

Saric, M., Fugas, M., Hrustic, O.: Effects of urban air pollution on schoolage children. *Arch. Environ Health* 1980; 36/6:101-108

Schachter, E. N., Witek, T. J., Beck, G. J. et al.: Airway effects of low concentrations of sulfur dioxide: dose-response characteristics. *Arch Environ Health* 1984; 39/1: 34-42

Schutz, R.: Schädigungen des peripheren und des zentralen Nervensystems durch Einwirkungen von Lösungsmitteln, *Schweiz. Rundschau Med (Praxis)* 1983; 72/38: 1201-1203

Seifert, B., Ullrich, D.: Konzentration anorganischer und organischer Luftschadstoffe an einer Straßenkreuzung in Berlin, Staub - Reinh. Luft 38 (1978), 359-363.

Seifert, B.: Vergleich der innerhalb und außerhalb geschlossener Räume auftretenden Konzentrationen anorganischer und organischer Verbindungen. In (1), 41-47.

Seifert, B., Ullrich, D., Nagel, T.: Analyse und Vorkommen von gasförmigen organischen Verbindungen in der Luft von Innenräumen. In: E. Lahmann und K. Jander. Hrsg.: Lufthygiene 1984. Schr.-Reihe des Vereins f. Wasser-, Boden- und Lufthygiene Bd. 59, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York 1984.

Seifert, B., Prescher, K.-E., Ullrich, D.: Auftreten anorganischer und organischer Substanzen in der Luft von Küchen und anderen Wohnräumen. WaBoLu-Hefte 2/1984 (ISBN 3-924403-04-X). Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin 1984.

Seifert, B.: Unveröffentlichte Ergebnisse.

Shalamberidze, O. P.: Reflex effects of mixtures of sulfur and nitrogen dioxides. Gigi i sanit 1967; 32: 1015

Sheps, D. S., Adams, K. F., Bromberg, P. H.: Lack of Effect of Low Levels of Carboxyhemoglobin on Cardiovascular Function in Patients with Ischemic Heart Disease.

Spektor, D. M., Lippmann, M., Thurston, G. et al.: Effects of ambient ozone on respiratory function in active healthy children. Am Rev Respir Dis. Annual Meeting Suppl. 1987; 135/4: A56

Sheppard, D., Saisho, A., Nadel, J.A., Boushey, H. A.: Exercise increases sulfur dioxide - induced bronchoconstriction in asthmatic subjects. Am Rev Respir Dis 1981; 123: 486-491

Spengler, J. D., Soczek, M. L.: Evidence for improved ambient air quality and the need for personal exposure research. Environ Sci. Technol. 18 (1984), 268A-280A.

Sterling, T., Arundel, A.: Formaldehyd and lung cancer. Lancet 1985;1366-Infante PF, Schneidenmann M. A.: Formaldehyd lung cancer and bronchitis. Lancet 1986; 436-437

Trichopoulos, D., Kalandi, A., Sparros, L.: Lung cancer and passive smoking: conclusion of a Greek study. Lancet 12 (1983), 677-678.

Umweltpolitik: Auswirkungen der Luftverunreinigung auf die menschliche Gesundheit. Bundesminister für Umwelt, Naturschutz u. Reaktorsicherheit 5/1987

Verein Deutscher Ingenieure. Maximale Immissionskonzentration für Stickstoffdioxid. In: Handbuch Reinhaltung der Luft 1, Blatt 12, Juni 1985.

Wanner, H. U.: Belastung der Raumluft durch den Menschen (Kohlendioxid, Gerüche). In (1), 11-16.

Wanner, H. U.: CO-Hb-Bestimmungen bei Schulkindern in der Stadt und auf dem Land. ETH 1977, unveröffentlicht.

Wayne, W. S., Wehrle, P. F., Carroll, R. E.: Oxidant air pollution and athletic performance. J Am Med. Assoc. 1967: 199/12: 151-154.

Weber, A., Fischer, T.: Schadstoff-Konzentrationen im Blasfeld von Rauchern. Int. Arch. Occup. Environ. Health 53 (1983),47-50.

WHO Environmental Health Criteria 4, 1977, Nitrogen Dioxide.

Wichmann, H. E. (1985): Untersuchung der Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen Pseudokrupp und obstruktiver Bronchitis und der Luftverunreinigung in Baden-Württemberg. - Düsseldorf: Med. Institut für Umwelthygiene. - Zit. nach van Eimeren et al. (1987).

Wichmann, H. E., Müller, W., Allhoff, P. et al.: Untersuchung der gesundheitlichen Auswirkungen der Smogsituation im Januar 1985 in Nordrhein-Westfalen. Med. Institut für Umwelthygiene, Düsseldorf 1986

Wirth, W., Gloxhuber, Chr.: Toxikologie für Ärzte, Naturwissenschaftler und Apotheker. 4. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart (1985).

Wolff, T.: Lösemittel-Dauerbelastung im Wohnbereich. Mensch + Umwelt. GSF.5. Ausg. 1989.

Zimmerli, B., Zimmermann, H.: Einfaches Verfahren zur Schätzung von Schadstoffkonzentrationen in der Luft von Innenräumen. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 70,429 (1979).

→ Passivrauchen

Wirkungscharakter

Karzinogenität: Der Zusammenhang zwischen Rauchen und der Entstehung von Lungenkrebs ist heute zweifelsfrei nachgewiesen. Im Jahre 1981 wurde eine Arbeit von Hirayama veröffentlicht, die eine breite Diskussion darüber in Gang setzte, ob auch das unfreiwillige Einatmen von Tabakrauch (Passivrauchen) das Lungenkrebsrisiko erhöht. Nichtraucher sind in der Wohnung, am Arbeitsplatz, in Gaststätten, Versammlungsräumen, Autos - ja sogar in Krankenhäusern - dem von ihren rauchenden Mitmenschen erzeugten Rauch ausgesetzt.

Hirayama fand in Japan eine sehr deutliche dosisabhängige Risikoerhöhung bei Nichtraucherinnen, deren Ehemänner rauchten. Diese Forschungsergebnisse wurden in der Zwischenzeit durch zahlreiche weitere Studien ergänzt. Auch eine Vielzahl von kritischen und unterstützenden Stellungnahmen wurde veröffentlicht.

Die besondere Bedeutung des Passivrauchens liegt zunächst einmal darin, daß es im Gegensatz zum Aktivrauchen *unfreiwillig* erfolgt. Daneben führt die Beachtung des Passivrauchens zu einer Neueinteilung der Nichtraucher und Raucher. Das heißt, daß die bisherigen Studien zum Aktivrauchen ein noch höheres Risiko ergeben hätten, wenn als Bezugsgruppe »echte Nichtraucher« statt der Nichtraucher unter Einschluß der Passivraucher zur Berechnung herangezogen worden wären.

Tabakrauch hat eine unterschiedliche Zusammensetzung, je nachdem, ob es sich um Hauptstromrauch (der vom Raucher direkt durch das Ziehen an der Zigarette eingeatmete Rauch) oder Nebenstromrauch (der von der Glut aufsteigende Rauch) handelt (Tab. 1). Hinzu kommt noch der vom Raucher ausgeatmete (in der Lunge »gereinigte«) Hauptstromrauch. Die Konzentration karzinogener Substanzen ist im Nebenstrom bis zu 129mal höher als im Hauptstrom (Tab. 1, rechte Spalte). Andererseits wird der Nebenstromrauch je nach Entfernung zwischen Zigarette und Passivraucher durch die Raumluft mehr oder weniger verdünnt. Aktiv- und Passivraucher atmen somit unterschiedliche Anteile der einzelnen Rauchsorten in unterschiedlicher Konzentration unterschiedlich lange ein. Diese Vermischung der verschiedenen Rauchsorten macht auch die Berechnung der »theoretisch« vom Passivraucher gerauchten Zigarettenzahl recht unsicher. Ein besserer Weg scheint hier zu sein, die verschiedenen Rauchinhaltsstoffe im Serum oder Urin des Passivrauchers zu messen.

Tab. 1: Auswahl karzinogener Substanzen in Zigarettenrauch (mg/Zigarette)

Name	Hauptstrom-Rauch (HS)	Nebenstrom-Rauch (NS)	NS/HS-Verhältnis
Benzo(a)pyren	20 - 40	68 - 136	3,4
Dimethylnitrosamin	5,7- 43	680 - 823	19 -129
Methylethylnitrosamin	0,4- 5,9	9,4- 30	5 - 25
Diethylnitrosamin	1,3- 3,8	8,2- 73	2 - 56
N-Nitrosomnicotin	100 -350	500 -2750	5
4-(N-Methyl-N-nitrosamino)- 1-(3-Pyridyl)-1-butanon	80 -220	800 -2200	1
Nitrosopyrrolidin	5,1- 22	204 - 387	7 - 76
Chinolin	1700	18000	11
Methylchinoline	700	8000	11
Hydrazin	32	96	3
2-Naphthylamin	1,7	67	39
4-Aminobiphenyl	4,6	140	30
o-Toluidin	160	3000	19

Quelle: S. 1., Stock, Lancet II (1980), 1982.

Dem Passivrauchen werden Wirkungen zugeschrieben, die die ganze Skala von belästigend bis gesundheitsschädlich umfassen. Der Lungenkrebs steht als schwerwiegendste Folge am äußersten Ende dieser

Skala. In etwa 90 Prozent der Fälle sind Raucher von Lungenkrebs betroffen. Das heißt aber gleichzeitig auch, daß etwa 10 Prozent der Lungenkrebsfälle bei Nichtrauchern auftreten. Für die Bundesrepublik Deutschland entspricht das einer Zahl von jährlich 2 500 Gestorbenen (10 Prozent von 25 000). Ein geringer Teil der bei Nichtrauchern auftretenden Lungenkrebsfälle wird auch mit der Exposition an besonders gefährlichen Arbeitsplätzen und mit der allgemeinen Luftverschmutzung durch die verschiedensten Substanzen in Verbindung gebracht.

