

Aus dem Hygiene-Institut des Ruhrgebiets zu Gelsenkirchen  
(Direktor: Prof. Dr. J. Wüstenberg)

## Die Autoabgase und ihre Bedeutung für die menschliche Gesundheit<sup>1</sup>

Von *Carl Alexander Primavesi*

### *Zusammenfassung*

Es werden die durch die Autoabgase bedingten Immissionen, insbesondere Kohlenmonoxid, Blei und cancerogene Substanzen, hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Gesundheit des Menschen besprochen. Aus diesen Erörterungen ergibt sich die Notwendigkeit, Maßnahmen zur Verminderung der Abgasbelastung der Großstadtluft zu ergreifen. Die dafür in Frage kommenden Möglichkeiten werden besprochen.

### *Summary*

The importance of the influence of motor vehicles exhausts on the human health is discussed, especially immissions of Carbon Monoxide, Lead Compounds and Carcinogenic Agents. From this follows the necessity of taking precautions for diminishing the pollution of the urban air by motor exhausts. Possible solutions are discussed.

Die zivilisatorisch bedingten Luftverunreinigungen haben im wesentlichen drei Ursachen: die Industrie, den Hausbrand und die Autoabgase. Der jeweilige Anteil dieser drei Emittenten an der derzeitigen lufthygienischen Situation ist naturgemäß entsprechend den örtlichen Gegebenheiten sehr variabel. *Hettche* schätzt, daß die Industrie mit etwa 35%, der Hausbrand mit 42% und die Autoabgase mit 20% beteiligt sind. Andere Untersuchungen führen in einzelnen amerikanischen Großstadtzentren sogar die Luftverunreinigungen zu 60 bis 80% auf Autoabgase zurück.

Schon rein quantitativ stellen die Autoabgase also eine sehr bedeutungsvolle Verunreinigungsquelle dar, die unseres Erachtens gegenüber den industriell bedingten Emissionen bisher nicht genügend beachtet worden ist. Für unsere lufthygienischen Überlegungen ist außerdem wesentlich, daß der Ausstoß dieser Abgase nicht gleichmäßig über den Tag verteilt ist, sondern sich vorwiegend auf die verschiedenen Verkehrsspitzen konzentriert. Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß meteorologische Faktoren eine entscheidende Rolle spielen; durch Luftströmungen vertikaler und horizontaler Art kommt es zu einer Reinigung, andererseits bei der sogenannten Inversionslage zu einer Anhäufung der Verunreinigungen, die ein sehr unerfreuliches Ausmaß annehmen können.

<sup>1</sup> In Anlehnung an einen Vortrag, gehalten auf dem Kongreß «Gesundheit um jeden Preis», vom 28. II. bis 1. III. 64 in Pforzheim.

## Motorentypen

Abgegeben werden die Autoabgase von zwei Motorentypen, die bezüglich ihrer Abgase vom medizinischen Standpunkt aus sehr unterschiedlich zu beurteilen sind. Ottomotoren (Benzinmotoren) emittieren vor allem Kohlenmonoxid und unverbrannte Kohlenwasserstoffe, daneben auch Blei. Demgegenüber ist der Gehalt der Dieselabgase an CO sehr gering, praktisch zu vernachlässigen; auch unverbrannte Kohlenwasserstoffe treten in geringerem Umfange auf. Da Dieselöle nicht verbleit werden, tritt auch in den Auspuffgasen kein Blei auf. Stickoxide und Aldehyde finden wir bei beiden Motoren in den Abgasen, allerdings beim Dieselmotor in geringerem Umfange als beim Ottomotor. Dagegen ist die Rußbildung beim Dieselmotor größer.

Vom Standpunkt des Lufthygienikers aus gesehen verhält sich der Dieselmotor günstiger als der Ottomotor, allerdings nur unter der Voraussetzung, daß er optimal eingestellt ist. Ist das nicht der Fall, wird die sogenannte Rauchgrenze erreicht oder überschritten, so kommt es zum Ausstoß jener dicken schwarzen Rauchwolken, die wir leider gar nicht selten auf unseren Straßen sehen. Dieser Dieselruß enthält nicht nur gesundheitsschädliche Stoffe, er stellt auch eine akute Verkehrsgefährdung dar, da er die Sicht beeinträchtigt und die nachfolgenden Fahrzeuge wegen des unangenehmen Geruches zu Überholmanövern verleitet. Auch die schlecht gewarteten Zweitaktmotoren, die eine blaue Ölfahne aus Milliarden feinsten lungengängiger Öltropfen hinter sich herziehen, spielen eine besondere Rolle als Luftverschmutzer.

## Die Komponenten der Abgase und ihre Wirkung auf die Gesundheit

### A) Kohlenmonoxid

Wenn wir nun die einzelnen Komponenten der Abgase, die in gesundheitlicher Hinsicht von Bedeutung sind, betrachten, so wäre an erster Stelle das Kohlenmonoxid zu erwähnen, das einen hohen Prozentsatz der Abgase ausmacht. Dieses geruchlose, sehr giftige Gas ist dem Mediziner als Ursache akuter, auch tödlicher Vergiftung seit langem bekannt. Immer wieder wird über derartige tödliche Vergiftungen durch Leuchtgas oder durch Autoabgase als sogenannter Garagentod berichtet.

