

# Gesundheitsschädigung durch Abgase nicht alarmierend

Die Auswirkungen der Schadstoffemissionen auf den Menschen \*

Von Dr. chem. D. Bauer und Prof. Dr. Ch. Schlatter, Zürich

Das Ableiten von schädlichen Abgaskonzentrationen in der Luft bietet allerhand Probleme. Es sind dabei zahlreiche Faktoren zu berücksichtigen. Nur aufgrund seriöser biologischer Experimente können die höchstzulässigen Grenzwerte einer in der Aussenluft enthaltenen schädlichen Substanz ermittelt werden. Die praktischen Massnahmen, welche schädliche und lästige Auswirkungen dieser Luftverunreinigungen auf den Menschen in städtischen Agglomerationen verhindern sollen, müssen darum auf wissenschaftlichen Resultaten aus den verschiedensten Wissensgebieten basieren.

Nachfolgend soll deshalb auf die wichtigsten Grundlagen, die neben der Toxikologie für die Bekämpfung gesundheitsschädlicher Auswirkungen in der Praxis von Bedeutung sind, ebenfalls kurz eingegangen werden (siehe Abb. 1).

## Analytische Chemie: divergierende Resultate

Die quantitative Erfassung der Luftfremdstoffe spielt eine zentrale Rolle. Die chemische Spurenanalytik, d. h. die Erfassung der Schadstoffe in der Luft sowie deren Aufnahme, Verteilung, Abbau und Ausscheidung im menschlichen Körper, bildet die Grundlage für die Ermittlung der effektiven Schadstoffbelastung. Nur Resultate, die sehr strengen analytischen Kriterien genügen, können für die Beurteilung einer Schadstoffbelastung verwendet werden.

So ist bei der Messung der mehrheitlich sehr feinen Bleiaerosole in der Luft die Filtereffizienz ausschlaggebend. Filter mit relativ schlechter Rückhaltewirkung bei kleiner Partikelgrösse können zwar durchaus wertvolle Angaben über eine Verbesserung oder Verschlechterung einer lufthygienischen Situation liefern, sind jedoch für eine umwelttoxikologische Beurteilung kaum brauchbar. Man muss unterscheiden zwischen den in der Umwelttoxikologie benötigten Absolutmessungen und den Trendmessungen von

Leitsubstanzen, die lediglich als Indikatoren für das Ausmass der Luftverschmutzung durch bestimmte Quellen dienen. Es ist daher im allgemeinen nicht möglich, Daten, die mit verschiedenen Methoden erhalten worden sind, direkt miteinander zu vergleichen.

Das Problem stellt sich noch in ungleich grösserem Masse bei der Schadstoffbestimmung in biologischem Material. So erhielten beispielsweise bei einem Ringversuch unter 22 europäischen auf Bleiuntersuchungen spezialisierten Laboratorien im Jahre 1972 lediglich 70 Prozent der Teilnehmer für eine wässrige Eichlösung von 100 µg/l ein Resultat innerhalb  $\pm 10$  Prozent des Sollwerts. Bei diesen 70 Prozent lagen die Werte der Bleibestimmung in derselben Blutprobe einer nicht exponierten Person zwischen 25 und 70 µg/100 ml, einem völlig normalen bis zu einem deutlich erhöhten Bereich. Werden dennoch Resultate verschiedener Autoren, die zum Teil mit verschiedenen Methoden arbeiten, verglichen, so ist bei der Interpretation von geringfügigen Unterschieden grösste Vorsicht am Platze.

## Meteorologie und ihr Einfluss

Unterschiedliche meteorologische Faktoren können auf das Ausmass der Immissionen ebenfalls einen grossen Einfluss ausüben. Einerseits können schlechte Ausbreitungsbedingungen, wie stagnierende Luftmassen und Inversionen, unter gewissen Umständen zeitweise zu ungesunden Anreicherungen von Schadstoffen in Bodennähe führen. Andererseits haben starke Luftbewegungen eine rasche Verdünnung von bodennahen Schadstoffkonzentrationen zur Folge. Es ist somit praktisch unnötig, aus kurzfristigen Messungen auf die Gesamtbelastung in einem Gebiet zu schliessen. Toxikologisch relevante Immissionsmessungen müssen sich deshalb immer über grössere Zeiträume erstrecken.