Da der Zusammenhang zwischen Aktivrauchen und Lungenkrebs gesichert ist, ist es durchaus naheliegend zu vermuten, daß Passivrauchen ebenfalls - wenn auch weniger ausgeprägt - diesen Effekt hat.

Tab. 2: Kanzerogene einer Zigarette

Bestandteile	pro Zigarette		Verhältnis Nebenstrom Hauptstrom	MAK-Werte- Liste: Abschnitt
	Im Hauptstrom	im Nebenstrom		
Trockenkondensat	31,0 – 33,3 mg 31,4 mg	43,1 – 58,0 mg 52,0 mg	1,29 – 1,87 1,66	– –
Acrolein	70 µg (25 – 140) µg	925 µg	~12	–
Formaldehyd	30 µg (20 – 90) µg	1526 µg	~51	III B
N-Nitrosomonikotin	0,24 – 3,70 µg	0,15 – 8,1 µg	0,48 – 7,1	–
Anilin	0,364 µg	10,8 µg	29,7	III B
Cadmium	0,10 – 0,12 µg	0,43 – 0,72 µg	3,6 – 7,2	III B, III A 2)
Nickel	0,02 – 0,08 µg	0,62 – 1,03 µg	12,9 – 31,0	III A 1)
Benzo(a)pyren	38 ng 12 ng	131 ng 25 ng	3,5 2,1	Vd
Hydrazin	32 ng	n. a.	3	III A 2)
Benz(a)anthrazen	30 ng 2,8 – 51,7 ng	81 ng 204 – 812 ng	2,7	–
N-Nitrosopyrrolidin	3,1 – 30,3 ng 1,5 – 29 ng	296 – 700 ng 2,8 – 150 ng	n. a. 2,6 – 52,7	–
N-Dimethylnitrosamin	0,1 – 27 ng 1,8 – 13,8 ng 1,7 – 97 ng	143 – 415 ng 213 – 658 ng 680 – 1040 ng	11,6 – 437,5 n. a.	III A 2)
N-Diethylnitrosamin	1,1 – 3,8 ng 0,1 – 9,1 ng	8,2 – 73 ng 9 – 76 ng	2,2 – 78,8	–
N-Ethyl-N-methyl- nitrosamin	0,1 – 2,5 ng 0,1 – 9,1 ng	5 – 27 ng 9 – 75 ng	4,5 – 11,5 n. a.	–
Vinylchlorid	5,6 – 15,8 ng	n. a.		III A 1)

n.a. = nicht angegeben.
 Unterschiedliche Mengenangaben entsprechen verschiedenen Literaturstellen. (D. HENSCHLER, Senatskomm. zur Prüfung gesundheitsgefährlicher Arbeitsstoffe (Hrsg.): Passivrauchen am Arbeitsplatz; DFG-Publikation, Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft, 1985, Tab. 1, 2)

Nach verschiedenen amerikanischen Untersuchungen wird der Anteil von Krebserkrankungen bzw. Krebssterbefällen, der durch Zigarettenrauchen verursacht wird, bei US-amerikanischen Männern auf 25 bis 35% geschätzt. Der Anteil der Lungenkrebskrankungen, der durch Zigarettenrauchen bedingt ist, wird auf über 80% geschätzt. Da Frauen früher weniger rauchten als Männer, spielte das Zigarettenrauchen als ursächlicher Faktor für die Krebsentstehung bei Frauen eine geringere Rolle. Aufgrund des zunehmenden Tabakkonsums bei Frauen ist jedoch mit einer Zunahme der durch Zigarettenrauchen bedingten Krebserkrankungen auch bei Frauen zu

rechnen. Diese Zunahme wird inzwischen beobachtet. Wenn man davon ausgeht, daß ca. 30% aller Krebserkrankungen und ca. 80% aller Lungenkrebskrankungen bei Männern durch Zigarettenrauchen verursacht werden, so wären in der Bundesrepublik Deutschland allein bei Männern jährlich etwa 24 000 Krebssterbefälle dem Zigarettenrauchen anzulasten (Handbuch des Umweltschutzes).

Rauchen und Protease-Antiprotease-Imbalance:

Mögliche biochemische Vorgänge bei der Entstehung des Emphysems als Folge des Zigarettenrauchens (nach → Bridges et al., 1985).

Relative Lungenkrebssterblichkeit nichtrauchender japanischer Frauen (1966-1981) in Abhängigkeit von den Rauchgewohnheiten der Ehemänner

Rauchgewohnheiten des Ehemannes	Relative Lungenkrebssterblichkeit
Nichtraucher	1,00
Braucher oder 1–19 Zigaretten/Tag	1,61
20 und mehr Zigaretten/Tag	2,98

(nach Hirayama, 1981)

Sind auch Passivraucher einem erhöhten Risiko ausgesetzt, an Lungenkrebs zu sterben? Eine japanische Untersuchung gab erste Hinweise darauf. Über 90 000 nichtrauchende Frauen waren an dieser Studie von T. Hirayama beteiligt. Im Verlauf von 16 Jahren stellte sich ein statistisch sehr deutlicher Zusammenhang zwischen dem Zigarettenkonsum der Ehemänner und dem Lungenkrebsrisiko ihrer Frauen heraus (Andrae).

Relative Lungenkrebssterblichkeit nichtrauchender amerikanischer Frauen (1971-1981) in Abhängigkeit von den Rauchgewohnheiten der Ehemänner

Rauchgewohnheiten des Ehemannes	Relative Lungenkrebssterblichkeit
Nichtraucher	1,00
20 und mehr Zigaretten/Tag	2,11

(nach Garfinkel et al., 1985)

Die Belastung nichtrauchender Frauen durch Zigarettenrauch am Arbeitsplatz, in der Öffentlichkeit und zu Hause berücksichtigte eine amerikanische Studie, die 1985 veröffentlicht wurde. Sie zeigt eine deutliche Erhöhung des Lungenkrebsrisikos »starker« Passivraucherinnen (Andrae).

Relatives Lungenkrebsrisiko nichtrauchender Frauen: Abhängigkeit von der Zahl der vom Ehemann gerauchten Zigaretten

Studie	Rauchgewohnheiten des Ehepartners		
	Nichtraucher	Schwacher Raucher	Starker Raucher
Garfinkel 1981	1,0	1,3	1,1
Correa et al. 1983	1,0	1,2	3,5
Wu et al. 1985	1,0	1,2	2,0
Garfinkel et al. 1985	1,0	1,1	2,0
Akiba et al. 1986	1,0	1,4	2,1
Koo et al. 1984	1,0	1,9	1,2
Pershagen et al. 1987	1,0	1,0	3,2

(nach Blot und Fraumeni, 1986)

Die bei den einzelnen Untersuchungen festgestellten relativen Lungenkrebsrisiken sind nicht direkt vergleichbar, da die Abgrenzung zwischen der Gruppe der schwachen und der starken Raucher nach teilweise unterschiedlichen Kriterien vorgenommen wurde. In der Mehrzahl der Studien, in denen berücksichtigt wurde, ob der Ehemann ein schwacher oder ein starker Raucher war, ergab sich eine Abhängigkeit des Risikos vom Ausmaß des Rauchens (Andrae).

Gemessene Konzentrationen von Schadstoffen in der Außenluft, am Arbeitsplatz, im Büro und Restaurant und die daraus berechneten Aufnahmemengen, Vergleich von Aktiv- und Passivrauchern

	partikuläre Stoffe Rauch- partikel		flüchtige Stoffe			partikulär	flüchtig
	Nikotin	Kohlen- monoxide	Stickoxide	Acrolein	Benzo(a)- pyren	N, N- Dimethyl- nitrosamin	
	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	ng/m ³	ng/m ³
Außenluft	0,02–0,06	–	1–5	0,02–0,2	–	0,5–100	< 3
Büro/ Restaurant	0,1–0,7	0,01–0,05	1–12	0,01–0,2	0,02–0,12	0,25–22	10–100
	mg	mg	mg	mg	mg	ng	ng
berechnete Aufnahme pro Std. mit Passivrauch	0,05–0,3	0,05–0,025	0,5–6	0,005–0,1	0,01–0,06	0,125–11	5–50
Aufnahme pro Zigarette mit Haupt- stromrauch Zigaretten- äquivalent pro Stunde in 8 Stunden	≈ 10	1–2	≈ 18	0,03–0,3	≈ 0,1	10–50	2–14 (mit Filter)
	0,005–0,03	0,01–0,025	0,03–0,3	≈ 1	0,1–0,5	≈ 0,1	1–10
	0,040–0,24	0,08–0,2	0,24–2,4	≈ 8	0,8–4,0	≈ 0,8	8–80

Quelle: Deutsche Forschungsgemeinschaft, 1985

Aus den gemessenen Konzentrationen wichtiger Rauchinhaltsstoffe im Freien und in der Luft von Büroräumen, Restaurants und Werkstätten läßt sich die mit der Atmung aufgenommene Menge der einzelnen Stoffe berechnen. Dabei wurde zugrunde gelegt, daß ein Mensch bei leichter körperlicher Betätigung stündlich 500 bis 600 Liter Luft einatmet. Die von einem Passivraucher innerhalb einer Stunde und während eines achtstündigen Aufenthalts eingeatmeten Mengen der einzelnen Schadstoffe sind dabei auch als Zigarettenäquivalente ausgedrückt. Sie können so mit den von Aktivrauchern aufgenommenen Mengen verglichen werden.