Die toxische Wirkung des COs beruht darauf, daß dieses Gas sich sehr eng und sehr fest mit dem Hämoglobin verbindet und dieses damit für seine eigentliche Aufgabe, den Sauerstofftransport im Körper, unbrauchbar macht. Daher kommt es bei einer massiven CO-Vergiftung zum Tod durch innere Erstickung. Darüber hinaus ist CO aber auch noch ein Gewebe- und Fermentgift.

CO wird praktisch ausschließlich durch die Autoabgase in die Atmosphäre gebracht; andere CO-Emittenten, etwa industrieller Herkunft, existieren nicht bzw. spielen quantitativ keine Rolle. In den Abgasen der Ottomotoren ist der Gehalt an Kohlenmonoxid variabel und liegt zwischen 4 und 7 %; er kann ma-

ximal auf etwa 13 % ansteigen. Die emittierte Menge ist weitgehend abhängig von dem Zustand des Motors. Wie bereits erwähnt, geben Dieselmotoren in ihren Abgasen praktisch kein CO ab.

Nun kommt es glücklicherweise nach dem Austritt des Kohlenmonoxids aus dem Motor sehr schnell zu einer weitgehenden Verdünnung, so daß normalerweise akut gefährdende Konzentrationen auf unseren Straßen nicht auftreten, trotz der ungeheuren Mengen, die täglich in die Atmosphäre abgegeben werden. Außerdem hat das Kohlenmonoxid eine sehr erfreuliche physikalische Eigenschaft: es ist leichter als Luft, zieht also nach oben ab.

Aber unter ungünstigen Verhältnissen an Verkehrsknotenpunkten und an Kreuzungen bei Windstille und sehr hoch reichender Bebauung können sich die Auspuffgase mit ihren Kohlenmonoxidkonzentrationen doch erheblich anreichern. So hat man in Paris an derartigen Stellen CO-Konzentrationen von 100 ppm gemessen, und im Ruhrgebiet wurden sogar vereinzelt Maximalwerte über 200 ppm CO gemessen. Personen, die in derartig stark mit Kohlenmonoxid belasteten Gebieten ihre Diensttätigkeit ausüben müssen, wie Verkehrspolizisten oder Grenzbeamte, sind zweifellos in gesundheitlicher Hinsicht gefährdet.

*Effenberger* hat an Grenzübergängen durchschnittliche CO-Konzentrationen der Luft von 130 ppm mit Spitzenwerten von 220 ppm gemessen. Es ist auch dem Nichtmediziner einleuchtend, daß Personen, die einen Arbeitstag lang in einer derartig belasteten Luft tätig sein müssen, mit Beschwerden wie Kopfschmerzen, Müdigkeit, Appetitlosigkeit, Schwindelgefühl reagieren. Blutuntersuchungen am Schluß des Dienstes ergaben bei dem genannten Personenkreis einen durchschnittlichen CO-Hb-Gehalt von 10 % mit Höchstwerten von 14 %. Ähnliche Befunde hat man auch bei Verkehrspolizisten erhoben mit maximal 18 % CO-Hb.

Übrigens bedingt auch das Rauchen eine durchaus beachtliche Aufnahme von CO, vor allem wenn der Rauch inhaliert wird. Dabei kann ein starker Raucher ohne weiteres einen Gehalt an CO-Hb von 5 bis 10 % erreichen (*Effenberger*).

Für eine objektive Bewertung der CO-Belastung unserer Großstädte muß man allerdings bedenken, daß die geschilderten Befunde Ausnahmen darstellen, die unter besonders ungünstigen Bedingungen gemessen wurden. Im allgemeinen liegen die CO-Konzentrationen innerhalb der Großstadtzentren um 15 ppm. *Georgii* fand in Frankfurt im Bereich des Hauptbahnhofes Werte von 18 ppm; in der gleichen Größenordnung lagen auch die von *Hettche* gemessenen Werte in Hamburg. Bemerkenswert ist allerdings noch, daß die CO-Belastung im Laufe der letzten Jahre einen dauernden, wenn auch geringfügigen Anstieg entsprechend der Zunahme der Motorisierung zeigte; in Los Angeles betrug dieser Anstieg etwa 1 ppm pro Jahr.

Der bei uns neben dem Hygiene-Institut Gelsenkirchen aufgestellte Ultra-rotabsorptionsschreiber zeigt normalerweise CO-Werte zwischen 2 und 6 ppm an, die lediglich bei sehr starkem Autoverkehr geringfügig überschritten wer-

den. Werte dieser Größenordnung dürften sich unseres Erachtens toxikologisch noch nicht auswirken. Eine Gefahr durch CO besteht aber im Bereich von Verkehrskonzentrationen und Stauungen und natürlich auch beim Kolonnenfahren, wenn die Abgase der vorherfahrenden Fahrzeuge in den Personenraum des nachfolgenden eindringen. Noch erheblich erhöht wird naturgemäß die Gefahr einer CO-Intoxikation dann, wenn der Fahrer viel und hastig raucht. Da die ersten Symptome der CO-Vergiftung in Ermüdungserscheinungen und Nachlassen der Reaktionsgeschwindigkeit bestehen, wird dadurch auch die Gefahr von Unfällen provoziert. Mancher unerklärlich erscheinende Unfall könnte Folge einer derartigen CO-Vergiftung sein.