Ungünstige meteorologische Rahmenbedingungen sind manchmal auch für Sekundärfolgen verantwortlich. So können Aerosole und feine Stäube als Kondensationskeime für eine Nebelbildung dienen, und die Sonneneinstrahlung kann bei Einwirkung auf ungesät-

tigte Kohlenwasserstoffe und Stickoxide zu unerwünschtem photochemischem Smog führen.

## Umwelttechnologie

Für die Praxis genügt das Erkennen und Erfassen von Gesundheitsgefährdungen durch Luftverunreinigungen natürlich nicht. Die Emission von als schädlich oder als belästigend erkannten unerwünschten Luftfremdstoffen muss auf ein zumutbares Mass reduziert werden. Eine wirksame Luftreinhaltetechnologie stellt somit die Grundlage zur Erhaltung sauberer Luft dar. Sie muss vor allem bei Schadstoffen, denen aufgrund der Luftbelastung und der daraus entstehenden Gesundheitsrisiken die Priorität zukommt, weiter vorangetrieben werden.

Die Entwicklung einer wirksamen Luftreinhaltetechnologie lässt sich am bereits historischen Beispiel der Zementindustrie gut verfolgen. So gehören Zementfabriken mit Staubemissionen im Grammbereich pro Kubikmeter der Vergangenheit an. Die Entstaubungsnorm der schweizerischen Zementindustrie vom Januar 1974 beschränkt heute die maximal zulässige Emission auf 75 mg/m<sup>3</sup>. Im praktischen Betrieb werden zum Teil sogar Emissionswerte von 30 bis 40 mg/m<sup>3</sup> erreicht.

## Kosten/Nutzen-Überlegungen

Die Bedeutung wirtschaftlicher Faktoren darf in diesem Zusammenhang ebenfalls nicht unerwähnt bleiben. Im Prinzip ist eine Reduktion der Schadstoffimmissionen auch unter die toxikologisch verantwortbare Höchstgrenze immer anzustreben. Für die Realisierbarkeit einer geplanten Umweltschutzmassnahme sind aber volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Überlegungen ausschlaggebend. Im allgemeinen steigen die Kosten einer Massnahme mit der anzustrebenden Emissions- respektive Immissionsverminderung überdurchschnittlich an (vgl. Abb. 2). Der zusätzlich gewonnene Nutzeffekt hingegen wird jedoch immer geringer und wirkt sich nur noch in einer Vergrösserung des Sicherheitsabstandes von der Wirkungsgrenze aus (vgl. Abb. 3).

\* Anlässlich der Tagung der Schweizerischen Studiengesellschaft für Motorbetriebsstoffe (SSM) vom 25.11.76 in Zürich gehaltenes Referat.



## Toxikologische Auswirkungen

Die Kriterien für die Beurteilung einer Zulässigkeit oder Nichtzulässigkeit einer Luftfremdstoffkonzentration basieren auf den *toxikologischen Wirkungen auf den Menschen*. Beim Menschen ist das primär angegriffene Organ die Lunge. Sie ist in den Alveolen nur mit sehr dünnen Membranen versehen, die einen *leichten Sauerstoff- und Kohlendioxidaustausch* erlauben (vgl. Abb. 4). Infolge ihrer grossen Oberfläche (rund 100 m<sup>2</sup>) ohne eigentlichen Schutz ist die Lunge *auch auf eingeatmete Luftfremdstoffe sehr empfindlich*. Da der Mensch pro Tag 10 bis 20 m<sup>3</sup> Luft einatmet — das sind rund 13 bis 26 kg —, kann sich auch ein *geringer Schadstoffgehalt der Luft bereits ungünstig* auswirken. Die meisten Luftfremdstoffe wirken *vorwiegend lokal*. In Abb. 5 sind die Angriffsorte einiger wichtiger Reizstoffe in Abhängigkeit von ihrer Wasserlöslichkeit angegeben.

