

Luftverunreinigung und Gesundheit

A. Gilgen

Artikel eingegangen am 20. Februar 1970

Zusammenfassung

Für die Beurteilung der Bedeutung, die der Luftverschmutzung hinsichtlich der Sterblichkeit an Lungenkrebs zukommt, müssen außer den Rauchgewohnheiten auch die sozioökonomischen Lebensbedingungen mit-erfaßt werden. Dabei zeigt sich, daß die Erhöhung der Sterblichkeit an Lungenkrebs durch die Luftverschmutzung nicht mehr als gesichert gelten darf. Demgegenüber hat die fördernde Wirkung verunreinigter Luft auf die Sterblichkeit an andern Krebsarten an Wahrscheinlichkeit gewonnen. Die Erhöhung der Krankheitshäufigkeit für chronische Bronchitis durch die Luftverschmutzung ist bewiesen; die Schwere der Symptome wird durch meteorologische Faktoren beeinflusst. Eindeutige Beweise für die Beeinträchtigung der Lungenfunktion ohne sichtbare Erkrankungen stehen noch aus. Größere Untersuchungen über die subjektive Belästigung durch Luftverunreinigungen fehlen.

Luftverunreinigung und Gesundheit

Hygienisch-medizinische Untersuchungen der Außenluft dürfen sich nicht in der Messung des Gehaltes an Fremdstoffen und damit in der Feststellung des Verschmutzungsgrades erschöpfen, sondern haben die Auswirkungen der Luftverschmutzungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen aufzuklären. Dafür stehen prinzipiell zwei Wege offen, nämlich einerseits toxikologische Untersuchungen unter Versuchsbedingungen und andererseits epidemiologische Feldstudien. In der vorliegenden Arbeit soll versucht werden, einige Aspekte epidemiologischer Feldstudien darzustellen.

Es lassen sich im ganzen vier Hauptgruppen von Beeinträchtigungen der Gesundheit durch Luftverunreinigungen unterscheiden, und zwar:

1. Erhöhung der Sterblichkeit (Mortalität),
2. Erhöhung der Krankheitshäufigkeit (Morbidität),
3. Beeinträchtigung der physiologischen Lungenfunktion ohne erkennbare Krankheits-symptome,
4. subjektive Belästigung.

1. Beeinflussung der Sterblichkeit (Mortalität)

Überschußmortalität

Die Untersuchungen der Beziehungen zwischen Luftverunreinigung und Gesundheit gehen auf die sogenannten Nebelkatastrophen der letzten 40 Jahre zurück. Diese Nebelkatastrophen hatten ihre Ursache in länger dauernden Inversionslagen. Als Inversion bezeichnet man einen Zustand, bei dem kältere bodennahe Luftmassen durch eine über ihnen liegende wärmere Luftschicht gefangen sind. Dadurch wird der vertikale Luftaustausch behindert, und die normalerweise vorkommenden Luftverunreinigungen werden in Bodennähe angehäuft. Bekannt geworden sind die Nebelkatastrophen im Maastal (1930), in Donora — einer Kleinstadt in Pennsylvania, USA (1948) — und in London (1952). Während dieser Katastrophen ergab sich eine deutliche Überschußmortalität. Das heißt, daß die Zahl der effektiven Todesfälle größer war als die Zahl der normalerweise zu erwartenden Todesfälle. Im Maastal starben 60 Menschen als Folge der Nebelkatastrophe. In Donora erhöhte sich die Zahl der Todesfälle im Laufe einer Woche von durchschnittlich 2 auf 20.

Schon damals wurde auf Grund der eingehenden Untersuchung der Katastrophe von Donora der Schluß gezogen, daß nicht eine einzelne chemische Substanz für die zusätzlichen Todesfälle verantwortlich sei, sondern die Kombination verschiedener luftverunreinigender Komponenten. Schwefeldioxid und Staub standen im Vordergrund. In London schließlich starben im Jahre 1952 während weniger Tage 4000 Menschen mehr, als auf Grund der normalen Sterblichkeit zu erwarten war. Seit der schweren Nebelkatastrophe im Jahre 1952 ereigneten sich in London dann noch mindestens sechs weitere, allerdings kleineren Ausmaßes, bei denen die Überschußsterblichkeit jeweils 250 bis 1000

Personen betrug. Auch in New York konnte während mehrtägiger Nebelphasen in den Jahren 1953 und 1962 ein signifikanter Anstieg der Mortalität festgestellt werden. Bei allen diesen Ereignissen war die außergewöhnliche Verschmutzung der Luft nicht nur meßbar, sondern für alle Einwohner sichtbar. McCarroll und Bradley [1] haben anhand einiger ausgewählter lufthygienisch interessanter Episoden nachweisen können, daß in New York Überschußmortalität parallel der Luftverunreinigung sogar dann auftrat, wenn die erhöhte Verunreinigung der Luft lediglich durch chemische Analysen festgestellt wurde, ohne aber für jeden Einwohner durch die Anwesenheit von Rauch und Nebel auch sichtbar zu sein.