Neuere tierexperimentelle Untersuchungen von *Malorny, Fodor* und *Pomp* haben gezeigt, daß durch CO-Konzentrationen von 250 ppm die Schwimmleistung von Ratten um 50 % vermindert wird, und daß bei Mäusen bereits durch Konzentrationen von 55 ppm die Muskelleistung um 30 % abfällt.

### B) Blei

Besonders umstritten in ihrer gesundheitlichen Bedeutung ist die Bleibeimengung der Auspuffgase. Blei stellt ein altbekanntes, in seinen Auswirkungen besonders gründlich studiertes Gewerbegift dar. Es ist ubiquitär, so daß der Mensch täglich mit seiner Nahrung Blei in geringen Mengen aufnimmt und auch wieder ausscheidet; dabei bleibt der Bleigehalt des Körpers in etwa konstant. Erst wenn so große Mengen Blei aufgenommen werden, daß der Körper sie nicht mehr zu eliminieren vermag, kommt es zur Bleivergiftung, die übrigens heute dank der modernen Überwachungsmaßnahmen selten geworden ist.

Zwar wird auch bei der Verbrennung von Holz und Kohle Blei in die Luft gebracht, aber die Auspuffgase stellen zweifellos die entscheidende Bleiquelle für die Luft dar. Ursache für diese Bleiemission ist die heute allgemein übliche Verbleiung der Benzine durch das Bleitetraäthyl, bekannt unter dem Namen « Äthylfluid ». Dieses Bleitetraäthyl ist eine toxikologisch sehr gefährliche Substanz; daher hat es bei der Verbleiung der Benzine früher Vergiftungen – auch mit tödlichem Ausgang – gegeben. Man muß also bei der Handhabung derartig verbleiteter Benzine eine gewisse Vorsicht walten lassen und das Einatmen und die Hautbenetzung möglichst vermeiden; das ist jedem Tankstellenmann bekannt. Man muß auch konzedieren, daß es heute bei diesem Personenkreis akute Bleivergiftungen nicht mehr gibt.

Das dem Benzin als Antiklopffmittel zugesetzte Blei bedingt, daß mit den Auspuffgasen ein Bleiaerosol abgegeben wird. Dabei handelt es sich vorzugsweise um Bleichloride und -bromide, die in ihrer Teilchengröße bei 0,68 bis 2,70  $\mu$  liegen, also lungengängig sind. Die Tatsache, daß das Blei durch die Lungen resorbiert wird, verdient besondere Hervorhebung, da die pulmonale Bleiaufnahme sich wegen der fehlenden Entgiftungsfunktion der Leber toxikologisch gesehen etwa zehnmal stärker auswirkt als die perorale.

Selbstverständlich wird das emittierte Bleiaerosol sehr schnell und sehr stark verdünnt; aber der Bleigehalt der Luft in unseren Großstädten liegt deutlich höher als in ländlichen Gebieten. Die angegebenen Werte sind naturgemäß sehr unterschiedlich, entsprechend der Belastung der Luft mit Abgasen. In einer amerikanischen Großstadt sollen zur Zeit des Spitzenverkehrs 120 Gamma Blei/m<sup>3</sup> gefunden worden sein; im allgemeinen werden bei amerikanischen Städten mit starkem Automobilverkehr 30 bis 40 Gamma/m<sup>3</sup> angegeben. In der Luft unserer Großstädte liegt der Bleigehalt normalerweise bei einigen Gamma/m<sup>3</sup>; unsere eigenen Untersuchungen im Bereich des Gelsenkirchener Hygiene-Instituts ergaben Werte zwischen 0,5 bis 3 Gamma/m<sup>3</sup>. Auch die von *Dubrowskaja* aus Rußland angegebenen Werte schwanken um einige Gamma/m<sup>3</sup>. Offenbar kann aber doch der Bleigehalt im Bereich von Verkehrsballungen – vor allem bei Windstille – plötzlich einen akuten erheblichen Anstieg erfahren.

Berichte aus der Schweiz geben den Bleigehalt der Luft heute im allgemeinen unter 5 Gamma/m<sup>3</sup> an. Wegen der möglichen Vergiftungsgefahr durch Treibstoffblei bestand hier bis zum Jahre 1947 ein Verbot, gebleites Benzin zu verwenden. Dieses Verbot ist inzwischen aufgehoben, da man auf Grund der Messungen des Bleigehaltes in der Luft und im Straßenstaub zu dem Ergebnis kam, daß eine Vergiftung nicht zu befürchten sei.

Zweifellos liegen die angeführten Bleikonzentrationen noch unterhalb der toxischen Grenzen; der MAK-Wert (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration) ist bei uns in Deutschland auf 150 Gamma/m<sup>3</sup> Luft festgelegt. Allerdings darf man diesen MAK-Wert nicht als bindend für lufthygienische Untersuchungen ansehen, da er ja für eine zeitlich begrenzte Bleiexposition am Arbeitsplatz gedacht ist. Den Mediziner stimmt diese über Jahrzehnte sich hinwegziehende Inhalation – wenn auch geringer Bleimengen – daher doch bedenklich, um so mehr, als wir ja durch die dauernde Zunahme der Motorisierung mit einer Verstärkung dieser Bleibelastung rechnen müssen.