Während leicht wasserlösliche Stoffe bereits in den oberen Atemwegen abgefangen werden, dringen *schlecht wasserlösliche Stoffe* bis in die Alveolen ein, deren Kapillarwände *die empfindlichsten Stellen* des gesamten Atemtraktes sind. Nach NO<sub>2</sub>-Einwirkung zum Beispiel schwillt das Alveolarepithel an, der *Sauerstoffaustausch wird gestört*, und Plasma tritt in den Interstitialraum und in die Lungenbläschen über. Im Extremfall entsteht schliesslich das *sehr gefährliche Lungenödem*, das zum Erstickten führen kann.

Die direkten, lokalen Wirkungen der Motorenabgase führen in niedrigen Konzentrationsbereichen vor allem zu *akuten, nicht spezifischen respiratorischen Erkrankungen und Augenreizungen*. Aus diesen Zuständen können sich jedoch eventuell chronische Bronchitis, Lungenemphysem, Bronchialasthma sowie *auch Lungenkrebs* entwickeln. Die toxikologisch wichtigsten Schadstoffkomponenten im Motorenabgas sind in Abb. 6 aufgeführt.

Als bedeutsamste Schadstoffe gelten bei uns *Bleiverbindungen und Kohlenmonoxid* sowie die schwer quantifizierbaren *polyaromatischen Kohlenwasserstoffe*. Die exakte Bedeutung dieser letzteren Stoffe in der Aussenluft bei der Bildung von Lungenkarzinomen ist *noch unklar*. Hingegen steht die Korrelation zwischen *Rauchen und Lungenkrebs* fest (vgl. Abb. 7). Neben polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen sind aber wohl noch weitere Stoffe für die hohe Krebsrate der Raucher verantwortlich.

Die Lungenkrebshäufigkeit bei Nichtrauchern in der Stadt ist zwar höher als auf dem Land, aber dennoch nur ein Bruchteil derjenigen von Rauchern. Im folgenden soll nun auf das *Kohlenmonoxid* und das *Blei* etwas näher eingegangen werden, beides Schadstoffe, die nicht direkt auf die Lunge, sondern *erst nach Aufnahme in den Körper wirken*.

## Kohlenmonoxid verdrängt Sauerstoff

Kohlenmonoxid ist jene Schadstoffkomponente im Abgas, über deren Wirkungsweise wir heute *am besten Bescheid* wissen. Die Bedeutung des CO liegt hauptsächlich in seiner Eigenschaft, im Blutfarbstoff Hämoglobin durch Bildung von Carboxyhämoglobin den *Sauerstoff zu verdrängen*. Bereits 0,7 Prozent CO in der Luft reichen aus, um die Hälfte des Hämoglobinbestandes für den Sauerstofftransport *auszuschalten*. Alle Symptome einer CO-Vergiftung lassen sich durch den erzeugten Sauerstoffmangel im Gewebe und durch den Anstau von metabolisch gebildeter Kohlensäure, die nicht abtransportiert werden kann, erklären. Eine *eigentliche chronische CO-Toxizität gibt es* nach heutiger Auffassung *nicht*. Die Toxizität ist eine direkte Funktion des Carboxyhämoglobinspiegels. Abb. 8 zeigt einige Carboxyhämoglobinwerte mit den entsprechenden Umweltkonzentrationen.

Der MAK-Wert, die am Arbeitsplatz zulässige Konzentration, liegt bei 50 ppm. Die wichtigsten Symptome der CO-Einwirkung bei niedrigem Carboxyhämoglobingehalt des Blutes sind in Abb. 9 angegeben. Auch hier zeigt es sich, dass im Vergleich zum durchschnittlich verkehrsexponierten Nichtraucher der Raucher ein *deutlich höheres Gesundheitsrisiko* eingeht.

## Blei: Organismus gefährdend?

Die Schadstoffkomponente, die heute *besonders heftig diskutiert* wird, ist das Blei (Pb). Ueber das Verhalten und die Wirkung von Blei im Organismus ist eine Vielzahl von Forschungsergebnissen zusammengetragen worden. Im folgenden soll nur auf die wichtigsten kurz eingegangen werden.