Auto-Abgase

Vorkommen

Die Abgase von Verbrennungsmotoren sind infolge ihrer Riesenmenge der wichtigste Schädigungsfaktor für den modernen Menschen und die Natur (Pflanzen). Neben dem Baumsterben spielen Nerven- und Immunschäden und Krebs die wichtigste Rolle.

Alle Motortypen haben giftige Emissionen:

Otto-Motoren, Katalysatoren- und Dieselmotoren unterscheiden sich nur durch die Art ihrer Gifte:

	Otto-Motoren m.	Katalysatoren	Dieselmotoren
wesentliche Gifte	Kohlenmonoxid Nitrose-Gase Schwefeldioxid Aldehyde (Form-) Blei (Benzol) Cyanide	Ammoniak Platin/ Palladium Schwefelwasserstoff	Aldehyde (Formaldehyd) PAK

Nicht beeinflussbar ist die Freisetzung von Kohlendioxid: 1990 wurden 125 Millionen Tonnen Kohlendioxid durch den Verkehr freigesetzt (162 Millionen Tonnen durch Müllverbrennung). Seit 1970 hat sich die Menge verdoppelt!

40% des Energieverbrauchs schluckt der Verkehr.

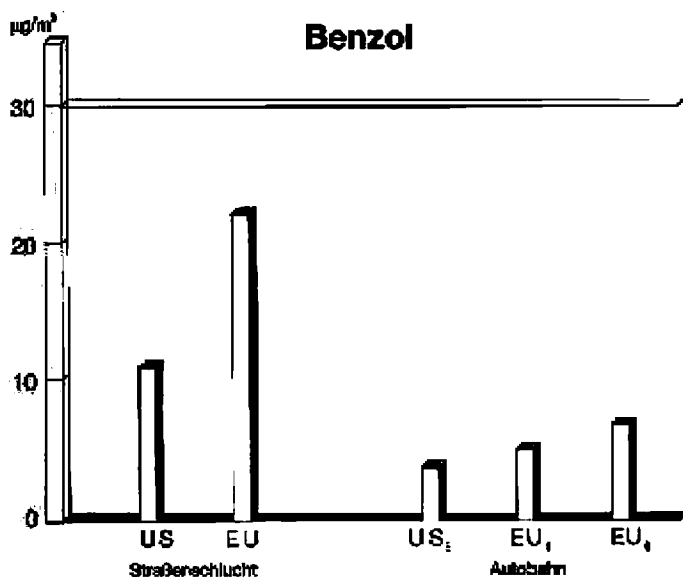


Abb. 1: Vergleich der für verschiedene Szenarien berechneten maximalen Immissionskonzentrationen von Benzol (→ Schürmann)

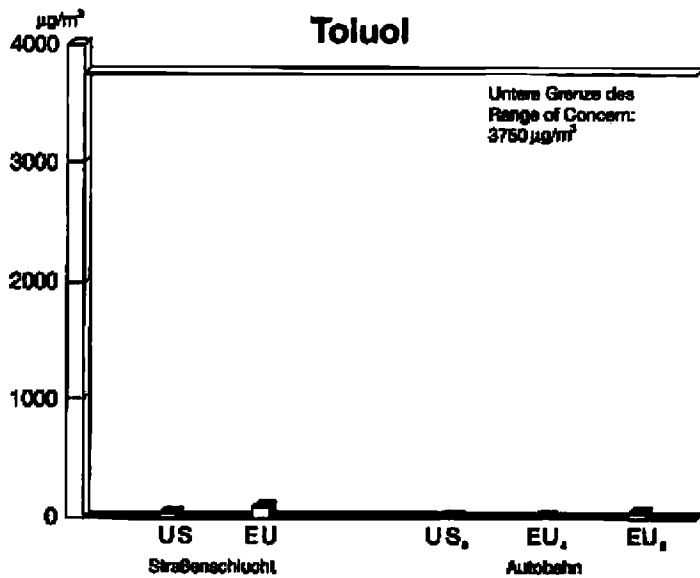


Abb. 2: Vergleich der für verschiedene Szenarien berechneten maximalen Immissionskonzentrationen von Toluol mit einem Wirkungsgrenzwert (untere Grenze des "Range of Concern")

Wichtigste Abgaskomponenten:

Cyanide	Schwefelkohlenstoff
Ammoniak	Gesamt-Aldehyde
Besondere Stickoxide (ohne NO und NO₂)	Differenzierte Aldehyde und Ketone
Schwefelwasserstoff	Gesamt-Phenole
Schwefeldioxid	Organische Amine
Sulfat	Nitrosamine
Carbonylsulfid	Alkohole
Differenzierte Kohlenwasserstoffe	Partikelgesamtmasse
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	Partikelgebundene organische Verbindungen
Organische Schwefelverbindungen	Metalle und Metallverbindungen

Tab.: Basiskomponenten

Gesamt-Kohlenwasserstoffe	(HC) } (CO) } limitierte (NO ₂) } Komponenten	Benzol
Kohlenmonoxid		Toluol
Stickoxide		11 polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe:
Partikelgesamtmasse		Fluoranthren
Gesamt-Cyanide		Pyren
Ammoniak		Benzo(a)anthracen
Schwefeldioxid		Chrysen
Sulfat		Benzo(b)fluoranthren
Gesamt-Aldehyde		Benzo(k)fluoranthren
Gesamt-Phenole		Benzo(e)pyren
6 differenzierte Kohlenwasserstoffe:		Benzo(a)pyren
Methan		Perylen
Ethan		Indeno(1,2,3-cd)pyren
Ethylen		Benzo(ghi)perylene
Acetylen		

Tab.: Spezielle Komponenten

Schwefelwasserstoff
1,3-Butadien

Differenzierte Aldehyde und Ketone:

- Formaldehyd
- Acetaldehyd
- Acrolein
- Aceton
- Propionaldehyd
- Crotonaldehyd
- Methylethylketon
- Isobutyraldehyd
- Benzaldehyd
- Hexanaldehyd

Elementare Zusammensetzung der Partikel:

- Kohlenstoff
- Wasserstoff
- Stickstoff
- Schwefel
- Eisen
- Calcium
- Zink
- Blei
- Platin
- Rhodium
- Palladium