Beim gesunden Menschen finden wir etwa 20 bis 30 Gamma Blei in 100 ccm Blut. Als Grenzwert für Blei im Blut – soweit man einen solchen überhaupt zahlenmäßig festlegen kann – sehen wir 50 bis 60 Gamma Blei/100 ccm an. Derartige Werte erreichen wir auch bei Menschen, die den Auspuffgasen besonders stark ausgesetzt sind, nicht. Aber nach *Hofreuter* haben Städter mit durchschnittlich 20 Gamma/100 ccm Blut einen höheren Blutbleispiegel als die Landbevölkerung mit durchschnittlich 14 Gamma/100 ccm Blut. Auch auf Grund unserer eigenen Bleibestimmungen im Blut haben wir den Eindruck, daß der durchschnittliche Bleigehalt gesunder Menschen im Laufe der letzten Jahre leicht angestiegen ist, obwohl er natürlich noch weit unter dem Grenzwert liegt. Es erhebt sich die Frage, ob wir mit der Zunahme der Motorisierung nicht eines Tages doch kritische Werte erreichen werden.

Auch tierexperimentelle Untersuchungen stützen die Bedenken des Mediziners. So konnte *Gusev* bei Kaninchen mit einem Bleiaerosol von 10 Gamma/m<sup>3</sup>

bei täglich sechsstündiger Einwirkung nach 6½ Monaten Erscheinungen einer Bleivergiftung, objektiviert durch die Laboratoriumsuntersuchungen, hervorgerufen. Man wird diese Versuche nicht ohne weiteres auf den Menschen übertragen können, aber sie mahnen doch zur Vorsicht. Zweifellos birgt die Verbleiung des Benzins, selbst wenn man sie in ihren Auswirkungen zur Zeit noch als tragbar ansieht, eine Gefahr, wenn die Zunahme der Motorisierung in dieser Form weitergeht.

### C) Cancerogene Substanzen

Weiterhin müssen hier die cancerogenen Substanzen erwähnt werden, vor allem die Benzpyrene und die Anthrazene. Nach den Feststellungen von *Hettche* enthält 1 g Dieselruß etwa 1 Gamma 3,4-Benzpyren, 1 g Ruß aus einem Benzinmotor dagegen 200 Gamma. Auch bezüglich dieser Komponente verhält sich also der Dieselmotor vom lufthygienischen Standpunkt aus günstiger, allerdings unter der Voraussetzung einwandfreier Wartung.

Die Frage, ob die genannten Substanzen für die Zunahme der Lungenkarzinome in den letzten Jahrzehnten verantwortlich sind, wird gerade zur Zeit sehr lebhaft diskutiert. Es ist eine Tatsache, daß man mit diesen Substanzen bei der weißen Maus experimentell einen Hautkrebs (Sarkome und Karzinome) hervorrufen kann; dagegen ist es bis heute nicht gelungen, im Experiment durch Inhalation von Abgasen bei den Versuchstieren einen Lungentumor zu erzeugen, es sei denn, durch Einschaltung besonderer Kunstgriffe wie etwa eine vorhergehende Infektion mit Influenzaviren. Ein wesentliches Argument für den Zusammenhang ist, daß die Häufigkeit der Lungenkarzinome bei den Stadtbewohnern erheblich höher liegt als bei den ländlichen Bewohnern; das gilt auch dann, wenn man bei beiden Kollektiven lediglich die Nichtraucher vergleicht. Neuerdings wird allerdings von *Ferrari* darauf hingewiesen, daß auch in Venedig, das keiner wesentlichen Luftbelastung durch Auspuffgase ausgesetzt ist, die Zahl der Lungenkarzinome die gleiche Zunahme zeigt. Das gleiche gilt für Finnland.

Die Konzentrationen an polyzyklischen Kohlenwasserstoffen, die in der Großstadtluft gemessen wurden, sind unterschiedlich. In den USA wird von 30 Gamma/1000 m<sup>3</sup> gesprochen, in Lüttich wurden Werte von maximal 360 Gamma und in Bologna von 200 Gamma beobachtet. Nach den Untersuchungen von *Hettche* lagen die Werte in Hamburg im Winter bei 330 Gamma/1000 m<sup>3</sup>. Erfreulicherweise wird das Benzpyren durch UV-Licht, also auch durch die Sonnenbestrahlung, zerstört. Dadurch erklärt sich sehr leicht die Tatsache, daß im Sommer die Werte wesentlich niedriger liegen als im Winter. So fiel der bereits erwähnte Wert aus Bologna mit 200 Gamma/1000 m<sup>3</sup> im Sommer auf 6 Gamma/1000 m<sup>3</sup> ab.

Einen experimentellen Beweis für den Zusammenhang zwischen Autoabgasen und Lungenkarzinomen gibt es also nicht; es sind lediglich die statisti-

schen Erhebungen mit ihren bekannten Fehlermöglichkeiten, die einen Hinweis geben. Mit absoluter Sicherheit ist daher die Frage in der augenblicklichen Situation nicht zu klären; immerhin muß man jedoch die Möglichkeit, wenn nicht die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenhanges in Betracht ziehen.

