

III. Auswirkungen der Auspuffgase auf Menschen, Tiere und Pflanzen – L'action des gaz d'échappement sur les êtres humains, les animaux et les plantes

Bundesamt für Industrie und Gewerbe, Kreuzstraße 26, Zürich

Auswirkungen der Motorfahrzeugabgase auf Menschen, Tiere und Pflanzen

Dieter Högger

Zusammenfassung

Die Auspuffgasbestandteile, die als Gifte im engeren Sinne des Wortes betrachtet werden müssen, wie Kohlenoxyd, Blei, Stickoxyde, Schwefeldioxyd, Benzindampf usw., erreichen bei uns, für sich allein betrachtet, keine Konzentrationen, die als unmittelbar gefährlich für die Gesundheit angesehen werden müssen. Die Frage allfälliger Kombinationswirkungen ist allerdings noch nicht ausreichend geklärt. Ozon und Peroxynitrit, die in Kalifornien eine große Rolle spielen, sind bei uns wegen der gesamthaft geringeren Luftverunreinigung und wegen der schwächeren Besonnung ohne Bedeutung. Der Beitrag der Motorfahrzeugabgase an die Verunreinigung der Luft mit krebs-erzeugenden Stoffen dürfte nur einige Prozent betragen. Hauptursache des Lungenkrebses ist zweifellos der Zigarettenrauch. Während somit keine Gefahr von Massenvergiftungen durch Motorfahrzeugabgase besteht, kann es in Sonderfällen zu unerwünschten Konzentrationsspitzen kommen (Straßentunnels, sehr enge und häufig verstopfte Straßen in der Stadt, ungünstige Wetterlagen usw.). Betroffen wird vor allem die Polizei, das Zollpersonal usw. Für die übrigen Straßenbenutzer sind vor allem Ruß und Gerüche oft lästig. Dies allein rechtfertigt Maßnahmen zur Verminderung der Abgase.

Neben dem toxikologischen besteht ein sehr wichtiges psychologisches Problem. Der Stadtbenutzer fühlt sich heute durch die Luftverunreinigung nicht nur belästigt,

Résumé

Les composants des gaz d'échappement devant être considérés comme toxiques dans le sens restreint du mot, tels que l'oxyde de carbone, le plomb, les oxydes d'azote, le dioxyde de soufre, les vapeurs d'essences etc. n'atteignent pas, individuellement, des concentrations qui constituent un danger immédiat pour la santé. Toutefois, le problème des effets de combinaison éventuels n'est pas encore suffisamment éclairci.

L'ozone et le nitrite de peroxyde, qui jouent un rôle essentiel en Californie, n'ont aucune importance chez nous étant donné que la pollution totale de l'air et l'insolation sont considérablement moindres.

La contribution des gaz d'échappement à la pollution de l'air en matières cancérogènes n'atteint que quelques pour-cents, la cause principale du cancer pulmonaire étant sans doute la fumée de cigarettes.

Tandis qu'il n'existe pas de danger d'intoxication en masses due aux gaz d'échappement des véhicules à moteur, les concentrations peuvent atteindre, dans des cas exceptionnels, des points indésirables (tunnels routiers, rues très étroites à embouteillages fréquents en ville, situations météorologiques défavorables, etc.). Ce sont surtout les agents de police et le personnel douanier, etc. qui en sont touchés. Pour les autres usagers de la route le noir de fumée et les odeurs sont souvent désagréables. Ce fait justifie, à lui seul, les mesures en vue de réduire les gaz d'échappement des véhicules à moteur.

sondern ist auch überzeugt, daß sie gesundheitsschädlich sei. Die technischen Eingriffe in die Natur, die sich auch in ausgedehnten Überbauungen, in Abholzung von Waldstücken und in der Gewässerverschmutzung äußern, kommen in der Luftverunreinigung für jeden fühlbar zum Ausdruck. Eine starke Abwehrstellung der Bevölkerung ist unverkennbar. Der Mensch braucht für seine seelische Entwicklung, für sein seelisches Gleichgewicht und für seine innere Freiheit eine intakte natürliche Umgebung. Diesem Bedürfnis muß von seiten der Technik Rechnung getragen werden.

Mis à part les aspects toxicologiques, le problème est tout d'abord d'ordre psychologique. Le public ne se sent non seulement importuné par la pollution de l'air, mais il est également persuadé qu'elle est mauvaise pour sa santé. Les interventions techniques dans la nature, se traduisant par des constructions étendues, le déboisement des forêts et la pollution des eaux, se font également sentir pour chacun par la pollution de l'air. La population prend une nette position de défense.

Pour son évolution et son équilibre psychiques et pour sa liberté intérieure l'homme a besoin d'un entourage naturel et intact. Il incombe à la technique de tenir compte de ce besoin.

Der Anteil der Motorfahrzeugabgase an der allgemeinen Luftverunreinigung

Die Motorfahrzeugabgase tragen in erheblichem Ausmaß zur Verunreinigung der Luft in den modernen Städten bei. In der Schweiz werden zurzeit jährlich 8–9 Millionen Tonnen Brennstoff verbraucht, davon rund 2 Millionen Tonnen Benzin und Dieselöl. Der Anteil der Motorfahrzeugabgase an der allgemeinen Luftverunreinigung dürfte dementsprechend ähnlich sein wie in Paris, wo ein Betrag von 22% im Jahresdurchschnitt errechnet wurde. Es ist dabei allerdings zu beachten, daß innerhalb des Landes von Ort zu Ort und je nach Jahreszeit große Unterschiede bestehen und daß über die Zusammensetzung der Abgase im einzelnen, die für die Wirkung auf die Gesundheit entscheidend ist, solche Zahlen nichts auszusagen vermögen. Wichtig ist, daß die Motorfahrzeuge im Gegensatz zu Industrie und Hausbrand ihre Abgase unmittelbar über dem Straßenniveau ausstoßen und damit vor allem die untersten Schichten der Atmosphäre verunreinigen, die von den Kaminabgasen weniger betroffen werden. Sie sind deshalb für die Straßenbenützer, aber auch für die Pflanzen am Straßenrand in mancher Beziehung von wesentlich größerer Bedeutung, als es ihrem mengenmäßigen Anteil entspricht.