Partikelgebundene Substanzen

Brems-Emissionen: Asbest

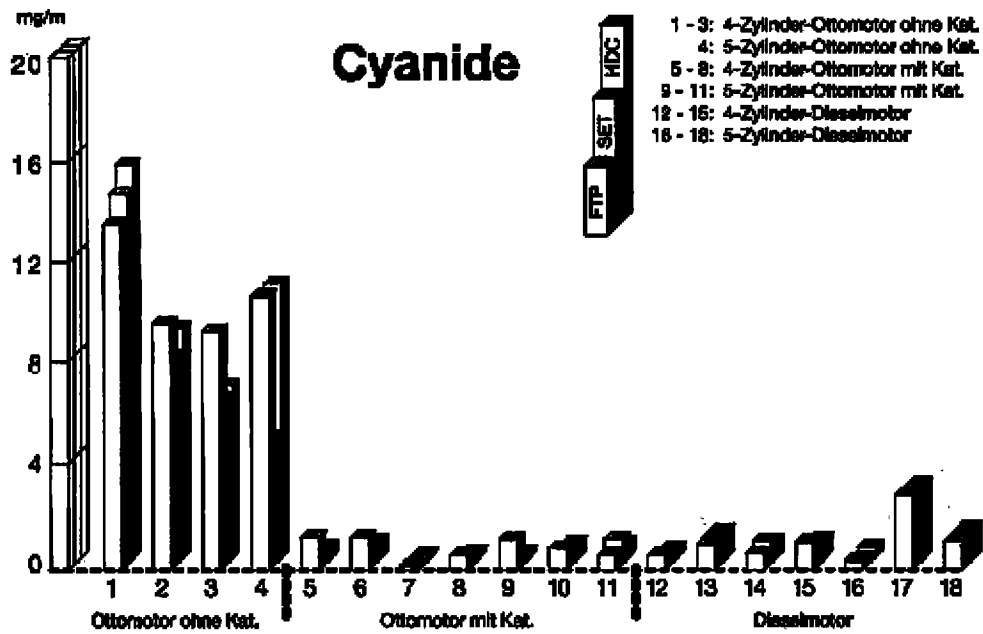


Abb.: Emissionswerte der Gesamt-Cyanide

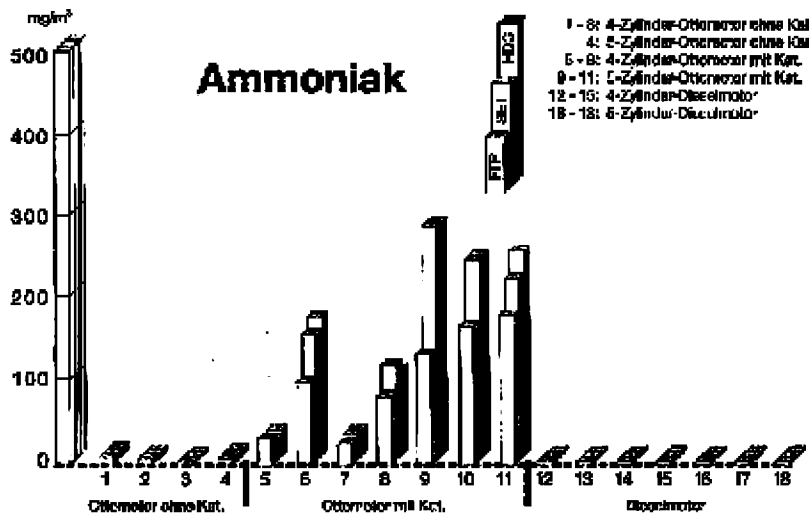


Abb.: Emissionswerte des Ammoniaks

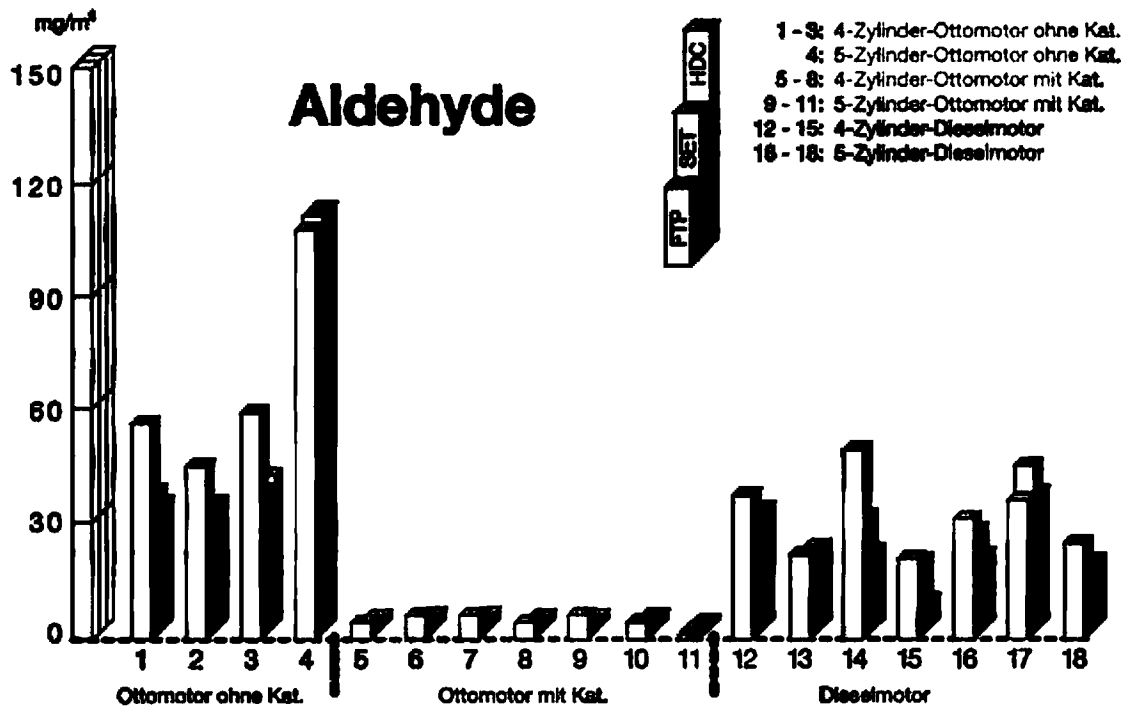


Abb.: Emissionswerte der Gesamt-Aldehyde

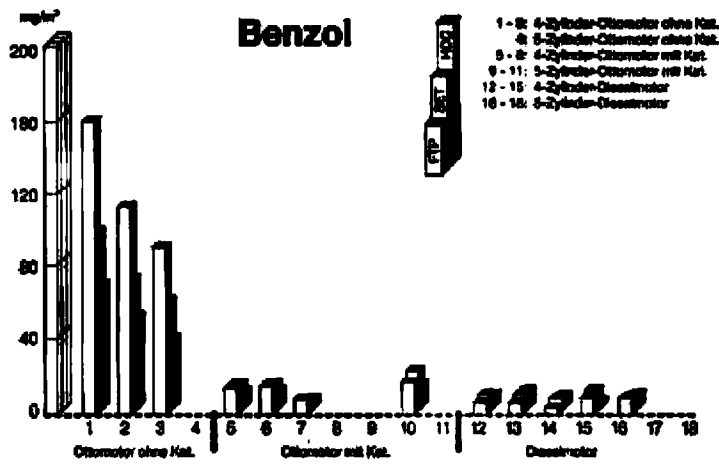


Abb.: Emissionswerte des Benzols

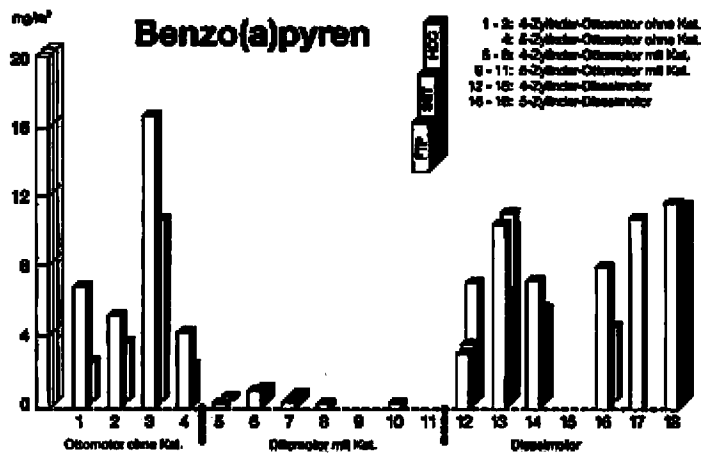


Abb.: Emissionswerte des Benzo(a)pyrens

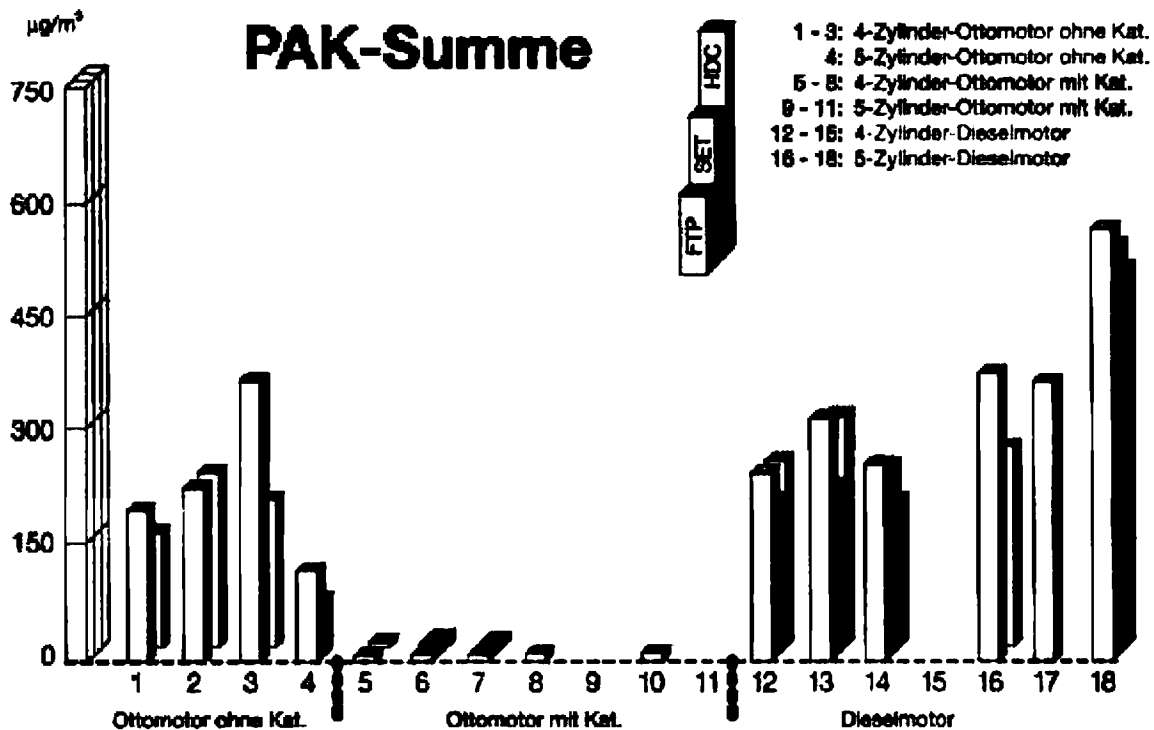


Abb.: Emissionswerte der Summe von 11 PAK

Quelle: Schürmann D., Klingenberg H., Lies KH., Schulze J.: Nicht limitierte Automobil-Abgaskomponenten. Automob. Ind. 5, 637-654 (1989)

Kohlenmonoxid CO

CO ist ein giftiges, farb- und geruchloses Gas, das schon in geringen Konzentrationen gefährlich ist. Es entsteht beim Ottomotor bei Luftmangel als Produkt unvollkommener Oxidation. Die CO-Konzentrationen im Zylinder sind während der Verbrennung am höchsten. Bei der anschließenden Expansion wird ein Teil des Kohlenmonoxids unter Reduktion von Wasserdampf zu CO₂ oxidiert. Beim Dieselmotor weist die Verbrennung zwar örtlich fette Gemischzonen auf, insgesamt ist jedoch wegen dem mageren Mischungsverhältnis immer genügend Sauerstoff zur CO-Oxidation vorhanden. Wie weit die örtlich hohen CO-Werte während der Expansion durch Nachoxidation abgebaut werden, hängt vom Gesamtluftverhältnis und vom Brennverfahren ab.