Beim Blei geht die moderne umwelttoxikologische Betrachtungsweise von einem Vergleich der *natürlichen zur zivilisatorischen Belastung* der Bevölkerung aus. Obwohl der Mensch schon seit jeher mit der Nahrung auch Spuren von Blei aufnimmt, hat dieses Metall im Organismus *keinerlei lebenswichtige Funktionen*. In den Körper aufgenommenes Blei ist ein *unnötiger Fremdstoff* und wird zum grössten Teil (d. h. zu rund 97 Prozent) wieder mit Urin und Stuhl ausgeschieden. Der Rest wird dagegen im Körper, vor allem in den Knochen, *zurückgehalten*. Der Einbau und die Remobilisation von Blei verlaufen analog zum Kalziumstoffwechsel. Einflüsse, die zur Knochenkalkung oder zum Knochenabbau führen (wie zum Beispiel Infektionskrankheiten, physischer Stress oder auch eine Schwangerschaft), können auch Depotblei mobilisieren. In diesem Zusammenhang ist erwähnenswert, dass die amerikanischen Gemini-V-Astronauten auf ihrem Achtageflug bis zu 15 Prozent ihres Knochenkalziums verloren haben.

Biochemisch betrachtet lassen sich

2

vermutlich praktisch alle Bleiwirkungen *auf eine Interaktion* mit wichtigen Enzymsystemen an sogenannten Sulfhydrylgruppen zurückführen. Die Folgen zeigen sich vor allem in einer *Störung der Blutbildung*. Aus der Arbeitsmedizin weiss man, dass bei Erwachsenen *erst von einem Blutbleigehalt von etwa 70 µg/100 ml an* — dies entspricht einer Aufnahme aus Lunge und Darm von rund 500 µg Blei pro Tag — *eigentliche Krankheitserscheinungen* auftreten können. Die subjektiven und die objektiven Symptome einer chronischen Bleivergiftung sind in Abb. 10 zusammengestellt.

In der Schweiz nimmt die erwachsene Bevölkerung durchschnittlich *zwischen 30 und 50 µg Blei pro Tag auf*, wobei der Anteil des Bleis aus dem Motorfahrzeugverkehr *zwischen 15 und 50 Prozent liegen dürfte* (5 bis 10 µg aus der Luft, 20 bis 40 µg aus der Nahrung). Somit beträgt der *Sicherheitsfaktor* bei der täglichen Bleiaufnahme in bezug auf klinische Krankheitssymptome etwa 10 bis 20.

Der heutige *durchschnittliche Blutbleispiegel* der Stadtbevölkerung liegt *unter rund 25 µg/100 ml*. Bis jetzt war es nicht möglich, zwischen Gesundheitsstörungen und Langzeitbelastungen, die zu Blutbleispiegen zwischen 20 und 70 µg/100 ml führen, einen Zusammenhang eindeutig nachzuweisen oder zu widerlegen. Zwar zeigt das beim Aufbau des Hämoglobins beteiligte Enzym Deltaaminolävulinsäuredehydratase bereits bei Blutbleispiegen von 10 bis 30 µg/100 ml eine *erniedrigte Aktivität*. Bis heute bestehen *jedoch keine Anhaltspunkte dafür, dass diese Aktivitätsabnahme eine negative Wirkung ausübt*.

Verschiedene Autoren haben die Auswirkungen von geringen Bleimengen *auf psychische Funktionen* von Kindern untersucht. Hyperaktivität, verminderte Intelligenzleistung und andere Verhaltensstörungen sind bei Grossstadtkindern in Slums vor allem der USA auf das Blei zurückgeführt worden. Ob neben andern Bleiquellen wie abblätternde Bleifarben auch das Blei in der Grossstadtluft eine wesentliche Rolle spielt, *ist sehr umstritten*. Ebenso lässt sich die Bleiempfindlichkeit von Kleinkindern heute noch nicht eindeutig beurteilen. Immerhin mahnen tierexperimentelle Untersuchungen, die den Schluss zulassen, dass *neurophysiologische Bleiwirkungen* um so eher zu erwarten sind, je früher das Blei auf den sich entwickelnden Organismus eingreift, *zur Vorsicht*. Die Vision von Gasmasken tragenden Fussgängern allerdings, wie sie im Nebelspalter bereits vor 20 Jahren karikiert worden ist (vgl. Abb. 11), braucht weder heute noch in näherer Zukunft realisiert zu werden. Der Wunsch jedoch, die *Bleikontamination der Luft zu vermindern*, wie dies bei Trinkwasser und Nahrungsmitteln bereits in erheblichem Masse erreicht worden ist, *ist durchaus verständig*.



Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ein *wesentlicher Einfluss der Luftverschmutzung durch Motorenabgase* auf die Gesundheit der Allgemeinheit, wie er im Ausland zum Teil beobachtet worden ist, *bei uns bisher nicht aufgezeigt* werden konnte. Es sollten jedoch weiterhin *alle sinnvollen Möglichkeiten* für eine weitere Reduktion der Immissionsbelastung durch Autoabgase *ausgenutzt* werden.

**Literatur und Quellen**

- Luftverreinigung und Erkrankung der Atmungsorgane, Sozial- und Präventivmedizin, Vol. 21, Fasc. 2/3, 1976.
- 16. ACS-Vortragstagung, Auto/Mensch/Umwelt, Verlag Stämpfli + Cie. AG, Bern, 1973.
- Högger D.: Auswirkungen der Auspuffgase auf Menschen, Tiere und Pflanzen. Z. Präventivmed. 11, 161-178, 1966.
- Schlatter Ch.: Die Bedeutung der Umweltkontamination mit Blei für Mensch und Tier. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 66, 51-57, 1975.

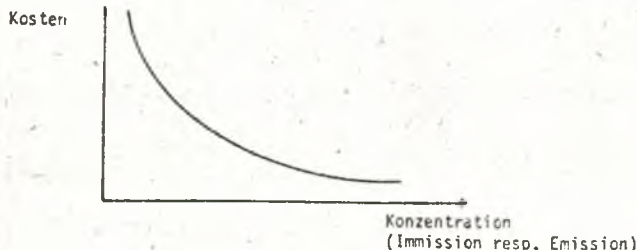
- Schlipkötter H.-W., Pott F.: Die Bleibelastung des Menschen und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Umweltbrief Nr. 15, 19-39, 1976.
- Tagungsberichte, Internationales Symposium «Die gesundheitlichen Aspekte der Umweltverschmutzung durch Blei», Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg, Mai 1973.
- Tagungsberichte, Europäisches Kolloquium «Auswirkung der Umweltverschmutzung durch Kohlenmonoxid auf die Gesundheit», Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg, 1974.
- Committee on Effects of Atmospheric Contaminants on Human Health and Welfare, Division of Medical Sciences, National Research Council, «Effects of Chronic Exposure to low levels of Carbon Monoxide on Human Health, Behaviour and Performance». National Academy of Sciences, Washington D.C., 1969.

**Anschriften der Verfasser:**

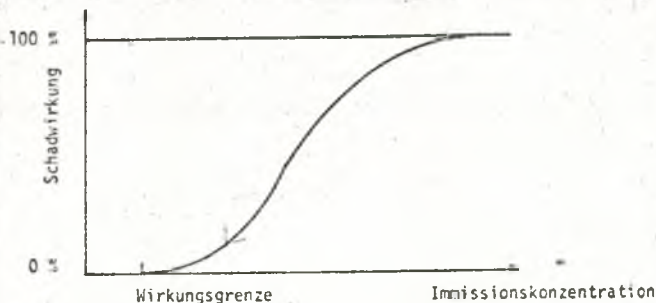
Dr. chem. D. Bauer und Prof. Dr. Ch. Schlatter, Institut für Toxikologie der ETH und Universität Zürich, Schorenstrasse 16, CH-8603 Schwerzenbach.