Das toxikologische Problem

Die Straßenbenützer klagen in erster Linie über den üblen Geruch sowie den schwarzbraunen Rauch, wie er vor allem aus unsachgemäß behandelten Dieselmotoren entweicht. Beide sind unbestrittenermaßen ärgerlich und rechtfertigen für sich allein schon technische und polizeiliche Maßnahmen. Was aber die Bevölkerung darüber hinaus beunruhigt, ist die Befürchtung, daß die Verunreinigung der Luft nicht nur häßlich und unappetitlich, sondern auch gesundheits-

schädlich im engeren Sinn seien. Tatsächlich wissen wir, daß die Auspuffgase eine Reihe von Komponenten enthalten, die in größeren Konzentrationen für Menschen, Tiere und Pflanzen giftig sind. Allerdings werden unter den bei uns herrschenden Verhältnissen in der freien Atmosphäre kaum jemals Konzentrationen erreicht, die kurzfristig zu eindeutig erkennbaren Gesundheitsschäden führen würden. Situationen, wie sie im Raum von Los Angeles auftreten, wo es vielfach zu einer akuten Reizung der Augenbindehäute und der Luftwege durch den Smog kommt, sind bei uns nicht bekannt. Damit ist die Frage indessen nicht entschieden, ob nicht unter dem Einfluß der Auspuffgase, insbesondere wenn sich ihre Wirkung mit derjenigen von Giftstoffen anderer Herkunft kombiniert, wenig auffällige Funktionsstörungen in gewissen Bereichen auftreten, die sich beispielsweise auf die Fahrtüchtigkeit der Autofahrer negativ auswirken könnten, und vor allem, ob nicht auf die Dauer der Gesundheitszustand der Bevölkerung, der Tiere und Pflanzen durch die Summation an sich minimaler Einwirkungen nachteilig beeinflußt werde.

Im folgenden sollen vorerst die hygienisch wichtigsten Auspuffgasbestandteile unter toxikologischen Gesichtspunkten einer Durchsicht unterzogen werden.

Kohlenoxyd

Das Kohlenoxyd in der Luft städtischer Straßen stammt fast ausschließlich aus den Motorfahrzeugen. Seine Gefährlichkeit in höheren Konzentrationen ist vor allem von den Garageunfällen her bekannt. Konzentrationen von einigen Promille können innert relativ kurzer Zeit zu Bewußtlosigkeit und später zum Tode führen. Der Kohlenoxydgehalt der Stadtluft bleibt im allgemeinen jedoch nur gering, obwohl die ausgestoßenen Mengen sehr groß sind. Selbst in Großstädten mit sehr großem Autoverkehr wie London und Los Angeles beträgt die Durchschnittskonzentration von 24 Stunden nicht mehr als 6–12 ccm/m³. In der Fleet Street in London wurde zwischen 8 und 19 Uhr ein Mittelwert von 16,6 ccm/m³ gefunden; während der Nacht geht indessen der Wert auf wenige ccm/m³ zurück. Auch in den Nebenstraßen liegt er wesentlich tiefer. Während der Hauptverkehrszeiten treten allerdings in stark befahrenen Straßen, besonders während Stockungen, zeitweise wesentlich höhere Konzentrationen auf. Durchschnittswerte während 30 Minuten von 20 bis 30 ccm/m³ sind nicht ungewöhnlich. Daneben sind in Zürich kurzdauernde Spitzenwerte von 80 bis 120 ccm/m³, in Basel solche von 80, in Frankfurt und Mailand von 100 und in den Stadtzentren von Paris und London sogar solche von 200 bis 300 ccm/m³ gemessen worden. Diese Konzentrationen sind jedoch gewöhnlich nur in örtlich begrenzten Bereichen und auch dort nicht während längerer Zeit vorhanden. Da das Kohlenoxyd nur sehr langsam in den Körper aufgenommen wird, bedeuten auch diese relativ hohen Werte keine unmittelbare Vergiftungsgefahr.

Für den Autofahrer kommt es unter Umständen zu einer zusätzlichen Exposition, die vor allem davon herrührt, daß die Abgase der vorausfahrenden Wagen direkt in das Wageninnere angesaugt werden. *Russel, Zalk und Ingram* haben am Führersitz von 1105 Wagen die CO-Konzentration nach längerer Stadtfahrt gemessen und dabei folgendes gefunden (1939).

Tabelle 1 Kohlenoxydgehalt im Innern von Personenwagen

CO-Gehalt der Luft am Führersitz in ccm/m ³	Prozent der Fahrzeuge
0- 49 ccm/m ³	91,8 %
50- 99 ccm/m ³	6,2 %
100-149 ccm/m ³	1,2 %
150-199 ccm/m ³	0,4 %
200-249 ccm/m ³	0,1 %
250-300 ccm/m ³	0,2 %
600-649 ccm/m ³	0,1 %
Nach Russel, Zalk und Ingram 1939	

Die Tabelle zeigt, daß damals in 2% der untersuchten Fahrzeuge der Wert von 100 ccm/m³, der das Maximum darstellt, das an gewöhnlichen Arbeitsplätzen noch als zulässig betrachtet wird, überschritten wird. Der Wert von 50 ccm/m³ wird in 8,2% der Wagen überschritten. Daß auch bei den heutigen Wagentypen die Verhältnisse nicht immer befriedigend sind, zeigt eine Untersuchung von *Gundermann* (1964), der bei einstündigen Fahrten in der Innenstadt Hamburgs und in Kiel in einzelnen Fällen CO-Mengen bis 155 ccm/m³ im Wageninnern feststellte.

Die tatsächliche Gefährdung der Straßenbenützer kann indessen aus solchen Meßergebnissen nicht unmittelbar erschlossen werden. Man müßte zusätzlich wissen, wie lange ein jeder den angegebenen Konzentrationen ausgesetzt ist und überdies wie lange die jeweiligen Erholungszeiten dauern. Dies kann jedoch praktisch nicht festgestellt werden. Nicht nur pflegt die Konzentration in kurzer Zeit stark zu schwanken, sondern die Straßenbenützer wechseln auch rasch ihren Standort und damit ihre Exposition.

Die beste Methode, um die tatsächliche Gefährdung der Straßenbenützer oder besonders exponierter Personengruppen abzuklären, ist die Bestimmung des Kohlenoxydhämoglobingehaltes im Blut. Solange der Kohlenoxydhämoglobingehalt im Blut unter 10% bleibt, d. h. solange nur 10% des Hämoglobins außer Funktion gesetzt sind, treten beim Gesunden weder subjektiv noch objektiv irgendwelche Störungen auf. Zwischen 10 und 20% findet man häufig leichte Symptome wie Müdigkeit und Kopfweh, bei 20 bis 40% folgen dann Schwindel, Brechreiz, Herzklopfen, Atemnot und bei höheren Werten schließlich Kollaps und Ohnmacht, und am Ende kommt es zur Erstickung. Kranke,

insbesondere Herzranke und Anämische, sind empfindlicher als Gesunde. Sie können schon bei niedrigeren Konzentrationen mit schweren Symptomen reagieren.

Es stellt sich die Frage, bis zu welchem Betrag das Kohlenoxydhämoglobin im Blut irgendeines Stadtbewohners als belanglos angesehen werden kann. Unterhalb von 10% treten, wie erwähnt, keine Symptome auf. Wenn man aber in Betracht zieht, daß die Atemluft nicht nur CO, sondern eine Reihe weiterer gesundheitsschädlicher Stoffe enthält, die gleichzeitig auf den Organismus einwirken und wenn man gleichzeitig an die Kranken denkt, so wird man fordern müssen, daß nicht schon die Kohlenoxydwirkung allein den Körper bis an die Grenze des Tragbaren belastet. Die amerikanischen Forscher, welche die Californian Standards aufgestellt haben, schlagen dementsprechend vor, einen Wert von 5% Carboxyhämoglobin als Grenze des Zulässigen zu betrachten, wenn die Gefährdung nicht durch reines Kohlenoxyd, sondern durch das Gemisch der gesamten Auspuffgase erfolgt. Es entspricht dies einer längerdauernden Konzentration von CO in der Luft von 30 ccm/m³.