Kohlenwasserstoffe CH

Die Kohlenwasserstoffe im Motorenabgas entstehen ebenfalls bei unvollkommener motorischer Verbrennung. Als weitere Entstehungsursachen kommen der Quench-Effekt infolge Abkühlung des Gemisches an den Brennraumwänden (Ottomotor) bzw. durch sehr fettes Gemisch beim Auftreten von Brennstoffstrahlen an der Zylinderwand (Dieselmotor) in Frage. Außerdem gelangen unverbrannte CH während des Verdichtungstaktes ins Kurbelgehäuse und müssen durch besondere Einrichtungen wieder der Ansaugseite des Motors zugeführt werden. Schließlich werden noch durch die Verdampfung aus dem Kraftstoffsystem (z.B. Tank) unverbrannte Kohlenwasserstoffe an die Umgebungsluft abgegeben. Bei fortschrittlichen Fahrzeugkonzepten werden diese Verdampfungsverluste in Aktivkohlebehältern aufgefangen und beim anschließenden Betrieb wieder dem Motor zur Verbrennung zugeführt.

Stickoxide NO_x

Hohe Temperaturen fördern die Stickoxidbildung. Im Ottomotor tritt jedoch das Maximum der NO-Konzentration nicht beim Luftverhältnis mit den höchsten Verbrennungstemperaturen auf, sondern es liegt bei höheren Lasten im mageren Bereich, da zur NO-Bildung sowohl hohe Temperaturen als auch eine genügend hohe Sauerstoffkonzentration erforderlich sind. Bei der motorischen Verbrennung entsteht zunächst Stickoxid (NO),

das in der Umgebungsluft zu Stickstoffdioxid (NO₂) oxidiert; beide Stoffe werden als NO_x zusammengefaßt. Nachteilig für den Menschen ist einmal die unmittelbare Reizwirkung und die Giftigkeit der Stickoxide, zum anderen die Beteiligung an der fotochemischen Reaktion mit CH (Smog, Ozonbildung).

Maßnahmen am Motor, die eine Verringerung der Emission von CO und CH durch Abmagerung herbeiführen, bewirken zwangsläufig eine Erhöhung der NO_x-Emission.

Eine begrenzte Verminderung der NO_x-Emission ist durch Rückführung von Abgasen in die Verbrennungsluft möglich.

Ruß

Die beim Dieselmotor auftretende Rußbildung ist durch Inhomogenitäten bedingt, welche von örtlich extremem Luftmangel bei der Verbrennung verursacht werden. Die Rußbildung wird in der Regel durch thermisches Cracken der Brennstoffmoleküle unter Sauerstoffmangel eingeleitet und führt unter Abspaltung von Wasserstoff zur Polymerisation von kohlenstoffreichen Makromolekülen, die dann zu den emittierten Rußteilchen agglomerieren. Die starke Zunahme von Ruß bei Annäherung an das stöchiometrische Luftverhältnis folgt aus der zunehmenden Ausdehnung der fetten Gemischzonen infolge Erhöhung der Einspritzmenge bei Vollastbetrieb.

Bleiverbindungen

Die bleihaltigen Antiklopfmittel (Bleitetraethyl, Bleitetramethyl) im Kraftstoff für Ottomotoren werden durch die Verbrennung umgewandelt und zum Teil im Motor abgelagert; wesentliche Anteile werden jedoch in Form von kleinen Feststoffteilchen aus dem Auspuffrohr emittiert. Auf längere Sicht werden Bleiverbindungen im Kraftstoff ganz entfallen.

Schwefeldioxid SO₂

Während der Schwefelgehalt von Ottokraftstoffen sehr gering ist (unter 0,1%) und daher die SO₂-Emission von Ottomotoren wenig Bedeutung hat, führt der Schwefelgehalt im Dieselmotor (Bundesrepublik bis 0,3% S im Kfz-Treibstoff) zu einem höheren SO₂-Ausstoß beim Dieselmotor. Dabei verbindet sich Schwefeldioxid teilweise mit dem Verbrennungswasser (H₂O) in den Abgasen zu schwefeliger Säure.

Tab.: Leitwerte für toxische Luftverunreinigungen (a)

Substanz	Zeitlicher Mittelwert	Mittlungszeit
Blei	0,5-1,0 g/m ³	1 Jahr
Cadmium	1-5 ng/m ³	1 Jahr (Land)
	10-20 ng/m ³	1 Jahr (Stadt)
1,2-Dichlorethan	0,7 mg/m ³	24 Stunden
Dichlormethan	3 mg/m ³	24 Stunden
Formaldehyd	100 g/m ³	30 Minuten
Kohlenmonoxid	100 mg/m ³ (b)	15 Minuten
	60 mg/m ³ (b)	30 Minuten
	30 mg/m ³ (b)	1 Stunde
	10 mg/m ³	8 Stunden
Mangan	1 g/m ³	1 Jahr
Ozon	150-200 g/m ³	1 Stunde
	100-120 g/m ³	8 Stunden

Quecksilber	1g/m ³ (c)	1 Jahr
Schwefeldioxid	500 g/m ³	10 Minuten
	350 g/m ³	1 Stunde
	50 g/m ³	1 Jahr
Schwefelkohlenstoff	100 g/m ³	24 Stunden
Schwefelwasserstoff	150 g/m ³	24 Stunden
Stickstoffdioxid	400 g/m ³	1 Stunde
	150 g/m ³	24 Stunden
Styrol	800 g/m ³	24 Stunden
Tetrachlorethylen	5 mg/m ³	24 Stunden
Toluol	8 mg/m ³	24 Stunden
Trichlorethylen	1 mg/m ³	24 Stunden
Vanadium	1 g/m ³	24 Stunden

- (a)- Die für die einzelnen Stoffe festgelegten Leitwerte sollten nur in Verbindung mit den hierzu jeweils vorliegenden wissenschaftlichen Begründungen angewendet werden.
- (b)- Expositionen gegenüber diesen Konzentrationen sollen nicht länger andauern als die angegebenen Zeiten und sich innerhalb von 8 Stunden nicht wiederholen.
- (c)-Der Leitwert bezieht sich auf Luftverunreinigungen in Innenräumen. Für die Quecksilberkonzentration in der Außenluft, die durch Deposition und anschließendes Eindringen in die Nahrungskette indirekt von Bedeutung sein kann, wird kein Leitwert angegeben.

*Quelle: Türck R. (1988): Schr.-Reihe Verein WaBoLu 76, Gustav-Fischer-Verlag, Stuttgart

Geruchsbelästigung

Die vom Verkehrsteilnehmer als unangenehm empfundenen Geruchsstoffe in den Abgasen werden bereits in extrem niedrigen Konzentrationen wahrgenommen. Dieser Abgasgeruch wird durch die vom Kraftfahrzeug emittierten Kohlenwasserstoffe bewirkt; die objektive meßtechnische Erfassung und Bewertung ist jedoch schwierig.

*Quelle: Rippen: Handbuch des Umweltschutzes, 41. Erg. Lfg., 4/89

Tab.: Vergleich der für verschiedene Szenarien berechneten maximalen Immissionskonzentrationen (g/qm) von nicht limitierten Abgaskomponenten

Komponente	Straßenschlucht*		Autobahn**		
	US µg/qm	EU µg/qm	US Berechnete maximale Immissionskonzentration µg/qm	EU µg/qm	EU µg/qm
Partikeln	8,8	22,1	7,14	8,30	11,64
Cyanide	0,9	2,0	0,60	0,83	1,16
Ammoniak	22,1	8,8	22,32	5,90	8,27
Schwefeldioxid	22,1	33,1	16,37	12,37	17,34
Sulfat	0,7	0,9	0,30	0,33	0,47
Aldehyde	6,6	13,3	3,42	5,15	7,22
Phenole	1,6	3,5	1,06	1,41	1,98
Benzol	11,0	22,1	3,87	4,90	6,87
Toluol	24,3	81,7	8,19	12,62	19,04

* Auf der Leerseite der Bebauung bei Querwind

** Abstand vom Fahrbahnrand = 4 m

Da die gegenseitige Wirkungsverstärkung hunderter Giftkomponenten individuell verschieden ist, muß mit z.T. erheblichen chronischen Vergiftungen bei einem großen Teil der Verkehrsmitglieder gerechnet werden, ein steigendes Krebsrisiko ist darauf zurückzuführen.

Im bleifreien Benzin sind Scavenger enthalten, d.h. chlor- und bromhaltige Substanzen als Antiklopffmittel. Um eine etwas längere Haltbarkeit des Motors zu erhalten, nimmt die Industrie eine extreme Gesundheitsgefährdung durch die daraus entstehenden Dioxine und Furane in Kauf.