Bei den Katastrophen von Donora und London wurde der Schluß gezogen, daß der Gipfel der Mortalitätskurve jeweils nach einer dreitägigen Latenzperiode auftritt und daß die Überschußmortalität im wesentlichen ältere Menschen über 65 Jahre betreffe. Die Untersuchungen von Mc Carroll und Bradley [1] haben gezeigt, daß der Gipfel der Mortalitätskurve auch mit dem Maximum an Luftverunreinigung zusammenfallen kann und daß auch jüngere Menschen betroffen werden können. Man hat ferner versucht, den Anstieg der Mortalität nicht nur in Beziehung zum Anstieg an Schwefeldioxid und partikulärem Material zu setzen, sondern auch zu weiteren chemischen Verbindungen. Bei einer Episode mit Überschußmortalität ließ sich auch eine gewisse Parallele zwischen Mortalität und Gehalt der Luft an Kohlenwasserstoffen finden. In der Los Angeles County dagegen hat Hechter [2] keinen Einfluß erhöhter Konzentrationen von Oxidantien und Kohlenmonoxid auf die Von-Tag-zu-Tag-Mortalität feststellen können.

In der sogenannten Nashville Air Pollution study [3] konnte im weiteren gezeigt werden, daß die postneonatale Sterblichkeit (Sterb-

lichkeit von Kindern im Alter von 28 Tagen bis 11 Monaten), die nicht auf Unfälle zurückzuführen war, signifikante Beziehungen zum Gehalt der Luft an Schwefelsulfat und Schwefeldioxid aufwies. Die neonatale Sterblichkeit (Sterblichkeit von Kindern unter 28 Tagen) dagegen zeigte enge Beziehungen zum Staubbiederschlag. Bei dieser Studie waren aber nicht nur die lufthygienischen Faktoren untersucht worden, sondern auch die sozioökonomischen, die mit den lufthygienischen eng korreliert waren. Die Aussagekraft dieser Untersuchung leidet darunter, daß es nicht gelang, die lufthygienischen Faktoren sauber von den sozioökonomischen zu trennen. Die erhöhte neonatale und postneonatale Sterblichkeit kann somit nicht eindeutig den ungünstigen lufthygienischen Bedingungen zugeordnet werden. Gesamthaft gesehen ist festzuhalten, daß die Überschußmortalität ein außergewöhnlich grobes Kriterium darstellt und nur in Fällen außergewöhnlich starker Luftverunreinigung eindeutige Beziehungen ergibt, die zudem nicht kausalen Charakter haben.

Mortalität an verschiedenen Krankheiten

Außer der Überschußmortalität wurde von verschiedenen Autoren auch die Mortalität an bestimmten Krankheiten untersucht. Im Vordergrund stehen dabei Krebs, Bronchitis und Herz- und Kreislaufkrankheiten.

Eine große Anzahl von Untersuchungen hat vermuten lassen, daß die Verunreinigung der Luft die Sterblichkeit an Lungenkrebs erhöhe. Diese Vermutung war um so begründeter, als bekannt wurde, daß der Gehalt der Luft an benzollöslichen Substanzen, zu denen auch 3,4-Benzpyren und andere krebs-erzeugende Verbindungen gehören, eng mit einer erhöhten Sterblichkeit an Lungenkrebs korreliert ist (Abb. 1). Die Schwächen dieser Untersuchungen sind aber nicht von der Hand zu weisen. Es müssen vor allem auch