Tabelle 3 zeigt den Zusammenhang zwischen den Carboxyhämoglobin-Werten im Blut und den CO-Konzentrationen in der Außenluft.

Tabelle 2 Kohlenoxydkonzentration in der Atmosphäre und entsprechende maximale Kohlenoxydhämoglobinwerte (Einstellzeit 2-9 Std. je nach Atemgröße bzw. körperlicher Tätigkeit)

CO-Konzentration in der Luft	entsprechender Kohlenoxyd- hämoglobinwert
10 ccm/m ³	1,6 %
20 ccm/m ³	3,2 %
30 ccm/m ³	4,8 %
40 ccm/m ³	6,4 %
50 ccm/m ³	8 %
75 ccm/m ³	12 %
100 ccm/m ³	15 %
250 ccm/m ³	36 %

Das Laboratoire municipal in Paris ist an einem größeren Material der Frage nachgegangen, wie hoch die tatsächliche Kohlenoxydhämoglobinmenge im Blut der Straßenbenützer sei. Es wurden 331 Polizisten und 597 Autofahrer, bei denen zur Prüfung des Alkoholgehaltes eine Blutprobe entnommen werden mußte, untersucht.

Die Durchschnittswerte erreichen bei keiner der untersuchten Personen-gruppen die 5%-Grenze. Wesentlich sind indessen nicht nur die Durch-schnitte, sondern auch die Extreme. Dabei zeigt sich nun, daß die 5%-Grenze zwar bei den Nichtraucher-Polizisten niemals überschritten wird, bei den Raucher-Polizisten dagegen in 25% der Fälle (vor Dienstantritt) und bei den untersuchten Autofahrern in 40% der Fälle. Die letztgenannte Zahl kann allerdings wohl

Tabelle 3 Kohlenoxydhämoglobin im Blut von Polizisten und Autofahrern (Durchschnitt)

<i>Paris</i> (331 Polizisten und 597 Autofahrer)	
Nichtraucher-Polizisten	
Vor Dienstantritt	1,2% CO-Hb
Nach 5 Stunden Dienst	1,6% CO-Hb
Raucher-Polizisten	
Vor Dienstantritt	3,65% CO-Hb
Nach 5 Stunden Dienst	3,40% CO-Hb
Automobilisten	4,50% CO-Hb

nicht als repräsentativ für die Gesamtheit der Autofahrer angesehen werden. Alkoholisierte Fahrer haben häufig Festlichkeiten oder opulente Mahlzeiten hinter sich, in deren Verlauf nicht nur getrunken, sondern auch stark geraucht wurde. Wer selbst nicht raucht, ist immerhin dem Rauch seiner Gefährten ausgesetzt. Daß anschließend erheblich erhöhte Carboxyhämoglobin-Konzentrationen beobachtet werden, ist nicht verwunderlich.

Die Grenze von 10% CO-Hb wurde vor dem Dienst bei 3% der Raucher-Polizisten und bei 5% der Autofahrer überschritten. Bei diesen muß eine leichte Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit als möglich angesehen werden. Man wird dementsprechend die Frage stellen müssen, ob der Autofahrer nicht nur vor Alkoholgenuß, sondern auch vor übermäßigem Tabakgenuß vor und während der Fahrt gewarnt werden sollte. Autofahren ist eine hochdifferenzierte Aufgabe, und jede Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit durch toxische Stoffe kann die Fahrtüchtigkeit beeinflussen.

Schließlich noch ein Wort zur sogenannten «chronischen Kohlenoxydvergiftung». Dieses Wort hat schon sehr viel Verwirrung gestiftet. Es wurde für die Versicherungsmedizin geschaffen und hat dort seine Berechtigung. Es bezeichnet ein Symptomenbild, das lange andauern kann und auf die Nachwirkung wiederholter subakuter, im Einzelfall der Versicherung jeweils nicht gemeldeter CO-Vergiftungen zurückgeht. Die CO-Konzentrationen, die dabei im Spiel sind, sind jedoch sehr viel höher als diejenigen, die auf der Straße auftreten. Echte chronische Vergiftungen als Folge langdauernder Einwirkung kleinster CO-Mengen, wie sie in der freien städtischen Atmosphäre auftreten, sind nicht bekannt, und es gibt keine Gründe, daß solche befürchtet werden müßten.

Bleiverbindungen

Eine Gruppe von Stoffen, die insbesondere in der Schweiz unter dem Einfluß von *Zangger* wegen ihrer Giftigkeit Befürchtungen hervorgerufen hat, sind die Bleiverbindungen. Zur Erhöhung der Klopfestigkeit werden dem Autobenzin in den meisten Staaten seit den zwanziger Jahren organische Bleiverbindungen

beigemengt. In der Schweiz sind solche Treibstoffe erst seit 1947 zugelassen. Die Folge der Beimischung ist, daß die Abgase der mit Benzin betriebenen Fahrzeuge sowohl anorganische als auch organische Bleiverbindungen enthalten. In der Schweiz wurden 1964 rund 1,4 Millionen Tonnen Autobenzin verkauft. Diese enthielten durchschnittlich 0,40 ccm Bleitetraäthyl pro Liter, das sind, bezogen auf die gesamte Importmenge, 768 Tonnen Blei, die im Lauf des Jahres von den Motorfahrzeugen längs der Straßen verstreut wurden. Obwohl der Bleizusatz zum Benzin nach einem starken Anstieg in den Jahren 1959 und 1960 in den letzten Jahren wieder geringer geworden ist – er betrug 1956 im Durchschnitt 0,43 ccm pro Liter, 1959 0,50 ccm/l und 1964 0,40 ccm/l –, hat sich vor allem wegen der Vergrößerung des Fahrzeugbestandes die verstreute Menge im Lauf von 8 Jahren mehr als verdoppelt. (Bleimenge 1956: 340 Tonnen; 1964: 768 Tonnen; Zunahme des Personenwagenbestandes von 1956 bis 1963 von 310 000 auf 700 000.)

Die Eidgenössische Bleibenzinkommission hat in den fünfziger Jahren eine eingehende Untersuchung über die Auswirkungen dieses Bleiausstoßes durchgeführt. 1963–1965 wurde ein Teil dieser Untersuchungen wiederholt. Obwohl die zweite Untersuchungsreihe noch nicht völlig abgeschlossen ist, ergab sich doch schon eine Reihe bemerkenswerter Resultate (Tabelle 4).