Bei einer Erörterung über das Lungenkarzinom muß natürlich auch das Zigarettenrauchen erwähnt werden. Auch im Zigarettenrauch können wir diese cancerogenen Substanzen, insbesondere wieder die Benzpyrene, nachweisen. Die Untersuchungen von *Hammond* und *Horn* (USA) haben gezeigt, daß die Sterblichkeit an Lungenkrebs bei den Rauchern wesentlich höher liegt als bei Nichtrauchern. Wenn man bedenkt, daß die Entstehung eines Karzinoms, unabhängig von den vielen anderen Faktoren, die hier eine Rolle spielen, von der Menge der cancerogenen Substanzen abhängig ist, so erscheint mir das Zigarettenrauchen im Industriegebiet von besonderer gesundheitlicher Bedeutung insofern, als auf die schon lufthygienisch bestehende Belastung mit karzinogenen Substanzen noch eine weitere durch den Tabakrauch aufgepfropft wird. Angesichts der sehr widersprechenden Auffassungen erscheint es dringend erforderlich, die Frage nach der Belastung der Großstadtluft mit cancerogenen Substanzen und deren Auswirkung auch in unseren Städten einer weiteren wissenschaftlichen Bearbeitung zu unterwerfen.

#### *D) Verschiedene Kohlenwasserstoffe*

Wir finden weiter in den Autoabgasen ein ganzes Spektrum verschiedener Kohlenwasserstoffe, unter denen vor allem Acetylen, Olefine, Paraffine und Naphthene sowie Aromaten wie Benzol und Toluol erwähnt seien. Zum Teil gewinnen diese Stoffe eine besondere Bedeutung dadurch, daß sie sich unter dem Einfluß des Sonnenlichtes chemisch umsetzen, wobei Ozon und Peroxide entstehen, die eine erhebliche Reizwirkung auf die Schleimhäute der Augen und des Respirationstraktes ausüben. Das gleiche gilt auch für die Aldehyde, die in unterschiedlicher Menge, abhängig von Vergasereinstellung und Motorbelastung, emittiert werden. Bekannt und berüchtigt sind die durch diese Abgaskomponenten auftretenden Augenreizungen in Los Angeles.

#### *E) Schwefelverbindungen*

Die Schwefelverbindungen in den Auspuffgasen kann man vernachlässigen, denn der Schwefelgehalt der Benzine und Dieselöle wird bewußt sehr niedrig gehalten, da Schwefeldioxid und -trioxid zu Korrosionserscheinungen an Metallen führen. Im Benzin dürfte der Höchstgehalt an Schwefel bei 0,05 % liegen, im Dieselöl etwas höher. Somit sind auch die Mengen an  $\text{SO}_2$  in den Abgasen sehr gering. Gegenüber den  $\text{SO}_2$ -Mengen, die von der Industrie in die Luft abgegeben werden und die bekanntlich sehr hoch sind, spielt das von den Verbrennungsmotoren abgegebene  $\text{SO}_2$  kaum eine Rolle.

### *F) Stickoxide*

Bei den Stickoxiden, die in verschiedener Form auftreten, handelt es sich um hochgiftige Substanzen, die Blutgifte darstellen. Besonders wichtig ist das NO<sub>2</sub>, ein unangenehm riechendes rotbraunes Gas, das mit Wasser salpetrige Säure bildet, die die Schleimhäute der Atemwege angreift und bis zum Lungenödem führen kann. Dieses NO<sub>2</sub> ist auch beteiligt an dem berüchtigten gelbbraunem Smog in Los Angeles.

Glücklicherweise enthalten die Auspuffgase nur geringe Mengen dieser Stoffe; beim Leerlauf und bei schwacher Belastung ist der Stickoxidgehalt so gering, daß er unterhalb der Nachweisgrenze liegt. Bei stärkerer Belastung steigt er jedoch an und kann maximal 0,5 % in den Auspuffgasen erreichen.

### *G) Staub*

Es ist selbstverständlich, daß durch den Autoverkehr auch die Staubbelastung der Luft erhöht wird; so finden wir in den Hauptverkehrszeiten, also etwa von 08.00 bis 10.00 und von 17.00 bis 18.00 Uhr, deutlich erhöhte Schwebstaubwerte in der Großstadtluft.

Dieser Staub hat auch für den Motor selbst eine Bedeutung insofern, als er die Luftfilter belastet und gegebenenfalls bei unzureichender Wartung verstopft, wodurch dann, besonders ausgeprägt bei Dieselmotoren, die Abgasverhältnisse ungünstiger werden.

Der Kraftfahrzeugverkehr wirbelt den vorhandenen Straßenstaub auf; er erzeugt aber auch selbst Staub durch den Abrieb der Reifen und der Straßendecke. Daß der Staubgehalt der Luft von einer bestimmten Konzentration an und bei entsprechend langer Einwirkungszeit zu einer Reizung der Atemwege bis zur chronischen Bronchitis führen kann, ist bekannt. Außerdem kann der Staub sich mit toxischen Substanzen, etwa SO<sub>2</sub>, beladen und damit Gase in die tieferen Atemwege hereinbringen. Es erhebt sich aber auch die Frage, ob dieser Abrieb nicht auch eine cancerogene Wirkung haben könnte, denn es läßt sich darin Benzpyren, wenn auch in geringer Konzentration, nachweisen. Bisher haben wir allerdings keinen Anhaltspunkt dafür, daß Asphaltstraßen unsere Gesundheit gefährden.

## **Die Problematik präventiver Maßnahmen**

Es sind also verschiedene und sehr unterschiedlich zu beurteilende Substanzen, die mit den Auspuffgasen in die Atmosphäre gelangen und auf den menschlichen Organismus einwirken. Grundsätzlich bedingen diese Auspuffgase eine mehr oder minder ausgeprägte Belästigung. Ob es zu einer Gesundheitsschädigung kommt, ist letzthin eine Frage der Konzentration und der Einwirkungszeit.