Bevölkerung

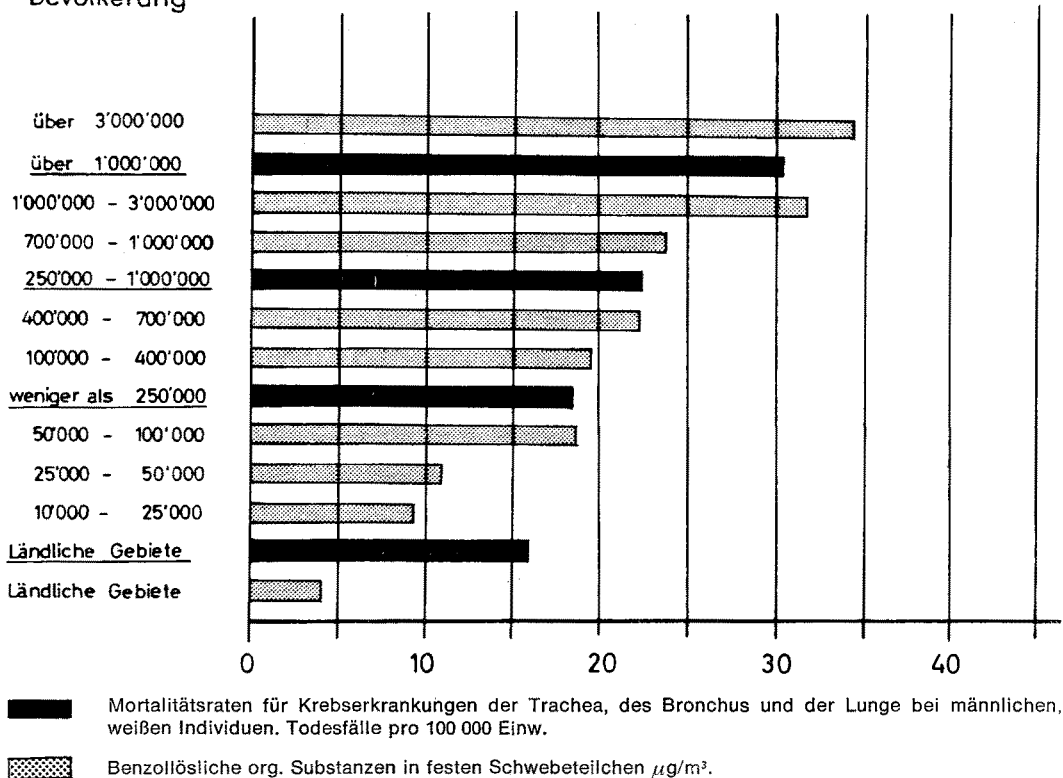


Abb. 1 Beziehungen zwischen Sterblichkeit an Krebskrankungen der Atemwege und Gehalt der Luft an benzollöslichen organischen Substanzen.

die unterschiedlichen Rauchgewohnheiten und die Unterschiede in den sozioökonomischen Verhältnissen des untersuchten Kollektivs in Rechnung gestellt werden.

Der Einbezug der Rauchgewohnheiten in die Untersuchungen ergab auch bei Nichtrauchern eine erhöhte Sterblichkeit an Lungenkrebs mit steigender Größe der Städte [11, 12]. Aber auch dieser Befund läßt die Schlußfolgerung auf eine kausale Beziehung zwischen Lungenkrebs und Luftverunreinigung nicht zu, weil die Mitberücksichtigung der sozioökonomischen Verhältnisse deutlich ge-

macht hat, daß bei wirtschaftlich schwächeren Gesellschaftsschichten die Sterblichkeit an Lungenkrebs größer ist als bei reicheren Leuten [5]. Da wirtschaftlich schwächere Leute meist auch in Gebieten mit stärker verschmutzter Luft wohnen, könnten die Unterschiede in den lufthygienischen Bedingungen einen Einfluß auf die Lungenkrebssterblichkeit vortäuschen, der in Wirklichkeit auf die unterschiedlichen sozioökonomischen Verhältnisse zurückzuführen ist [7]. Ashley [7] hat kürzlich sogar errechnet, daß die Sterblichkeit an Lungenkrebs bei Män-

* $p \leq 0,01$ zur benachbarten Kolonne
 + $0,01 < p \leq 0,05$ zur benachbarten Kolonne

Krebsarten

All cancer: Alle Krebsarten
 Stomach cancer: Magenkrebs
 Esophagus cancer: Speiseröhrenkrebs
 Large intestine cancer: Dickdarmkrebs
 Prostate cancer: Prostatakrebs
 Bladder cancer: Blasenkrebs

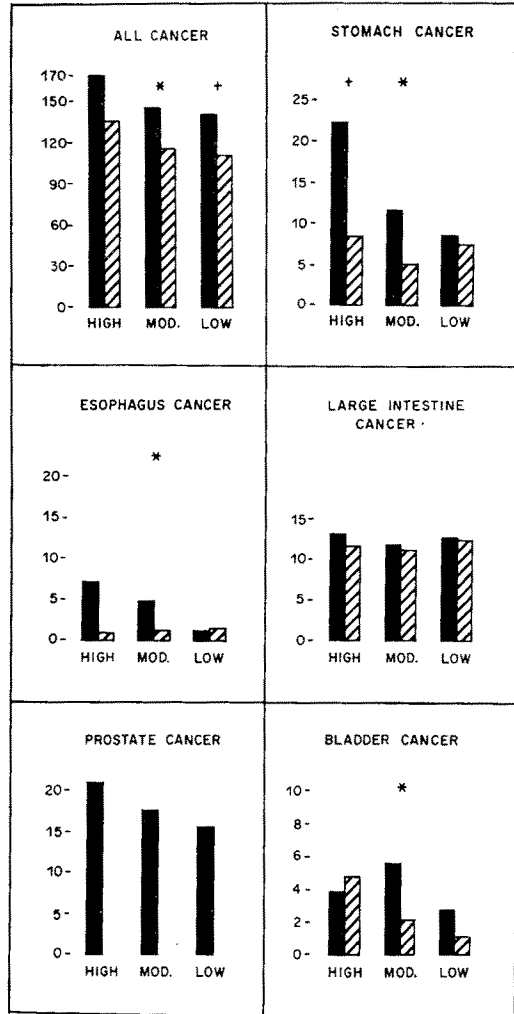
Grad der Luftverunreinigung (Staubpartikel)
 High: stark Mod.: mittel Low: gering