Tabelle 4 Die Auswirkungen der Benzinverbleiung in Zürich 1948–1963

Jahre	Durchschnittlicher Bleigehalt			Durchschnittlicher Bleigehalt im Blut		
	im Staub von der Fahrbahn	im Gesimsestaub	im Schwebestaub der Straßenluft	Büroangestellte	Metallarbeiter	Garagearbeiter
1948	0,52 ‰	0,32 ‰				
1949/50			1,5 µg/m ³	24,7 µg/%	25,5 µg/%	33,3 µg/%
1955	2,06 ‰	1,39 ‰				
1963	2,04 ‰	1,75 ‰	2,8 µg/m ³	27 µg/% (Lausanne)		37 µg/% (Lausanne)

Wichtig ist, daß der Bleigehalt im Fahrbahnstaub von 1955 bis 1963 nicht weiter zugenommen hat, obwohl sich die verstreute Bleimenge in diesem Zeitraum verdoppelt hat. Es scheint, daß auf städtischen Straßen mit Hartbelag von einem gewissen Punkt an die Bleizufuhr und die Bleientfernung durch Regen und Straßenreinigung sich die Waage halten. Der Bleigehalt des Gesimsestaubes (verschiedene Gesimse von 1,5 bis 2 m Höhe über Fahrbahn) wird wohl noch weiter zunehmen, bis die Konzentration des Fahrbahnstaubes erreicht ist. Entscheidend ist aber für die Beurteilung, daß der durchschnittliche Bleigehalt im Blut der verschiedenen Personengruppen nicht wesentlich zugenommen hat. Von den Untersuchungen der zweiten Serie liegen erst die Ergebnisse von Lausanne vor. Die sowohl 1948 wie 1963 parallel mit den Blutuntersuchungen durchgeführte

Untersuchung auf Koproporphyrin III im Urin, dessen Ausscheidung für eine beginnende Bleivergiftung typisch ist, verlief in sämtlichen Fällen negativ.

Tabelle 5 zeigt zum Vergleich den Bleigehalt der Straßenluft in verschiedenen Städten. Es geht daraus hervor, daß die Verhältnisse in Zürich deutlich günstiger liegen als in den Großstädten des Auslandes.

Tabelle 5 Bleigehalt der Straßenluft

Zürich 1949/50	1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1963 (Stadtzentrum)	2,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Cincinnati 1954 (Stadtzentrum)	4,1– 8,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
London 1962/63 (Fleet Street)	3,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Paris 1963	5,0– 9,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Los Angeles (ungünstige Tage, Achtstundenmittel)	6 –15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Die Gesundheitsbehörden in Kalifornien betrachten einen Bleigehalt der Luft unter 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ als belanglos. Dieser Standpunkt ist zweifellos vertretbar. Er entspricht unter der unwahrscheinlichen Voraussetzung, daß während des ganzen Tages stark verschmutzte Straßenluft eingeatmet werde, einer Bleiaufnahme mit der Atemluft von 60 bis 90 μg pro Tag, während die Erfahrung mit Bleiarbeitern gezeigt hat, daß 150 μg pro Tag noch nicht zu Gesundheitsschäden führen. Offensichtlich besteht also zurzeit kein Anlaß zu Befürchtungen. Andere Antiklopfmittel sind zwar erwünscht; eine volksgesundheitliche Frage erster Dringlichkeit, wie es von gewisser Seite dargestellt wird, ist die Bleifrage jedoch nicht.

Ein neues Problem stellt sich heute, nachdem neben dem Bleitetraäthyl auch das Bleitetramethyl als Treibstoffzusatz verwendet wird. Der Stoff scheint weniger giftig zu sein als das Bleitetraäthyl, ist aber stärker flüchtig, so daß die Verunreinigung der Atmosphäre unter Umständen ausgeprägter sein wird, wenigstens so weit es die organischen Bleiverbindungen betrifft. Praktische Erfahrungen über diesen Punkt bestehen zurzeit bei uns nicht, da das neue Produkt in der Schweiz erst seit wenigen Monaten zugelassen ist. Unliebsame Erfahrungen sind indessen bisher in den ausländischen Staaten, wo der Stoff zum Teil bereits mehrere Jahre in Gebrauch ist, nicht bekannt geworden.

Ruß

Ruß entsteht vor allem in schlecht gepflegten und unsachgemäß betriebenen Dieselmotoren, in geringem Maß aber auch in Benzinmotoren, insbesondere in einzelnen Betriebsphasen und wenn mit allzu fetten Gemischen gefahren wird. Der Ruß besteht vor allem aus Kohlenstoff und höheren Kohlenwasserstoffen. Seine Bedeutung besteht einerseits darin, daß in ihm vielfach krebserregende Stoffe enthalten sind, andererseits aber auch, daß er als Träger das Vordringen

von wasserlöslichen Reizstoffen bis in die tieferen Lungenpartien ermöglicht. Wasserlösliche Stoffe wie NO_2 , SO_2 , NH_3 , HCl usw. werden, wenn sie in gasförmigem Zustand in die Luftwege geraten, je nach dem Grad ihrer Wasserlöslichkeit grobenteils an den feuchten Wänden der oberen Luftwege zurückgehalten und dort sofort stark verdünnt bis zu Konzentrationen, die unschädlich sind. Wenn sie jedoch an feinste Rußpartikel absorbiert sind, vermögen sie in verhältnismäßig hoher örtlicher Konzentration bis in die Lungenalveolen zu gelangen. Beobachtungen vor allem in England lassen vermuten, daß der Ruß als Reizstoffträger bei der Entstehung der chronischen Bronchitis und des Emphysems eine nicht zu unterschätzende Rolle spielt.

Nitrose Gase

Durch die Verbrennung organischer Stickstoffverbindungen, die im Treibstoff enthalten sind, aber auch durch die Oxydation von Luftstickstoff entstehen sowohl im Otto- als auch im Dieselmotor nitrose Gase. Der Gehalt kann in den Auspuffgasen der Benzinmotoren bei Vollgas bis auf 4000 ccm/m^3 ansteigen, bei Dieselmotoren auf 900 ccm/m^3 . Bei fetten Gemischen, welche zu starker CO-Bildung führen, ist er relativ niedrig, bei mageren Gemischen nimmt er zu. Nach *Riplay*, *Clingelpeel* und *Hurn* handelt es sich vorwiegend um Stickoxyd, das sich jedoch nachträglich in Stickstoffdioxyd umwandeln kann. Andererseits erfolgt unter gewissen Bedingungen auch eine Rückverwandlung des Stickstoffdioxyds zu Stickstoffmonoxyd. Da das Stickstoffdioxyd nach *Elkins* fünfmal giftiger ist als das Stickstoffmonoxyd, kommt diesen Umwandlungen eine gewisse Bedeutung zu. Beide Stickstoffoxyde sind Reizgase; die Inhalation auch kleiner Konzentrationen ($30\text{--}40 \text{ ccm/m}^3$) führt zu Reizerscheinungen an den Augen, in den Luftwegen und Lungen und schließlich zu Lungenödem, das nicht selten tödlich ausgeht. Für Arbeitsräume gilt als noch zulässig eine Konzentration von $5 \text{ ccm NO}_2/\text{m}^3$ Luft bzw. $25 \text{ ccm NO}/\text{m}^3$. Für die freie Atmosphäre sind diese Werte indessen nicht anwendbar. Nicht nur muß in Betracht gezogen werden, daß die Bevölkerung im Gegensatz zum Industriearbeiter nicht nur 8, sondern 24 Stunden täglich der Luftverunreinigung ausgesetzt ist und daß auf Kranke, Kleinkinder und alte Leute Rücksicht genommen werden muß; es muß darüber hinaus auch beachtet werden, daß die Stickoxyde neben den bereits genannten Umwandlungen auch zur Ozonbildung Anlaß geben können und daß sie ferner mit Kohlenwasserstoffen Verbindungen eingehen können, die außerordentlich heftige Reizstoffe sind. Man wird deshalb die zulässige Konzentration in der freien Atmosphäre wesentlich tiefer ansetzen müssen. *Neumann* gibt einen Langzeitwert von $0,5 \text{ ccm/m}^3$ an, während er den Kurzzeitwert auf $1,0 \text{ ccm/m}^3$ begrenzen möchte.