**Abbildung 1.** Wichtige Grundlagen für die Bekämpfung gesundheitsschädlicher Auswirkungen von Luftverunreinigungen.

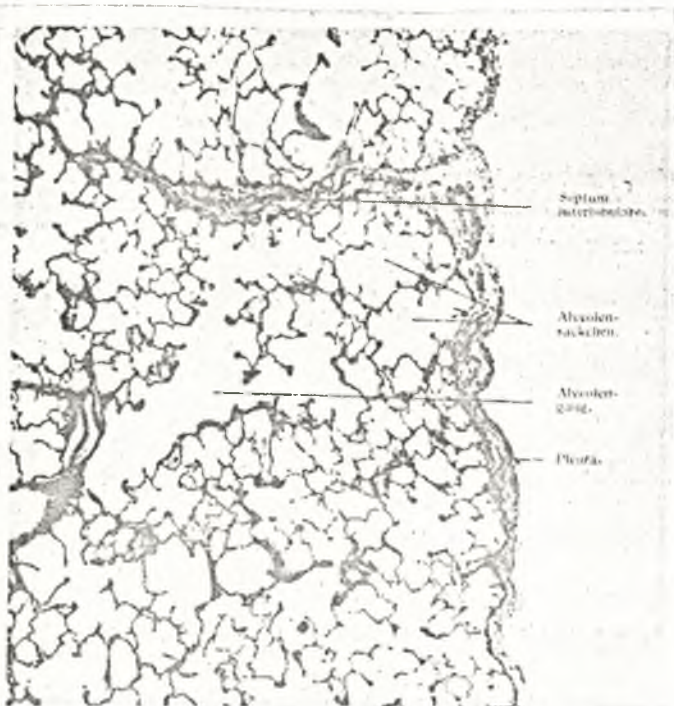
- Analytische Chemie, quantitative Erfassung der Luftfremdstoffe
- Meteorologie, Ausbreitung der Luftfremdstoffe
- Umwelttechnologie, Technologie der Emissionsverminderung
- Wirtschaftswissenschaft, wirtschaftliche Realisierbarkeit von Massnahmen
- Toxikologie der Luftfremdstoffe



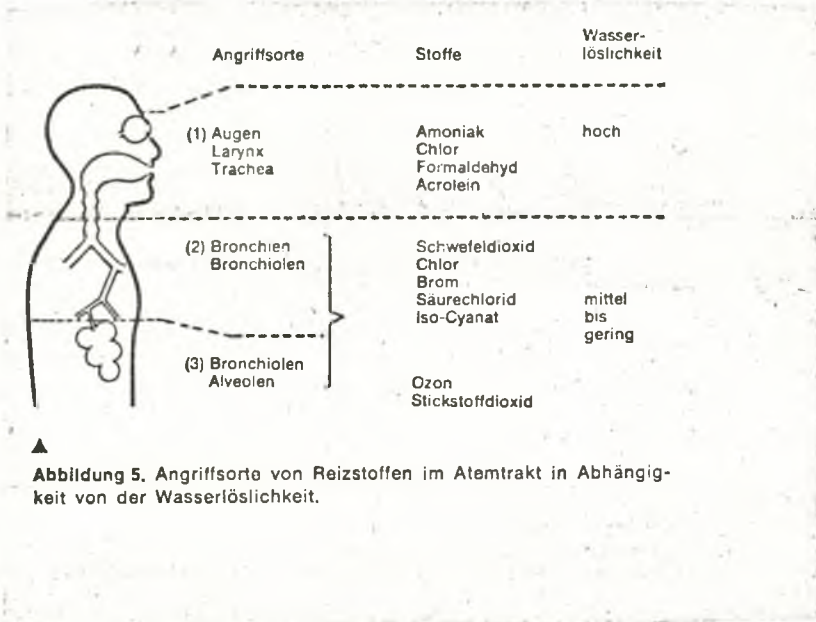
**Abbildung 2.** Diagramm Emissions- bzw. Immissionsverminderung-Kostenfolge.



**Abbildung 3.** Beziehung zwischen Dosis und Wirkung für Luftfremdstoffe.



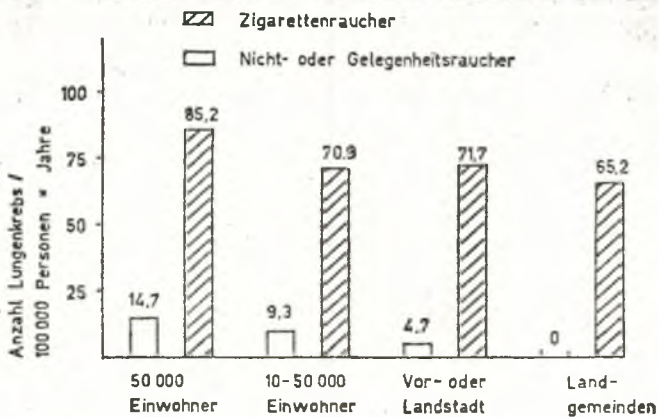
**Abbildung 4.** Schnitt durch einen subpleuralen Teil der menschlichen Lunge. Vergrößerung 26fach.