Tab.: Ergebnisse des Bleigehaltes nach dem Angebot durch Marken- und Freie Tankstellen (1987)

		Freie Bleigehalt g/l	Marken Bleigehalt g/l
Super verbleit	Anzahl	182	344
	Mittelwert	0,135	0,140
	90-Perzentil	0,15	0,15
Normal verbleit	Anzahl	169	332
	Mittelwert	0,129	0,129
	90-Perzentil	0,15	0,15
Normal unverbleit	Anzahl	141	330
	Mittelwert	0,0023	0,0021
	90-Perzentil	0,0068	0,0070

Normen

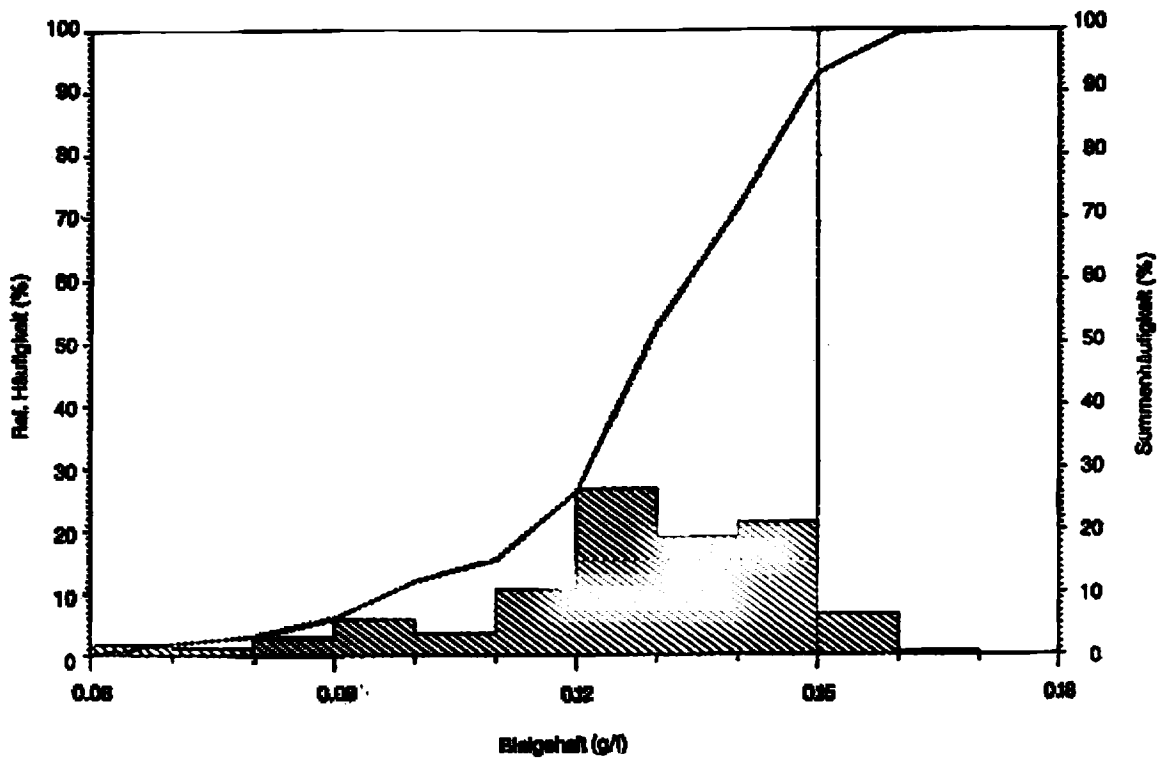
DIN 51 600 (verbleite Ottokraftstoffe)

DIN 51 607 (unverbleite Ottokraftstoffe)

Anforderungen nach Rechtsvorschriften:

Bleigehalt (SB, NB) gem. BzBIG	max. 0,15 g/l
Bleigehalt (SU, NU) gem. BzAngabV	
in Verbindung mit DIN 51 607	max. 0,013 g/l
Benzolgehalt gem. 85/210/EWG	max. 5 Vol.%

Abb.: Bleigehalt der Kraftstoffsorte Normal verbleit für das Angebot durch Freie Tankstellen



Schadstoffbelastung an Straßenrändern

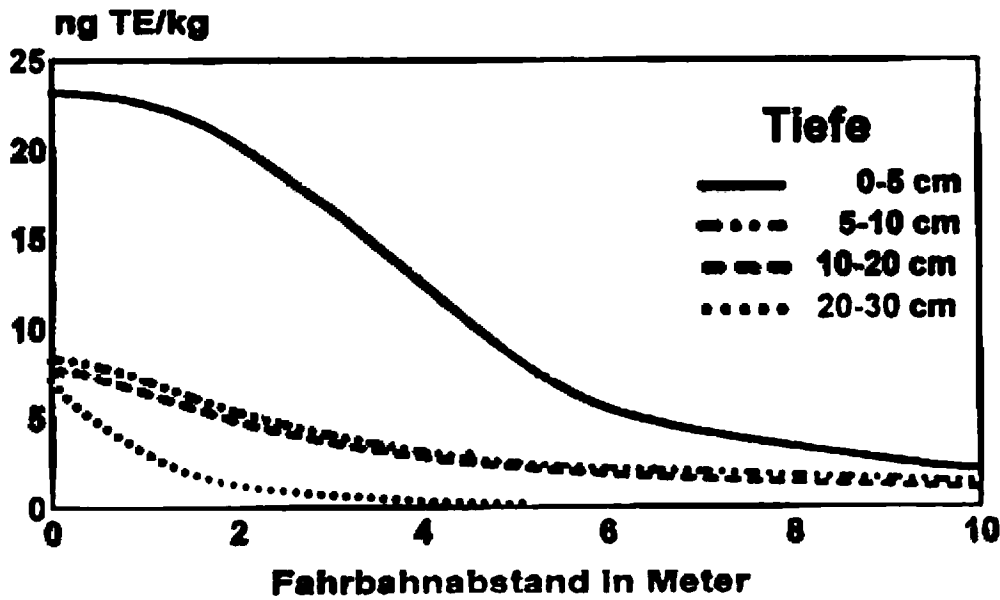


Abb.: PCDD/PCDF-Belastung in Böden von Straßenrändern

Höhere Dioxin- und Furanbelastungen und höhere Bleibelastungen an Straßenrändern sind im wesentlichen auf Abgase der Kraftfahrzeuge zurückzuführen. Ballschmiter hat darauf hingewiesen, daß "in automobilnahen Bereichen (...) der Dioxin-Ausstoß durch Kraftfahrzeuge, die mit verbleitem Benzin betrieben werden, der prägende Faktor der Grundbelastung" (ist). Kompostrohmasse von Straßenrändern trägt einen hohen Anteil ihrer über das Jahr angesammelten Belastung mit in die Komposte ein. Gezielt "ausgewählt" würde bedeuten, auf die

Kompostierung der im unmittelbaren Randstreifen der Straßen anfallenden pflanzlichen Abfälle zu verzichten. Als Kompostrohmasse sollte grundsätzlich nur Mähgut Verwendung finden, das mindestens 1 m vom Fahrbahnrand entfernt gewachsen ist; das gleiche gilt für Heckenschnittmaterial.

Schadstoffkonzentrationen im Kraftfahrzeug zehn- bis fünfzehnfach höher als draußen ■

Im Innern eines Kraftfahrzeugs kann die Luft sehr viel "dicker" sein als draußen. Wie das Bayerische Umweltministerium dazu mitteilte, können im Kraftfahrzeug zehn- bis fünfzehnfach höhere Schadstoffkonzentrationen als in der Außenluft auftreten. Dies habe sich beim Vergleich der im Auto gemessenen Konzentrationen der "klassischen" anorganischen Luftschadstoffe, wie z.B. Kohlenmonoxid und Stickstoffdioxid, mit den Ergebnissen von festinstallierten Meßstationen zur lufthygienischen Überwachung gezeigt. Aus Messungen organischer Schadstoffe werde ersichtlich, daß sie nicht nur von der Außenluft, sondern auch vom Kraftfahrzeug selbst in den Innenraum abgegeben werden, denn die Gehalte an Benzol, Toluol und Xylole könnten bei stehendem Fahrzeug innen deutlich höher als außen sein.

Die Zwangslüftung der Innenräume von Personenkraftwagen gewährleistet, so das Bayerische Umweltministerium weiter, eine ständige, aber regulierbare Durchströmung des Kraftfahrzeugs mit Außenluft. Die zugeführte Luft könne bei Kälte durch Motorwärme aufgeheizt werden. Dies führe insbesondere im Winter zu niedriger Luftfeuchtigkeit und durch die erhöhte Luftzufuhr u.U. zu hoher Staubbelastung, insbesondere beim Einschalten des Gebläses. Durch diese mit der Heizung kombinierte Zwangsbelüftung und durch das häufige Öffnen der Fenster bzw. des Daches sei die Qualität der Luft von Kraftfahrzeug-Innenräumen weitaus stärker von der Zusammensetzung der Außenluft beeinflusst als die Luft von Gebäude-Innenräumen. Andererseits sei die Luft im Bereich stark befahrener Autostraßen in der Regel erheblich höher mit Schadstoffen belastet, als es für die Außenluft allgemein zutrifft.

Nach Angaben des Ministeriums wurden auf ausgewählten Strecken mit Autobahn-, Land- und Stadtstraßenanteil in zahlreichen Einzelmessungen die Mittel- und Maximalwerte der Konzentrationen von Kohlenmonoxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffdioxid in verschiedenen Fahrzeugen bestimmt. Je nach Strecke hätten die Mittelwerte dabei für Kohlenmonoxid zwischen 0,1 und 28 ppm (parts per million), für Stickstoffdioxid zwischen 0,9 und 1,6 ppm, für Stickstoffdioxid zwischen 0,04 und 0,05 ppm sowie für Benzol zwischen 0,6 und 1,1 ppm und für Toluol zwischen 1,6 und 2,9 ppm geschwankt.

An Schwermetallstäuben wurden, wie das Umweltministerium ergänzte, im stehenden Kraftfahrzeug nur höchstens 40 Prozent der Außenluftkonzentration gefunden. Im fahrenden Fahrzeug sei hingegen die Konzentration innen und außen etwa gleich. Blei, Cadmium, Magnesium und Eisen seien in Konzentrationen nachgewiesen worden, die denen am Straßenrand entsprechen. Die Schwermetallbelastung in Kraftfahrzeugen auf freier Autobahn sei durchaus vergleichbar der innerstädtischen Belastung.