Die 1960 in Basel gemessenen Werte liegen nach *Müller* zwischen $0,015$ und $0,043 \text{ ccm/m}^3$ bei einem Mittelwert von $0,023 \text{ ccm/m}^3$, während in Mailand von

Pavelka und *Manci* 0,005 bis 0,025 ccm/m³ gemessen wurden und in Paris 0,215 ccm/m³. In Kalifornien wurden unter ungünstigen Bedingungen Achtstundenmittel von 0,1 bis 0,2 ccm/m³ erreicht mit Spitzen bis 1,7 ccm/m³.

Schwefeldioxyd

Die von den Motorfahrzeugen herrührenden Schwefeldioxydmengen sind, verglichen mit denjenigen, die aus den Industrie- und Hausfeuerungen herrühren, gering und beeinflussen die allgemeine Schwefeldioxydkonzentration in der Atmosphäre nur sehr wenig. Eingehende Untersuchungen von *Waller*, *Commins* und *Lawther* in der Fleet Street in London und parallel dazu in einer wenig befahrenen Nebenstraße haben gezeigt, daß der Beitrag des Verkehrs an die Verunreinigung der Luft mit Schwefeldioxyd auch in sehr stark befahrenen städtischen Straßen 0,02 ccm/m³ kaum jemals überschreitet. Diese Menge ist so gering, daß sie hier außer Betracht bleiben kann.

Kohlenwasserstoffe

Die wichtigste Gruppe von Verbindungen, die mit den Abgasen der Motorfahrzeuge in die Luft gelangen, sind die Kohlenwasserstoffe. Es handelt sich teils um unverbrannten Treibstoff, teils auch um Verbindungen, die erst im Zylinder während der Verbrennung entstehen. Eine Zusammenstellung von *McKee* und *Mills* zeigt die Bedeutung der einzelnen Quellen.

Tabelle 6 Kohlenwasserstoffverluste aus Benzinfahrzeugen (nach *McKee* und *Mills*)

	% der KW-Verluste
Mit den Abgasen aus den Zylindern	69%
Mit den Abgasen aus dem Kurbelwellengehäuse (blow-by)	25%
Verdampfung aus dem Benzintank	6%
Verlust aus dem Vergaser	0,1%

Die Kohlenwasserstoffe in den Abgasen sind aus verschiedenen Gründen von Bedeutung:

a) Die Geruchsträger

Die toxikologische Seite des Geruchsproblems ist noch sehr wenig untersucht. Im allgemeinen kann wohl festgestellt werden, daß die starkkriechenden Stoffe in den Treibstoffen und in den Auspuffgasen nicht besonders toxisch sind. Ein schlechter Geruch kann zwar vorübergehend eine Verflachung der Atmung bewirken; er kann ferner dazu führen, daß die Fensterlüftung eingeschränkt wird; aber dies sind keine schwerwiegenden Auswirkungen. Sehr viel wichtiger ist der

psychologische Effekt, Ärger, Ekel, Widerwille, Angst, von denen in anderem Zusammenhang noch die Rede sein soll.

b) Polyzyklische Kohlenwasserstoffe

Diese Gruppe von Verbindungen hat eine besondere Bedeutung, da sich darin eine Reihe von Stoffen findet, die als krebserzeugend gelten müssen.

Polyzyklische Kohlenwasserstoffe kommen weder in den Treibstoffen noch in den Schmierölen vor. Sie entstehen erst während der Verbrennung in den Zylindern. *Tebbens* und Mitarbeiter haben diese Vorgänge näher untersucht. Einfache Kohlenwasserstoffe werden vorerst zu kleinen Molekülen wie Azetylen und freien Radikalen aufgebrochen. Diese vereinigen sich dann zu komplizierteren Körpern, vielfach unter Ringbildung, wobei unter anderen auch Verbindungen wie Benzpyren, Benzfluoranthene usw. entstehen können. Die Vorgänge sind bis zu einem gewissen Grad abhängig von der Zusammensetzung der Treibstoffe, worauf *Hoffmann* und *Wynder* sowie *Swarz* und Mitarbeiter aufmerksam gemacht haben. Es steht insbesondere fest, daß Treibstoffe, die reich an Aromaten sind, in stärkerem Maß zur Bildung solcher Stoffe führen als Benzine, die vorwiegend aus Paraffin- und Olefin-Kohlenwasserstoffen bestehen.

Im Gegensatz zu den Benzinmotoren liefern Dieselmotoren, solange sie gut reguliert und gewartet sind, kein Benzpyren. Wenn sie jedoch nicht korrekt eingestellt, schlecht gewartet und nicht gut unterhalten sind und rauchen, kann der Benzpyrenausschlag ein Vielfaches desjenigen eines Benzinmotors betragen (Tabelle 7).

Tabelle 7 Bildung von 3,4-Benzpyren in Benzin- und Dieselmotoren (nach *Kotin* und Mitarbeitern)

Benzinmotor (unbelastet)	
Drehzahl	Benzpyrenbildung in $\mu\text{g}/\text{min}$
500	120
1000	61
2000	40
3500	10

Dieselmotor	Benzpyrenbildung in $\mu\text{g}/\text{min}$			
	Motor korrekt reguliert warm	Motor schlecht reguliert raucht		
Drehzahl/min	1000-1400	1000	1200	1400
Belastung				
0	0	146	9	80
$\frac{1}{4}$	0	465	47	78
$\frac{1}{2}$	0	772	437	1372
$\frac{3}{4}$	0	1320	423	982
$\frac{4}{4}$	0	876	1706	1687

Die cancerogenen Stoffe in der Stadtluft rühren allerdings nicht nur von den Motorfahrzeugen her. Es zeigt sich nämlich, daß der Gehalt im Sommer sehr stark zurückgeht und jeweils im Winter wieder ansteigt.