Welche Krankheitserscheinungen grundsätzlich auftreten können, wurde bei der Besprechung der einzelnen Substanzen bereits erörtert. Dabei ist aber

noch zu berücksichtigen, daß die toxischen Eigenschaften der einzelnen Noxen sich nicht nur addieren, sondern wahrscheinlich sogar potenzieren, d. h. der Gesamteffekt der giftigen Substanzen ist stärker, als es der Summe der Einzelwirkungen entspricht.

Es ist einleuchtend, daß die Beurteilung und Erfassung einer chronischen Vergiftung wesentlich schwieriger ist als die einer akuten. Bei den letzteren Vergiftungsformen kann die Erkrankung im Tierversuch experimentell nachgeahmt und studiert werden. Wenn aber eine Gifteinwirkung sich über Jahrzehnte oder gar über das ganze Leben hinzieht und zudem dabei noch verschiedene Gifte einwirken, dann sind diese Auswirkungen naturgemäß sehr schwer zu übersehen; eine experimentelle Bearbeitung im Tierversuch ist aber völlig unmöglich.

Daß die Autoabgase in der Konzentration, wie sie in unseren Stadtzentren auftreten, die lebende Zelle schädigen können, beweisen uns auch die Schäden an der Vegetation. *Hettche* hat über derartige Schäden im Hamburger Stadtgebiet berichtet, und in Paris und London wurden ähnliche Beobachtungen gemacht. Es trat Kümmerwuchs auf, und die Blütenbildung kam nicht zur Entwicklung. Besonders empfindlich waren Petunien, die man also geradezu als einen Indikator für die Abgasbelastung einer Straße verwenden könnte. In Kalifornien schätzt man den durch Autoabgase bedingten Schaden an der Vegetation auf jährlich 8 Millionen.

Es wird manchmal, um die Bedeutung der Luftverunreinigungen abzuschwächen, argumentiert, daß der Mensch in der heutigen Zeit einer Fülle von Giftstoffen ausgesetzt sei und sich darüber hinaus noch bewußt mit Genußmitteln Gifte zuführe. Die Folgerung, die der Arzt aus dieser Tatsache zieht, ist eine genau entgegengesetzte, nämlich die, daß gerade deshalb alle nur eben vermeidbaren Giftquellen beseitigt werden müssen.

Die Notwendigkeit, die verkehrstechnisch bedingten Luftverunreinigungen zu bekämpfen, bedarf in der derzeitigen Situation schon keiner Begründung mehr; es kommt hinzu, daß die Zahl der Kraftfahrzeuge eine dauernde Zunahme zeigt und auch weiterhin zeigen wird. Im Jahre 1960 betrug die Zahl der Kraftfahrzeuge 4,3 Millionen; man schätzt, daß diese Zahl bis zum Jahre 1963 auf 8,3 Millionen und bis 1970 auf 13 Millionen ansteigen wird. Diese Entwicklung ist Ausdruck unserer Zivilisation; es wäre weltfremd, auch nur den Versuch zu machen, sie rückläufig zu beeinflussen. Geht aber diese Motorisierung weiter, ohne daß entsprechende Maßnahmen ergriffen werden, so werden die lufthygienischen Verhältnisse in unseren Städten untragbar werden. Man schätzt, daß dieser Zustand in den kalifornischen Großstädten bereits 1970 erreicht sein wird, wenn keine entsprechenden Maßnahmen getroffen werden. Auch in unseren Städten werden wir die tragbaren Grenzen erreichen oder überschreiten, so daß Gesundheitsschädigungen unvermeidlich sind. Daß wir unter ungünstigen Gegebenheiten dieser Situation schon recht nahe sind, wird jeder Kraftfahrer selbst schon empfunden haben. Eine Wochenendfahrt auf der Autobahn bei

Verkehrsstockungen, die ein stundenlanges Inhalieren einer abgasgeschwängerten Luft mit sich bringt, stellt sicher nicht mehr den zuerst vorgesehenen Erholungsfaktor dar.

Der Vorschlag, unseren gesamten Kraftfahrzeugverkehr auf Elektrofahrzeuge umzustellen, wird sich aus technischen und wirtschaftlichen Gründen kaum realisieren lassen. Selbstverständlich wäre das die Ideallösung. Der Ingenieur, der ein derartiges Elektrofahrzeug entwickeln würde, das technisch und wirtschaftlich unseren derzeitigen Benzinfahrzeugen gleichwertig wäre, gehörte sicher zu den großen Wohltätern der Menschheit.

Auch die Umstellung auf Propangas, bei dem die Auspuffgase frei von giftigen Stoffen sind, wird sich kaum in größerem Umfange verwirklichen lassen; bei Autobussen innerhalb des Stadtverkehrs sollte man diesen Treibstoff erproben.

Vorläufig werden wir uns aber wohl mit dem Problem der Entgiftung der Autoabgase befassen müssen. Grundsätzlich sind technisch die Möglichkeiten für eine Entgiftung der Abgase gegeben, wenngleich eine Weiterentwicklung noch unumgänglich ist. Selbstverständlich wird der Einbau derartiger Apparaturen mit erheblichen wirtschaftlichen Belastungen verbunden sein. Auf weite Sicht gesehen, wird es sich aber nicht vermeiden lassen, Filter- oder Nachverbrennungsanlagen für die Auspuffanlagen obligatorisch zu machen und die dabei anfallenden Kosten zu übernehmen.