Auto-Filter ■

Unsichtbares Gift aus den Auspufftöpfen dringt über die Belüftungsanlagen meist direkt und ungefiltert in das Wageninnere.

Zu den Abgasen mischen sich noch Blütenpollen, Ruß, Staub und andere Schmutzpartikel in nur mikroskopisch meßbaren Teilchen, auf die die fast zwölf Millionen Allergiker in Deutschland besonders empfindsam reagieren. Plötzliches Niesen ist der Grund für oft meterlangen "Blindflug" hinter dem Steuer, tränende Augen trüben den notwendigen klaren Blick. Zusätzlich gefährden noch gasförmige Stoffe wie CO, NO_x und SO₂ die Autoinsassen. Experten des Umwelt-Bundesamtes stellten fest, daß schon nach kurzer Zeit Kohlenmonoxyd- und Stickstoff-Konzentrationen im Inneren der Fahrzeuge beim City-Stau auftreten, die bis zu 15 Mal höher liegen, als sie Fußgänger oder Radfahrer in gleicher Situation ertragen müssen.

Gefährliche Folge: Die Fahrtauglichkeit wird stark herabgesetzt, die Konzentrationsfähigkeit nimmt ab, Ermüdungserscheinungen wachsen und in der Dunkelheit wird das Sehvermögen deutlich reduziert. Unfälle werden so fast vorprogrammiert.

Das Problem ist lösbar. Die Automobilhersteller - insbesondere die deutschen - müßten sich nur stärker damit beschäftigen. Das Ausland - vor allem Amerika und Japan - sind hier viel weiter. So haben fast 90 Prozent aller

US-Autos eine Klima-Anlage. Sie kühlt nicht nur die Luft, sondern entzieht ihr durch ihre Arbeitsweise auch einen Teil der Feuchtigkeit. Das trägt nicht nur zum Wohlbefinden, sondern auch zur Sicherheit bei - die Scheiben des Wagens beschlagen nicht mehr. Außerdem kommt aus Klima-Anlagen nur gefilterte Luft. Gestank, Staub und Pollen bleiben draußen. Bei uns - so schätzen Experten - aber fährt nur jedes 50. Automobil mit so einer nützlichen Einrichtung.

So bindet die Filteranlage in der neuen S-Klasse von Daimler-Benz mehrere Hundert der die Luft belastenden Schadstoffe, hält Kleinstpartikel (Staub, Pollen und Sporen) zurück und baut Ozon vollständig ab. Das Hauptfilter: In einem Volumen von drei Litern werden mehr als 900 Gramm hochporöse Aktivkohle strömungsgünstig konfektioniert. Die dabei zur Ausfilterung entstehende innere Oberfläche entspricht etwa der Größe von 200 Fußballfeldern.

Daß bei Autos das "Extra" von gestern die Serie von heute sein kann, beweist - zum Nutzen von Allergikern - ein neues Modell der unteren Mittelklasse, der Opel Astra. Ein dreilagiges Innenraum-Filter beseitigt Pollen, Staub, Fasern, Ruß und andere Mikropartikel zu fast 100 Prozent. Bei Stehen im Stau kann sich der Fahrer mit einer internen Luftumwälzung von der Außenluft abschotten.

Rückgang von SO₂ und CO; Erhöhung von NO_x: ■

Aufgrund der weitgehenden Emissionsminderungen hat der Schadstoff Schwefeldioxid seine ehemals dominante Rolle als Leitschadstoff für die Gesamtluftverschmutzung in den Ballungsräumen mehr und mehr verloren. Wie der Bayerische Umweltminister in seinem Bericht zur aktuellen lufthygienischen Lage erläuterte, waren die SO₂-Immissionen in den letzten 10 Jahren auch in allen lufthygienisch überwachten Ballungsräumen deutlich rückläufig, und dies, obwohl die SO₂-Immission in Bayern im allgemeinen ohnehin relativ niedrig ist. 1988 lagen die mittleren SO₂-Konzentrationen in den verschiedenen Räumen bei Werten zwischen 0,01 und 0,04 Milligramm pro Kubikmeter (mg/m³) und damit selbst in einigen Ballungsräumen in Größenordnungen, wie sie für Reinluftgebiete typisch sind.

Signifikant rückläufig waren trotz steigender Verkehrsdichte - auch die Kohlenmonoxidkonzentrationen, die in den Städten nahezu vollständig der Straßenverkehr verursacht. Am Münchener Stachus hätten beispielsweise die mittleren CO-Konzentrationen von ca. 6,5 mg/m³ im Jahr 1978 auf derzeit rund 4 mg/m³ abgenommen. Dies zeige deutlich, daß sich die in der Kraftfahrzeugtechnik verfolgte Energieeinsparung durch optimierte Verbrennung ebenso wie die bisherige Orientierung an möglichst niedrigen Kohlenmonoxid-Gehalten im Abgas als Maßstab für niedrige Emissionen überhaupt auch lufthygienisch ausgewirkt haben.

Allerdings hat die Verminderung der Kohlenmonoxid-Emissionen aufgrund der optimierten Verbrennungstemperaturen in den Motoren zu einem Anstieg der Stickstoffoxid-Emissionen aus den Kraftfahrzeugen geführt. Dies habe sich auch in einem deutlichen Anstieg der Stickstoffoxid-Immissionen in den Ballungsräumen dokumentiert.

Diese Entwicklung unterstreiche die Notwendigkeit, den geregelten Drei-Wege-Katalysator als die derzeit optimalste Technik zur Abgasreinigung an Kraftfahrzeugen auf breiter Ebene einzuführen.

Es treten auch in Bayern in den Sommermonaten zunehmend erhöhte Ozon-Belastungen aufgrund der großräumigen Vorbelastung und entsprechenden photochemischen Reaktionen von Stickstoffoxiden und reaktiven Kohlenwasserstoffen auf. 1988 seien an einigen Luftgütemeßstationen maximale halbstündliche Werte der Ozonbelastung bis über 0,20 mg/m³ erreicht worden. Bei Wetterlagen mit erhöhten Ozonkonzentrationen werde einem bundeseinheitlichen Beschluß zufolge die Öffentlichkeit künftig informiert. Der einzelne erhalte damit Gelegenheit, sein persönliches Freizeitverhalten der lufthygienischen Situation anzupassen.

Dieselmotor ■

Diesel oder Benziner? Aus Umweltsicht war die Frage in den letzten Jahren leicht zu beantworten: Während der Otto-Motor mit Hilfe des geregelten Drei-Wege-Katalysators seinen Ruf poliert hatte, war der umwelttechnische Fortschritt beim Diesel jahrelang auf der Stelle getreten. Der zuverlässige, spritsparende Dieselmotor galt als Dreckschleuder. Eine katalysatorfreundliche Steuerpolitik tat das ihre, um den guten alten Selbstzünder gegenüber dem Otto-Motor ins Hintertreffen geraten zu lassen. Hatten im Rekordjahr 1986 gut 27 Prozent aller

neuzugelassenen Pkw und Kombi einen Dieselmotor, so war drei Jahre später nur noch jeder zehnte Neuwagen ein Diesel.

Inzwischen hat sich das Blatt wieder gewendet. VW verkauft zur Zeit gut ein Viertel aller Golf- und Passat-Modelle mit Dieselmotoren. Fast alle namhaften Fahrzeughersteller preisen "Öko-Diesel" an, die mit Abgasrückführung arbeiten oder mit speziellen Oxidations-Katalysatoren ausgestattet sind. Das Bundesumweltministerium hat eine Steuerbegünstigung durchgesetzt, die alle diejenigen Diesel zeitweise steuerbefreit, die neben der amerikanischen Schadstoffnorm auch einen Partikelwert von 0,08 g/km unterschreiten, die sogenannte "Töpfer-Norm". Die Zahl entspricht in etwa dem derzeitigen Stand der Technik; nur die neuesten Dieselfahrzeuge erreichen die Steuerbefreiung. Über Gesundheitsrisiken sagt die als streng geltende "Töpfer-Norm" zwar nichts aus. Dennoch gewinnt der Diesel mit ihrer Hilfe sein Umwelt-Image zurück.

Experten sind sich allerdings einig, daß die bisherigen Säuberungsmaßnahmen beim Dieselabgas völlig unzulänglich sind. Hermann Blümel vom Umweltbundesamt (UBA) kommt zu dem Fazit: "Der Diesel-Kat verbessert den Ausstoß derjenigen Schadstoffkomponenten, die ohnehin schon gering sind; problematische Abgasbestandteile werden nur unwesentlich reduziert." Der Diesel-Kat - ein großer Schwindel?

Zur Entwarnung gibt es jedenfalls keinen Anlaß. Dieselruß ist zur Zeit in Ballungsgebieten für 63 Prozent des Krebsrisikos durch Luftverunreinigung verantwortlich. Das stellt die zuständige Arbeitsgruppe des Länderausschusses für Immissionsschutz in ihrem jüngsten Bericht fest. Durch seine hohe Konzentration in der Atemluft liegt Dieselruß damit weit vor allen anderen als krebserzeugend bekannten Substanzen. Erst mit weitem Abstand folgen Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (15,8%) und Benzol (8%). Auch sie verdanken ihre Existenz zum großen Teil dem Autoverkehr.

Diesel-Kat - ein Schwindel

Unter ungezählten chemischen Verbindungen, die Diesel- und Benzinmotoren mit ihrem Abgas ausstoßen, sind dies die Schadstoffe, deren krebserzeugende Wirkung besonders ins Gewicht fällt. Der Otto-Motor ist vor allem für das Benzol verantwortlich, das Blutkrebs erregen kann. Verschiedene Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), die Lungenkrebs auslösen können, emittieren beide Motortypen.