Tabelle 8 Benzpyrengehalt der Atmosphäre in verschiedenen Städten in $\mu\text{g}/1000 \text{ m}^3$

	Sommer	Winter
	$\mu\text{g}/1000 \text{ m}^3$	$\mu\text{g}/1000 \text{ m}^3$
San Francisco (<i>Sawicki</i>)	0,3	7,5
Birmingham (<i>Ala, Sawicki</i>)	5,0	25,0
Detroit (<i>Sawicki</i>)	–	30,0
Los Angeles (<i>Sawicki</i>)	–	6,0
Hamburg (<i>Hettehe</i>)	12	150–336
Liverpool (<i>Stocks und Commins</i>)	33	166
London (<i>Walker usw.</i>)	6	46
Bologna (<i>Zanetti</i>)	6	102–212
Irkutsk (<i>Grushko</i>)	–	740

Dies weist darauf hin, daß ein wesentlicher Teil dieser Stoffe aus den Heizungen stammt. Im Bericht des *Surgeon General* von 1962 an den Kongreß der Vereinigten Staaten wird für das Winterhalbjahr die von den Autoabgasen herrührende Menge Benzpyren auf 2–10% der Gesamtmenge in der Stadtluft geschätzt.

Die Gefährlichkeit der polyzyklischen Krebserreger hängt indessen nicht nur von ihrer Konzentration in der Atmosphäre ab, sondern auch von der Anwesenheit anderer gleichzeitig in der Luft vorhandenen Stoffe. Phenol und Kresole verstärken die Wirkung erheblich – es hängt dies vielleicht mit der Lähmung der Flimmerhaarbewegung auf den Schleimhäuten zusammen –, während die Adsorption an Rußpartikeln unter Umständen die Wirkung vermindert, da die physiologischen Flüssigkeiten die polyzyklischen Kohlenwasserstoffe nur sehr schwer aus dem Ruß herauszulösen vermögen (*Kotin* und Mitarbeiter). Ein Teil der Rußpartikel wird möglicherweise durch Husten und Flimmerhaarbewegung aus der Lunge entfernt, bevor die carcinogenen Stoffe vollständig herausgelöst werden können.

Vor allem interessant sind die Befunde von *Falk, Kotin* und *Thompson*, die gezeigt haben, daß Verbindungen, die den krebserzeugenden Substanzen sehr nahe stehen, jedoch harmlos sind, die krebserzeugende Wirkung von Stoffen wie Benzpyren, Dibenzanthracen und Methylcholantren unter bestimmten Bedingungen weitgehend aufheben können. So heben Dihydro- und Hexahydrodibenzanthracen die carcinogene Wirkung von Dibenzanthracen auf. Das gleiche gilt für Methylcholantren und Hexahydromethylcholantren sowie für Benzpyren und Produkte wie Perylen, Chrysen und andere, die reichlich im Ruß vorhanden sind. Schließlich gelang es den Autoren auch zu zeigen, daß eine aus der Luft ver-

schiedener Städte gewonnene Mischung von Luftverunreinigungsstoffen die krebs-erzeugende Wirkung von reinem Benzpyren beträchtlich herabsetzt. Aus diesen Befunden ergibt sich, daß die Bestimmung eines einzelnen carcinogenen Stoffes nicht ausreichend ist, um die Gefährlichkeit einer komplexen Luftverunreinigung zu beurteilen. Rauch, Ruß und Teer müssen vielmehr als solche in ihrer Gesamtheit auf ihre Wirkung geprüft werden.

Nach den Untersuchungen von *Hoffmann* und *Wynder* gehören die Auspuffgase der Motorfahrzeuge, gemessen am Benzpyrengehalt, zu den verhältnismäßig wenig gefährlichen Verbrennungsgasen. Obwohl ihr Gehalt an polyzyklischen Kohlenwasserstoffen 40mal höher ist als derjenige von Zigarettenrauch, ist die carcinogene Wirkung der Extrakte bei der Maus nur rund zweimal so hoch.

Es stellt sich die Frage, wie weit die Zunahme des Lungenkrebses, die in den letzten Jahren in allen Ländern zu verzeichnen ist, mit den Autoabgasen in Zusammenhang steht. Es kann kein Zweifel bestehen, daß der Hauptfaktor, der bei dieser Zunahme wirksam ist, der stark angestiegene Zigarettenverbrauch ist. Daneben besteht aber offenbar noch ein weiterer, wenn auch weit weniger bedeutsamer Faktor, der mit den Verhältnissen in den Städten zusammenhängt. Wie *Hammond* und *Horn* für amerikanische Verhältnisse gezeigt haben, ist in großen Ortschaften sowohl bei den Rauchern als auch bei den Nichtrauchern die Sterblichkeit an Lungenkrebs höher als auf dem Lande. Es liegt nahe, diese Tatsache mit der Verunreinigung der Stadtluft in Beziehung zu bringen. Wenn man allerdings in Betracht zieht, daß nur ein kleiner Teil der krebs erzeugenden Substanzen in der allgemeinen Stadtluft von den Motorfahrzeugen stammt, wird man die Bedeutung der letzteren für die allgemeine Lungenkrebssterblichkeit nicht überschätzen dürfen. Der Zigarettenverbrauch steht hier zweifellos völlig im Vordergrund; in geringem Maß spielen die Kaminabgase eine Rolle, während die Motorfahrzeuge nur einen ganz untergeordneten Beitrag leisten.

Äthylen

Die Paraffin- und Olefinkohlenwasserstoffe, die den Hauptteil des Benzins ausmachen und direkt mit dem verdunstenden Benzin in die Luft gelangen, sind für Menschen, Tiere und Pflanzen in den in Frage kommenden Mengen praktisch ungiftig. Eine Ausnahme bildet das Äthylen, das zwar für Mensch und Tier belanglos ist, gegenüber verschiedenen Pflanzen sich jedoch als sehr gefährlich erweist. Besonders empfindlich sind Orchideen, die bereits bei Konzentrationen von 0,01 ppm Reaktionen zeigen können. Beim Löwenmaul, bei Nelken, bei Tomaten und bei Pfeffer treten Schäden bei Konzentrationen auf, die niedriger als 0,5 ppm liegen. Bemerkenswert ist, daß das Äthylen vor allem auf die Blüten wirkt, während im allgemeinen sonst in erster Linie die Blätter auf Luftverunreinigungen reagieren.

In amerikanischen Großstädten werden relativ häufig Werte zwischen 0,1 und 0,2 ccm/m³ gemessen mit Konzentrationsspitzen bis 0,6 ccm/m³. Dementsprechend sind Pflanzenschäden relativ häufig. In Europa wurden Schäden in Paris und London gemeldet. *Hettche* hat in Hamburg an Stoppstellen analoge Beobachtungen gemacht, insbesondere an Petunien, Pelargonien und Fuchsien. In der Schweiz ist derartige bisher nicht gemeldet worden.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß die Bestimmung der für Pflanzen eben noch erträglichen Konzentrationen grundsätzlich wesentlich unsicherer ist als die Bestimmung der entsprechenden Werte für Mensch und Tier. Bei Mensch und Tier schwankt das Atemvolumen nur in einem verhältnismäßig engen Bereich und ist im Tagesdurchschnitt immer ungefähr dasselbe. Die bei einer Luftverunreinigung bestimmten Ausmaßes aufgenommenen Giftmengen lassen sich deshalb annähernd errechnen. Bei den Pflanzen dagegen schwankt der Gasaustausch je nach Temperatur, Belichtung und Feuchtigkeit außerordentlich stark. Damit wechseln auch die Giftaufnahme und die davon abhängigen Schädigungen in weiten Grenzen. Dieselbe Luftverunreinigung kann einmal wirkungslos bleiben, ein nächstes Mal aber starke Schäden hervorrufen.