▲ **Abbildung 5.** Angriffsorte von Reizstoffen im Atemtrakt in Abhängigkeit von der Wasserlöslichkeit.

**Abbildung 6.** Toxikologisch relevante Schadstoffkomponenten in Motorenabgasen.

Schadstoff	Eigenschaft
a) lokal am Ort des Kontaktes wirkend Kohlenwasserstoffe allg. ungesättigte Kohlenwasserstoffe  polyaromatische Kohlenwasserstoffe Staub, Russ  Aldehyde Stickstoffdioxid	Geruchsträger Mitverursacher von photochemischem Smog krebserzeugend oder krebserzeugend Träger von anderen toxischen Stoffen, Behinderung der natürlichen Selbstreinigung der Lunge Reizstoffe für Augen und Atemwege Reizstoff, der vor allem die tieferen Strukturen der Lunge angreift
b) erst nach Aufnahme ins Blut und Verteilung im Körper wirkend Kohlenmonoxid Bleiverbindungen	Beeinträchtigung des Sauerstofftransportes Wirkung auf verschiedene Organsysteme, u. a. Blutbildung, Nerven- und Nierenfunktion



▲ **Abbildung 7.** Häufigkeit von Lungenkrebs bei Nichtrauchern und Zigarettenrauchern in Gross-, Mittel- und Kleinstädten sowie auf dem Lande (nach Hammond E. C. und Horn D., J. Am. Med. Ass. 166, 1301 [1958]).

**Abbildung 8.** Kohlenmonoxidkonzentrationen und entsprechende maximale Carboxyhämoglobinwerte (Einstellzeit 2 bis 9 Std., je nach Atemgrösse resp. körperlicher Tätigkeit).

CO-Konzentration in Luft ppm (= cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	entsprechender Carboxyhämoglobinwert COHb (%o)
10	1,6
20	3,2
30	4,8
40	6,4
50	8
75	12
100	15
250	36



Abbildung 9. Wirkungen von Kohlenmonoxid in niedrigen Dosisbereichen.

COHb (%)	Wirkungen	Bemerkung
0,4 %	keine	Normalwert
2— 5 %	leichte Konzentrationsstörungen (umstritten); Leistungsbeeinträchtigung von Angina-Pectoris-Patienten	längere Exposition bei 10—30 ppm
5—10 %	leichte Einschränkung des Visus; reduziertes Geburtsgewicht bei Schwangeren	Raucher, ca. 1 Päck- chen pro Tag
10—15 %	Arteriosklerose, Herzmuskelschädigung; allg. Herzklopfen, Unwohlsein, Kurzatmigkeit bei Anstrengungen	sehr starker Raucher, Raucher + Verkehrs- exposition

Subjektiv:	Schwächegefühl Appetitlosigkeit Müdigkeit Nervosität Tremor Übelkeit Abmagerung Kopfschmerzen	
	Magen-Darm-Symptome	Obstipation Magenbeschwerden Koliken
	Streckerschwäche Impotenz, Amenorrhöe	
Objektiv:	Blässe (enge Arteriolen); Gewichtsabnahme Erhöhte Ausscheidung von Delta-amino-Lävulinsäure Porphyrinurie (Koproporphyrin III) Obstipation	
	Blut	erhöhter Pb-Spiegel Serumbilirubin und Serumeisen evtl. leicht erhöht Anämie (basophil punktierte Erythrozyten)
	Knochenmark	basophil punktierte Erythroblasten zweikernige Erythroblasten evtl. gesteigerte Erythropoese
	Bleisaum Streckerschwäche Tremor	

Abbildung 10. Klinische Symptome der chronischen Bleivergiftung (nach Häufigkeit, Moeschlin).



Abbildung 11. Heute noch nicht nötig, in Zukunft hoffentlich auch nicht! (Illustration aus «Nebelspalter», Nr. 37, 1956, Zeichnung: A. M. Cay)

## Aus der Diskussionsrunde

*Gibt es Hinweise, dass sich die Senkung des Bleigehalts des Treibstoffes in der BRD positiv auswirkt?*

Wenn weniger Blei mit den Auspuffgasen ausgestossen wird, muss auch die Bleibelastung der Luft zurückgehen. Wie stark sich eine Reduktion des Bleigehaltes von 0,4 g/l Benzin auf 0,15 g/l auf die gesamte Bleibelastung der Bevölkerung auswirkt, ist *schwierig* abzuschätzen, da ja 50 bis 85 Prozent der menschlichen Bleibelastung nicht von den Automobilabgasen stammen.