Das krebsauslösende Potential des Dieselmotors bilden jedoch vor allem die Rußpartikel. Dies sind feinste lungengängige Teilchen. Sie bestehen aus einem Kohlenstoff-Kern, an dessen große Oberfläche verschiedene Substanzen angelagert sind, unter anderem die krebserzeugenden PAH. Eine Forschungsgruppe des Fraunhofer-Instituts für Toxikologie und Aerosolforschung unter Leitung von Dr. Uwe Heinrich hat nun entgegen früheren Annahmen nachgewiesen, daß es die Kohlenstoff-Kerne selbst sind und nur in sehr geringem Umfang die angelagerten Kohlenwasserstoffe, die für die krebserzeugende Wirkung des Dieselmotors verantwortlich sind. Daraus leitet Heinrich ab, "daß vor allen Dingen der Rußkern des Dieselpartikels aus dem Abgas entfernt werden muß und nicht so sehr die an dem Rußkern angelagerten organischen Stoffe, wenn man die kanzerogene (krebserzeugende - Red.) Potenz des Abgases reduzieren will".

Gerade dies leisten die gegenwärtig für Pkw erhältlichen Abgasreinigungssysteme nicht oder nur in geringem Umfang. Die Oxidationskatalysatoren, mit denen die modernsten Diesel-Pkw ausgestattet sind, entfernen zwar einen Teil der Kohlenwasserstoffe und des Kohlenmonoxids aus dem Dieselabgas, also jene Stoffe, deren Anteile im Dieselabgas ohnehin gering sind. Dadurch sinkt auch das Gewicht der Partikel etwas. Deren problematische Kohlenstoffkerne werden jedoch nur unwesentlich verringert. Mit Katalysator stinkt der Diesel zwar weniger, ansonsten sind die Oxi-Kats vor allem ein Werbegag. Ein Risikovergleich zeigt, daß allein von den Partikelemissionen eines "sauberen" Dieselmotors ein vielfach höheres Krebsrisiko ausgeht, als von den PAH- und Benzolemissionen eines gleichstarken Ottomotors mit funktionierendem Kat.

Abhilfe könnten nur spezielle Rußfilter bringen. In einem Großversuch testen Umweltministerium und Umweltbundesamt zur Zeit solche Filtersysteme an 1200 Nutzfahrzeugen. Probleme bereitet weniger das Herausfiltern der Rußpartikel als vielmehr das Freibrennen des Filters. Bisherige Filter sind außerdem sehr groß und schwer. Für Pkw sind deshalb keine serienreifen Modelle in Sicht. Die Autokonzerne hüllen sich in Sachen Rußfilter derzeit verständlicherweise in großes Schweigen. Schließlich läßt sich die "Töpfer-Norm" ohne weiteres mit einfacheren Mitteln einhalten.

Die Autoindustrie drängt vielmehr - und zwar berechtigterweise - auf eine Senkung des Schwefelgehalts im

Dieselmotoren. Nicht nur die Sulfatbildung im Oxidations-Katalysator ließe sich dadurch verringern, sondern alle Dieselmotoren, auch die ungereinigten, würden sofort weniger Ruß produzieren. In diesem Punkt wird in Bonn gerne auf Europa verwiesen. Dort sind Bestrebungen zur Reduktion des Schwefelgehaltes im Gange, allerdings wie immer bei Verkehrsfragen nur im Schrittempo.

Mehr Dieselmotoren - weniger Treibhaus?

Als wichtigstes Argument für den Dieselmotor wird die zunehmende Erwärmung der Erdatmosphäre, der Treibhauseffekt, genannt. Der Dieselmotor verbrauche bis zu einem Drittel mehr Kraftstoff, heißt es, und entsprechend weniger des Treibhausgases CO₂ entstehe. Das ist nur zum Teil richtig. Nach Berechnungen des UBA-Experten Stefan Rodt auf Grundlage von realistischen Testzyklen für den Kraftstoffverbrauch hat der Diesel nur CO₂-Vorteile "in der Größenordnung von fünf Prozent". Dafür gibt es eine einfache Erklärung: Weil Dieselmotoren einen höheren Kohlenstoffgehalt und eine höhere Dichte haben, entsteht mit der Verbrennung von einem Liter Diesel etwa 13 Prozent mehr CO₂, als der Liter Benzin hervorbringt. Also muß der Diesel erst einmal 13 Prozent weniger Sprit verbrauchen als ein entsprechendes Auto mit Otto-Motor, bevor seine CO₂-Bilanz tatsächlich besser aussieht. Obwohl er einräumt, daß manche Einzelvergleiche bessere Ergebnisse brächten, kommt Rodt zu dem Schluß: "Das CO₂ ist kein schlagendes Argument für den Diesel. Der Diesel ist nicht die Rettung vor der Klimakatastrophe."

Einen Freibrief für den Otto-Motor gibt es allerdings ebensowenig. Das Umwelt- und Prognose-Institut (UPI) in Heidelberg weigert sich mittlerweile, eine eindeutige Typenempfehlung zugunsten des Benziners abzugeben, obwohl dieser theoretisch sauberer ist. Ein Wirkungsgrad von stolzen 80 bis 90 Prozent, wie er dem geregelten Katalysator oft unterstellt wird, so UPI-Mitarbeiter Dieter Teufel, "ist reine Illusion". Viele Katalysatoren arbeiten im Stadtverkehr nur schlecht, ihre Wirksamkeit nimmt mit den Jahren stark ab (vgl. auch fairkehr 5/91). Das gilt sowohl für Diesel-Kats wie für solche an Otto-Motoren. Die eigentliche Alternative heißt denn auch nicht Diesel oder Benzin, sondern Auto oder keins.

Der Dieselmotor in der Auto-Umweltliste

In der neuen Auto-Umweltliste finden sich, im Gegensatz zu den früheren Ausgaben, auch Diesel-Pkw. Noch 1990 hatten wir die von den Rußpartikeln des Dieselmotors ausgehende Krebsgefahr zum Anlaß genommen, die Selbstzünder, ebenso wie alle Fahrzeuge ohne geregelten Kat, gar nicht mehr in die Liste aufzunehmen und für nicht mehr tolerabel zu erklären.

Inzwischen hat sich die Menge der durch die Dieselfahrzeuge hervorgerufenen Schadstoffe zwar weiter vermindert, unsere Auffassung zum Krebsrisiko durch Diesel-Rußpartikel hat sich jedoch im Prinzip nicht geändert. Allein die Tatsache, daß auch die mit geregeltem 3-Wege-Kat ausgerüsteten Benzin-Pkw nach wie vor ebenso krebserregende Substanzen in unsere Umwelt abgeben, haben uns bewegt, die Dieselfahrzeuge der neuesten Generation mit in die Bewertung aufzunehmen.

Da jedoch die überwiegende Meinung in der Forschung davon ausgeht, daß Diesel-Rußpartikel erheblich gefährlicher sind als z.B. Benzol-Abgase aus Otto-Motoren (um wieviel gefährlicher ist umstritten, die Berechnungen reichen bis zum Faktor fünf), haben wir die Dieselfahrzeuge mit einem "Malus" von 20 Punkten belegt. (As)

Der Oxydations-Kat ist kein Alleskönner

Katalysatoren arbeiten beim Diesel- und beim Benzinmotor nach einem ähnlichen Prinzip: Die Abgase werden durch einen feinporigen Keramikkörper geleitet, dessen innere Oberflächen mit einer Substanz beschichtet sind, die chemische Reaktionen von anderen Stoffen auslöst, z.B. Platin. Eine solche Substanz bezeichnen Chemiker als Katalysator im eigentlichen Sinn. Im Auspuff sorgt er dafür, daß gefährliche Schadstoffe in weniger problematische umgewandelt werden.

Beim "geregelten" Katalysator des Otto-Motors mißt die Lamdasonde den Sauerstoffgehalt des Abgases und regelt die Benzineinspritzung (nicht etwa den Katalysator) so, daß bei der Verbrennung ein gleichbleibender Sauerstoffgehalt unverbrannt übrigbleibt. Damit der Katalysator wie gewünscht wirken kann, darf nicht zu viel und nicht zu wenig Sauerstoff im Abgas enthalten sein. Gerade genug, damit im Katalysator Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid mit Sauerstoff zu Kohlendioxid und Wasser oxidieren können, und so wenig, daß

Stickoxiden der Sauerstoff entzogen wird.

Der Dieselmotor arbeitet dagegen als Selbstzünder stets mit Luftüberschuß. Ein Diesel-Kat kann daher nur die oxidierbaren Abgasbestandteile, also Kohlenwasserstoffe (HC) und Kohlenmonoxid (CO) nachverbrennen, Stickoxide (NO_x) werden nicht reduziert. Und auch die im Dieselabgas so gefährlichen Kohlenstoffpartikel läßt der "Oxi-Kat" weitgehend ungehindert durch. "Unter Umständen", so Deselexperte Stefan Rodt vom Umweltbundesamt, "oxidiert er sogar Dinge, die er besser nicht oxidieren sollte, zum Beispiel Schwefel." Bei dieser Reaktion entstehen wegen des hohen Schwefelgehalts des Dieselmotorkraftstoffes Sulfate. Mit Wasser zu Schwefelsäure verbunden, machen sie den Wäldern der Mittelgebirge gleichermaßen zu schaffen wie der Fassade des Kölner Doms.