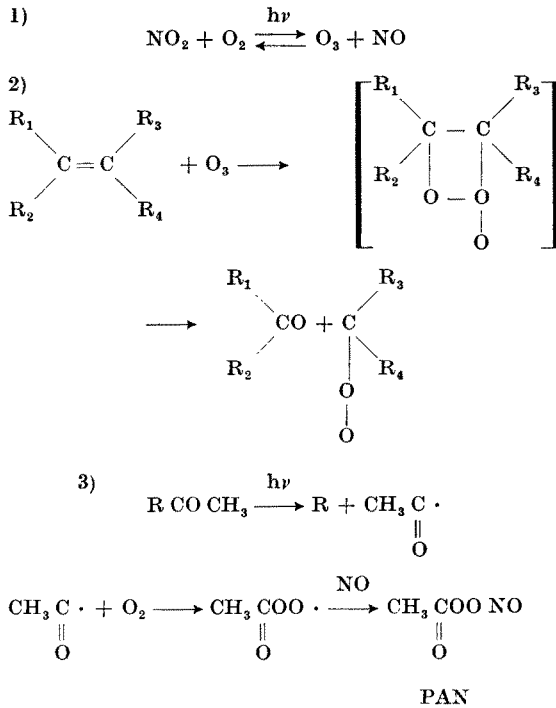
«Oxydierender Smog»

Schließlich sei noch auf gewisse Vorgänge hingewiesen, die bei uns zwar kaum eine Rolle spielen, die aber im subtropischen Klima bei bestimmten Wetterlagen die Auswirkungen der Luftverunreinigung maßgebend bestimmen und theoretisch außerordentlich interessant sind. In vielen Gegenden Kaliforniens, vor allem in Los Angeles, wo mehr als 3 Millionen Autos zirkulieren, bildet sich bei Windstille und klarem Himmel oft im Lauf des Vormittags eine starke Dunstschicht, verbunden mit einem üblen, beißenden Geruch. Es handelt sich um den sogenannten oxydierenden Smog. Er übt eine starke Reizwirkung auf die Bindehäute der Augen und auf die Schleimhäute der Luftwege aus. *Mills* sowie *Brant* und *Hill* haben gezeigt, daß sein Auftreten sich auf die Zahl der Spital-einlieferungen, ja sogar auf die Sterblichkeit an Kreislauf- und Luftwegserkrankungen ungünstig auswirkt. Ferner kommt es zu charakteristischen Schäden an empfindlichen Pflanzen mit erheblichen Verlusten bei Gemüse und Blumen und ferner zur Reißbildung an allen Kautschukgegenständen im Freien, so insbesondere an den Autopneus.

Hagen-Smit und später *Stephens* und Mitarbeiter haben die zugrunde liegenden Vorgänge weitgehend aufzuklären und in Versuchskammern, in denen Autoabgase dem Sonnenlicht ausgesetzt wurden, nachzuahmen vermocht. Man muß sich den Ablauf folgendermaßen vorstellen.

Unter dem Einfluß der Sonnenstrahlung entsteht aus dem Stickstoffdioxyd und dem Luftsauerstoff Ozon, und zwar in Mengen, die weit über die «natür-

Bildung von PAN



liche» Ozonbildung aus Sauerstoff, wie sie sich normalerweise in den oberen Schichten der Atmosphäre abspielt, hinausgeht. Aus den nach 2) entstehenden Ketonen bilden sich schließlich Peroxyde, unter denen insbesondere das Peroxynitrit (PAN) von Bedeutung ist, das eine sehr starke Reizwirkung auf die Augen hat, zu Bronchokonstriktion führen kann und das für die Pflanzen schon in kleinsten Mengen schädlich ist.

Der Ozongehalt der Atmosphäre in Los Angeles kann bis auf 0,5 cc/m³ ansteigen, während er normalerweise in den tieferen Atmosphärenschichten nur 0,025 cc/m³ beträgt. Damit Belästigungen und Gesundheitsschäden, aber auch Beschädigung von Pflanzensystemen vermieden werden, sollte er 0,1 cc/m³ nicht übersteigen.

Es stellt sich die Frage, weshalb in Europa derartige Erscheinungen bisher kaum beobachtet worden sind und insbesondere der Ozongehalt der Atmosphäre bei weitem nicht die Werte erreicht wie in Kalifornien. Vassý konnte in der Pariser Atmosphäre überhaupt kein Ozon nachweisen. Zwei Umstände dürften dafür maßgebend sein. Erstens ist in Mittel- und Nordeuropa die Sonneneinstrahlung sehr viel geringer als in dem viel weiter südlich liegenden Kalifornien, und zweitens erreicht der Stickstoffdioxidgehalt der Luft nur rund ein

Zehntel der in Los Angeles gemessenen Werte. Während dort im Lauf einer Smog-Periode Konzentrationen von 0,16–0,3 cm/m^3 gemessen wurden, belaufen sich die Werte von Paris auf 0,015 cm , diejenigen von Basel auf 0,015–0,025 cm/m^3 . In Südeuropa, wo im Hochsommer die klimatischen Bedingungen zur Bildung eines oxydierenden Smogs gegeben wären, fehlen Zentren, die einen Motorfahrzeugverkehr vergleichbar demjenigen in Kalifornien aufweisen würden.

Schlußfolgerungen aus den toxikologischen Feststellungen

Aus dem Nachweis kleinster Giftmengen in der Umwelt des Menschen darf nicht geschlossen werden, daß es notwendig über kurz oder lang zu Gesundheitsschäden kommen müsse. Der Organismus verfügt über eine gewisse Stabilität seiner zahlreichen Funktionen. Äußere Einflüsse vermögen, solange sie ein gewisses Maß nicht überschreiten, das Gleichgewicht der Körperfunktionen nicht zu stören. Dies gilt auch für die Mehrzahl der Giftwirkungen. Solange eine gewisse Dosis nicht überschritten wird, wird der Organismus, ohne Schaden zu nehmen, mit der Gifteinwirkung fertig.

Aus den vorstehend genannten Zahlen geht hervor, daß die Giftstoffe im engeren Sinn, die in den Auspuffgasen enthalten sind oder nachträglich entstehen, nämlich Kohlenoxyd, Blei, Stickoxyde, Schwefeldioxyd, Benzinkohlenwasserstoffe u. a., aber auch Ozon und Peracylnitrit, bei uns in der Atmosphäre vorderhand im Durchschnitt nicht in Konzentrationen auftreten, die als toxisch angesehen werden müßten. Es sind somit heute weder akute noch chronische Massenvergiftungen zu befürchten. Die Beurteilung darf sich allerdings nicht mit dieser Feststellung begnügen. Maßgebend sind nicht nur die Durchschnittswerte; vielmehr müssen auch die Maxima, denen einzelne Personen zeitweise ausgesetzt sind, in Betracht gezogen werden. Diese liegen, wie am Beispiel des Kohlenoxyds dargelegt wurde, zum Teil zehnmal höher als die Durchschnittswerte. Wenn dies auch beim Kohlenoxyd keine wesentliche Rolle spielt, da die Aufnahme in den Körper nur sehr langsam erfolgt, so hat es doch bei anderen Stoffen, wie zum Beispiel bei den Reizgasen, eine gewisse Bedeutung. Eine Schädigung besonders exponierter Einzelpersonen, insbesondere wenn es sich um Asthmatiker, Bronchitiker und Herzkrankte handelt, ist durchaus denkbar. Es dürfte sich jedoch bei uns nur um Einzelfälle handeln.