Vorsichtige Schätzungen rechnen bei uns mit einer *Erhöhung des Sicherheitsfaktors* zu klinischen Krankheitserscheinungen von gegenwärtig 10 bis 20 auf 12 bis 25. Eine statistisch signifikante Verringerung des Blutbleispiegels bei der Allgemeinbevölkerung in der BRD dürfte in Anbetracht der grossen Schwankungsbreite der Werte *kaum nachzuweisen* sein.

*Nach Ihrer Aussage ist die Bleibelastung des Menschen zu etwa 15 Prozent auf Motorfahrzeuge zurückzuführen. Woher kommt der Rest?*

Auch in verkehrsfernen Gebieten enthält der Boden Blei in wechselnden Mengen (2 bis 200 ppm). *Pflanzliche Lebensmittel* haben daher einen natürlichen Bleigehalt (2 bis 6 ppm Trockensubstanz). *Tierische Lebensmittel* dagegen enthalten viel weniger Blei (etwa 0,16 ppm Trockensubstanz). Das *Trinkwasser* enthält gewöhnlich weniger als 10 µg/l Blei. Der Gehalt kann aber bei saurem und weichem Wasser unter Umständen erhöht sein. Schlechtes Geschirr und Konservenbüchsen können eine erhebliche Bleilässigkeit haben. Schliesslich sind auch *Bleifarben* sowie *Blei aus industriellen Quellen* zu erwähnen.

*Wie gross ist die Gefährdung durch Bleiablagerungen aus der Luft?*

Strassenstaub und Schmutz in Strassennähe enthalten mit 1000 bis 2000 ppm etwa 10- bis 50mal mehr Blei als gewöhnlicher Boden. In un-

mittelbarer Nachbarschaft stark befahrener Autostrassen werden *vor allem Pflanzenteile* mit grosser und rauher Oberfläche, wie Salatblätter und Gräser, aus der Luft kontaminiert, so dass bis zu 200 ppm Blei in der Trockensubstanz gefunden werden können.

Für den Menschen dürfte die *direkte Gefährdung gering sein*, ebenso für pflanzenfressende Nutztierc, die bis zu 50fach höhere Bleimengen als der Mensch schadlos ertragen. Die Kontamination von Gras und Heu in der Nachbarschaft von stark befahrenen Strassen weist aber eine *steigende Tendenz* auf, da das abgelagerte Blei nur langsam abtransportiert wird und ständig neuer bleihaltiger Staub hinzukommt.

*Welches ist der Kenntnisstand bezüglich Schwefelverbindungen in den Abgasen?*

Der Schwefelgehalt von Benzin ist *gering* und kann kaum zu Abgasproblemen führen. Auch beim gegenwärtigen Verbrauch von Dieseltreibstoff, der einen gewissen Schwefelgehalt aufweist, wird das Schwefelproblem neben Russ und Stickoxiden als nur *von untergeordneter Bedeutung* betrachtet. Hauptemissionsquelle für Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) sind nach wie vor die *privaten und industriellen Feuerungen*. SO<sub>2</sub> ist ein Reizgas, das leicht an Staub und Russ haftet und so «aufkonzentriert» in die Lunge gelangt. Durch Oxidation unter gewissen Bedingungen kann auch das *bedeutend korrosivere* SO<sub>3</sub> entstehen.

Die heutigen Immissionsrichtgrenzwerte der Eidg. Kommission für Lufthygiene bezwecken den *Gesundheitsschutz des Menschen*. Pflanzen sind jedoch *viel empfindlicher* als Menschen. Es konnte mehrfach gezeigt werden, dass diese Grenzwerte vor allem Nadelhölzer vor schädlichen Einwirkungen durch SO<sub>2</sub> nicht recht zu schützen vermögen. Bei der Diskussion über oxidative, katalytische Abgaskonverter bei Dieselmotoren sollte daher das *SO<sub>2</sub>/SO<sub>3</sub>-Problem nicht unberücksichtigt* bleiben.