Weiterhin müssen unsere Fahrzeuge nicht nur unter dem Gesichtspunkt der Verkehrssicherheit konstruiert werden, sondern auch unter dem Gesichtspunkt einer möglichst geringen Emission von Auspuffgasen. Leider zwingt die derzeitige Art der Besteuerung nach dem Hubraum die Konstrukteure dazu, aus möglichst geringem Hubraum eine große Leistungsfähigkeit herauszuholen, wobei besonders ungünstige Verhältnisse hinsichtlich der Auspuffgase resultieren. Eine entsprechende Änderung der Gesetzgebung wäre dringend zu wünschen.

Auch sonst wären einige konstruktive Änderungen an unseren Fahrzeugen vom Standpunkt des Hygienikers aus erstrebenswert. Bei der derzeitigen Konstruktionsform ist das Auspuffrohr einige Dezimeter vom Erdboden entfernt, so daß gerade Kinder und Kleinkinder den Auspuffgasen besonders intensiv ausgesetzt sind. Es wäre wesentlich günstiger, wenn die Auspuffgase, wie man es gelegentlich bei Lastwagen schon sieht, am Dach des Fahrzeuges nach oben hin abgeleitet würden. Mit einer derartigen Umkonstruktion würde man auch erreichen, daß bei dem heute so häufigen Kolonnenfahren die Abgase des vorfahrenden Fahrzeuges nicht direkt in die Klimaanlage des folgenden Wagens hineinblasen würden.

Als besonders bedauerlich empfindet es der Hygieniker, daß von einem nicht geringen Teil der Fahrzeuge auf unseren Straßen die Luft weit über das unvermeidbare Maß hinaus verschmutzt wird. Immer wieder sieht man derartige schlecht eingestellte oder gewartete qualmende Fahrzeuge, die Diesellaster mit einer dichten schwarzen Rußwolke oder die Zweitakter mit einer blauen Öl-

wolke. Hier ist es erforderlich, daß sich der Gesetzgeber einschaltet. Derartige Fahrzeuge müssen von unseren Straßen verschwinden; sie müssen von der Polizei beanstandet werden, ebenso wie die Fahrzeuge, die den verkehrssicherheitslichen Bestimmungen nicht genügen.

Schon vom Werk aus und später bei der Inspektion soll der Automotor nicht nur auf maximale Leistung, sondern auch auf möglichst geringe Emission der Auspuffgase eingestellt werden. Leider sind bislang unsere Werkstätten, wie die Untersuchungen von *Luther* gezeigt haben, vielfach nicht in der Lage, eine derartige optimale Motoreinstellung vorzunehmen. Eine entsprechende technische Schulung des Personals ist also die erste Voraussetzung. Wenn es aber gelingt, dieses Ziel einer optimalen Motoreneinstellung zu erreichen, so würde das eine merkbare Reduzierung der Luftbelastung mit Autoabgasen bedeuten.

Auch der Ausbau unseres Straßennetzes stellt eine lufthygienische Maßnahme dar, wenn dadurch Fahrzeugstauungen verhindert werden, die bekanntlich höhere Emissionen und eine Anreicherung der Abgase bedeuten. Durch den Ausbau von Umgehungsstraßen kann die an sich schon hohe Belastung des Stadttinneren vor der zusätzlichen Belastung durch den Fernverkehr bewahrt werden. Sehr zu begrüßen wäre die Sperrung einzelner Verkaufsstraßen im Stadtzentrum für den Autoverkehr (mit Ausnahme der unbedingt notwendigen Transportfahrten). Auch für den Autofahrer selbst bedeutet das nur ein Positivum; er wird gezwungen, für seine Einkäufe einen kleinen, ihm gesundheitlich nur zu empfehlenden Spaziergang zu machen.

Für unbedingt erforderlich halten wir es, daß mehr als bisher Messungen über die Luftverunreinigung durchgeführt werden. Es sollte selbstverständlich sein, daß jede Stadt den CO-Pegel ihrer Luft fortlaufend mit einem automatisch registrierenden Gerät mißt, nicht nur, um den augenblicklichen Stand zu erfassen, sondern auch, um im Verlauf der Monate oder Jahre Zunahme oder Abnahme zu erfassen. Diese Zahlen werden dem Gesetzgeber bei der Festlegung der Maßnahmen eine außerordentliche Hilfe sein.

Daß auch weitere Forschungsarbeit auf diesem Gebiet unerlässlich ist, braucht nicht besonders betont zu werden. Dann werden wir auch soweit kommen, daß für die einzelnen Komponenten der Abgase MIK-Werte festgelegt werden können, die wiederum dem Gesetzgeber die Entscheidung über erforderliche Maßnahmen erleichtern würden.

Es ist nicht so, daß wir die durch Autoabgase bedingten Luftverunreinigungen resigniert als schicksalhaft hinnehmen müssen. Bisher ist auf diesem Sektor nichts getan worden, um eine Besserung zu schaffen, ja ich möchte sagen, daß geradezu mutwillig die Luft mit Abgasen verschmutzt wird. Hier liegt im Gegenteil ein Arbeitsgebiet vor uns, auf dem sich innerhalb kürzester Zeit bemerkenswerte Erfolge erzielen ließen.