Die Menge der krebserzeugenden Stoffe, die von den Motorfahrzeugen herühren, ist im Vergleich zu derjenigen, die mit dem Tabakrauch und aus den Kaminabgasen aufgenommen werden, von untergeordneter Bedeutung. Allerdings kann auch diese untergeordnete Menge im Einzelfall wichtig sein, denn sie kann den entscheidenden Beitrag dazu liefern, daß die Grenze überschritten wird, jenseits der die krebsige Umwandlung der Zellen der Bronchialschleimhaut beginnt. Zwar nicht für sich allein, aber im Zusammenwirken mit den

carcinogenen Stoffen anderer Herkunft, müssen die polycyklischen Kohlenwasserstoffe in den Abgasen als eine Gefährdung einzelner Personen betrachtet werden.

Der psychologische Aspekt des Problems

Die Auswirkungen der Motorfahrzeugabgase auf den Menschen werden jedoch nur zum Teil erfaßt, wenn man sich auf eine Betrachtung der toxischen Stoffe beschränkt. Ihre hygienische Bedeutung geht tatsächlich weit darüber hinaus und greift tief in den psychologischen Bereich hinein. Es ist eine Tatsache, daß ein wesentlicher Teil der Bevölkerung die heutige Luftverunreinigung in den Städten und in der Umgebung gewisser industrieller Betriebe nicht nur als lästig empfindet, sondern sie ohne Rücksicht auf das Urteil der Toxikologen als gesundheitsgefährlich betrachtet und sich, soweit möglich, zur Wehr setzt. Es sei nur an die Volksbewegung gegen das thermische Kraftwerk in Rüthi erinnert. Obwohl hier ohne Zweifel keinerlei Vergiftungsgefahr für die Bevölkerung besteht, ist es in weitesten Kreisen zu heftigen Protesten gekommen, denen offensichtlich eine irrationale tiefsitzende Angst zugrunde liegt. Die Luftverunreinigung, insbesondere aber Rauch und Gestank, werden offenbar als Demonstration der Rücksichtslosigkeit einer unheimlichen, übermächtigen Technik erlebt, die fortschreitend und unaufhaltsam alle Bereiche des Lebens infiltriert und auch vor den natürlichen Lebenselementen Erde, Luft und Wasser je länger desto weniger halt macht. Die Luft wird verstäktert, das Wasser verschmutzt und die Erde mit Asphalt und Beton überkleistert, alles im Namen des unaufhaltsamen technischen Fortschrittes. Der einzelne ist dieser oft maßlosen brutalen technischen Expansion, die die natürliche Umwelt mehr und mehr beeinträchtigt und die mit Lärm und Gestank selbst in seine Wohnung eindringt, hilflos ausgeliefert. Instinktiv empfindet er, daß dieses rücksichtslose, alles erfassende Verdrängen der Natur an die Grundlagen zwar vielleicht nicht der körperlichen, um so mehr aber der seelischen Existenz greift, und er reagiert deshalb mit Empörung, Angst und Haß.

Es geht vom Standpunkt der psychischen Hygiene aus nicht darum, gegen die Technik als solche, sondern gegen ihre beklemmende Rücksichtslosigkeit aufzutreten. Der Mensch braucht für seine seelische Entwicklung, für sein seelisches Gleichgewicht und für seine innere Freiheit eine intakte natürliche Umgebung. Diese zu erhalten ist der tiefere Sinn des Naturschutzes, des Gewässerschutzes und der Lufthygiene. Wenn wir die Auswüchse einer bedenkenlos expansiven Technik zurückzudrängen suchen, so handelt es sich nicht nur um den Schutz vor körperlichen Krankheiten oder vor künftigen wirtschaftlichen Nachteilen, sondern auch um die Erhaltung eines unberührten Lebensraumes, der allein uns eine freie seelische Entfaltung zu gewährleisten vermag.

Rauch und Gestank mit ihrer Unentrinnbarkeit in städtischen Straßen sind

ein Symbol der modernen Situation gegenüber der Technik. Die Anstrengungen, sie zu beseitigen, sollen über ihre toxikologisch-hygienische Bedeutung hinaus, ein Ausdruck des Bemühens sein, die uns allen gegebenen natürlichen Güter, wie frische Luft, reines Wasser und grünende Erde, unverdorben zu bewahren.

Literaturverzeichnis

- Brant and Hill*: Int. J. Air Water Poll. 8, 259 (1965).
Eilers: Manuskript.
Elkins: The chemistry of industrial toxicology. J. Wiley & Sons, Inc. New York.
Falk, Kotin, Thompson: Arch. Env. Health 9, 169 (1964).
Goldsmüth and Terzaghi and Hackney: Arch. Env. Health 7, 647 (1963).
Gundermann: Städtehyg. 11, 248 (1964).
Hagen-Smit: Archiv Env. Health 8, 31 (1964).
Hammond und Horn: J. Am. med. Ass. 166, 1159 und 1294 (1958). Zitat nach *Neumann, Staub* 23, 135 (1963).
Hettche: Städtehyg. 238 (1960).
Hoffmann und Wynder: Cancer 15, 93 (1962). J. Air Poll. contr. Ass. 13, 322 (1963).
Kotin, Falk, Mader and Thomas: Arch. Ind. Hyg. 9, 153 (1964).
McKee and Mills: J. Air Poll. contr. Ass. II, 516 (1961).
Neumann: European conference on air pollution. National rp. of the F.R.G.
Pavelka und Mancì: Centro prov. per lo studio sugli inquinamenti atmosferici. Milano, ott. 1957.
Zit. nach *Bäumler und Müller*.
Stephens, Darley, Taylor und Scott: Int. J. Air Water Poll. Contr. 4, 79 (1961).
Surgeon general, report of the: Rp. to the US Congress, 87th Congr., 2nd session, House document 489 (1962).
Russel, Zerk und Ingram: California Highway Patrol, Sep. 1939. Zit. bei *Goldsmüth, Terzaghi und Hackney*, Arch. Env. Health 7, 647 (1963).
Swartz, Wilson und King: J. Air Poll. Contr. Ass. 13, 154 (1963).
Tebbens, Thomas und Muckai: Arch. Ind. Health 13, 567 (1956).
Waller, Commins, Lawther: British Ind. Med. 22, 128 (1965).

Adresse des Autors: Prof. Dr. *D. Högger*, Präsident der Eidgenössischen Kommission für Luft-hygiene, BIGA, Kreuzstraße 26, Zürich.