Auf diesem Gebiet zeigt sich aber auch besonders eindringlich, daß die technische Entwicklung heute auch aus der ärztlichen Sicht heraus kontrolliert wer-

den muß, um Gesundheitsschädigungen zu vermeiden. Die zivilisatorisch bedingte Luftbelastung hat bereits die Grenze des Tragbaren erreicht. Es ist müßig, darüber zu streiten, wer von den drei Hauptemittenten – Industrie, Hausbrand und Autogase – die stärksten Verschmutzungen bedingt. Wesentlich ist, daß bei allen drei Emittenten die lufthygienische Arbeit einsetzt. Gerade auf dem Gebiet der Motorenabgase haben wir durchaus erfolgversprechende Möglichkeiten, zu einer Besserung der lufthygienischen Situation in unseren Städten beizutragen.

#### *Literaturverzeichnis*

- Baader E. W.:* Die chronische Kohlenoxydvergiftung, Dtsch. med. Wschr. 691 (1952).  
*Cannon H. L. und J. M. Bowles:* Verunreinigung der Vegetation durch Bleitetraäthyl. Science 137, 765 (1962).  
*Dubrowskaja F. J.:* Die Verunreinigung der Stadtluft durch den Autoverkehr bei Verwendung von äthyliertem Benzin. Gigiena i Ssanitarija (Moskau) 25, 4, 15 (1960).  
*Effenberger E.:* Gefährdung der Beamten des Paßkontroll- und Zolldienstes an Grenzübergängen durch Auspuffgase. Z. Hygiene 145, 403 (1958).  
*Fatzer R.:* Bleistaub und Bleiaerosol in unserer Atemluft – ein Beitrag zum Bleibenzinproblem. Luftverunreinigung 13 (1961).  
*Ferrari E.:* Der Bronchialkrebs in Venedig. Med. Welt 9, 457 (1963).  
*Georgii H. W.:* Die Belastung der Großstadtluft mit gasförmigen Luftverunreinigungen. Umschau 24, 757 (1963).  
*Georgii H.-W. und E. Weber:* Untersuchung der Kohlenoxyd-Immission in einer Großstadt. Int. J. Air Wat. Poll. Pergamon Press 6, 179 (1962).  
*Görlitz F.:* Über die lufthygienische Bedeutung der Umstellung der Eisenbahn-Triebfahrzeuge auf Diesel- und Elektroantrieb. Städtehyg. 14/3, 43 (1963).  
*Hettche, H. O.:* Gesundheit und Großstadtluft. Staub 21, 48 (1961).  
*Hettche H. O.:* Pflanzenschäden durch Kraftfahrzeugabgase. Städtehyg. 12, 238 (1960).  
*Hettche H. O.:* Vergleichende Betrachtung zur Belastung der Luft durch Ruß und Kohlenstoffverbindungen in der Bundesrepublik und anderen Ländern. Staub 23, 3, 136 (1963).  
*Hettche H. O.:* Zur Frage der Auswirkung von Bitumen und seinen Dämpfen auf die Gesundheit des Menschen. Städtehyg. 14/4, 65 (1963).  
*Kikuth W.:* Die biologische Wirkung von staub- und gasförmigen Immissionen. Forschungsbericht d. Arbeitsgemeinschaft f. Forschung des Landes NRW 119, 7 (1962).  
*Kleinau H.:* Kraftfahrzeugauspuffgase und Krebserkrankungen. Techn. Überwachg. 400 (1960).  
*Malorny G., G. Fodor und H. Pomp:* Wirkungen niedriger CO-Konzentrationen auf Spontanmotilität und Fluchtreaktion. Arch. exp. Path. Pharm. 246, 1, 23 (1963).  
*Neumann W.:* Forderungen der Humanmedizin an die Luftreinhaltung vom Standpunkt des Toxikologen. Staub 23, 3, 130 (1963).  
*Preis H.:* Die Verunreinigung von Luft und Staub durch Blei aus dem Autobenzin. Automobiltechn. Z. 59, 10, 304 (1957).  
*Primavesi C. A. und J. Wüstenberg:* Gesundheitliche Gefährdung in industriellen Ballungsräumen. Physik.-diätetische Therapie 7, 121 (1963).  
*Schlipköter H.-W., A. Brockhaus und R. Dolgner:* Das Problem der staubförmigen Luftverunreinigungen in medizinischer Sicht. Med. Welt 17, 937 (1963).  
*Ulmer W.T.:* Die Wirkung der Luftverunreinigung auf die menschliche Gesundheit. Staub 23, 3, 141 (1963).  
*Wassiljewa A., A. Kljaschikaja und M. Manita:* Zur Frage des COHb-Gehaltes des Blutes bei Verkehrspolizisten. Gigiena i Ssanitarija (Moskau) 12, 77 (1960).  
*Wüstenberg J.:* Der gegenwärtige ärztliche Standpunkt zum Problem der Beeinflussung der Gesundheit durch Luftverunreinigungen. Arbeitsgem. f. Forschung d. Landes NRW 81 (1959).  
*Wüstenberg J.:* Die Luft über unseren Großstädten – ein aktuelles hygienisches Problem unserer Zeit. Therapiewoche 9, 7, 344 (1959).  
*Hammond E. C. und D. Horn:* Smoking and Death-rates. J. Amer. med. Assoc. 166, 1159 (1958).

Anschrift des Verfassers: Privat-Dozent Dr. *Carl Alexander Primavesi*, Hygiene-Institut, 465 Gelsenkirchen, Rotthaus-Str. 19