■ Männer ▨ Frauen

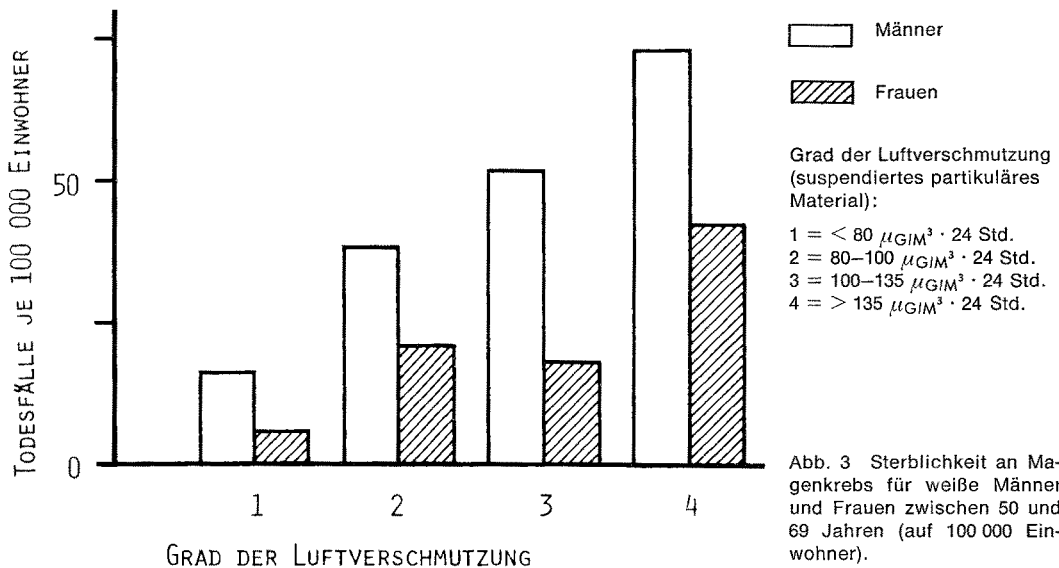
Abb. 2 Sterblichkeit an verschiedenen Krebsarten bei Männern und Frauen der mittleren sozioökonomischen Gesellschaftsklasse in Beziehung zur Luftverunreinigung (pro 100 000 Einwohner).

nen und Frauen größer ist bei höherer Bevölkerungsdichte und niedrigerer sozialer Stellung, daß aber in Städten mit größerer Luftverunreinigung die Sterblichkeit an Lungenkrebs geringer ist als in Städten mit niedrigerer Luftverunreinigung, sofern Bevölkerungsdichte und sozioökonomische Bedingungen gleich sind. Er glaubt, daß die dauernde Staubexposition die immunologische Abwehr verbessere. Im weiteren haben schon Sawicki und Mitarbeiter [4] den Vorschlag gemacht, die Lungenkrebsmortalität mit der Benzpyren-Exposition während 30 Jahren in Verbindung zu bringen und nicht mit dem Benzpyrengehalt der Luft im selben Jahr.

Aus diesen Gründen ist nach dem heutigen Stand der Kenntnisse die einst als feststehende und gesicherte Auffassung über die Erhöhung der Lungenkrebsmortalität durch einen hohen Gehalt der Luft an partikulärem Material etwas ins Wanken geraten. Auf jeden Fall darf keine Mortalitätsstudie, die Anspruch darauf erheben will, ernst genommen zu werden, die sozioökonomischen Bedingungen des untersuchten Kollektivs außer acht lassen.



In der bereits erwähnten Nashville Air Pollution study [6] wurde auch die Sterblichkeit an anderen Krebsarten als an Lungenkrebs untersucht. Abb. 2 zeigt, daß innerhalb der gleichen sozioökonomischen Schicht die Sterblichkeiten an Krebs des Magens, der Speiseröhre, der Prostata und der Blase in direkter Beziehung zur Konzentration der



Staubpartikeln in der Luft stehen und daß sich zudem für verschiedene Krebsarten deutliche Geschlechtsunterschiede ergeben. In diesem Zusammenhang ist interessant, daß die Stadt Nashville unter den amerikanischen Städten einen außerordentlich hohen Gehalt an Benzpyren aufweist. In bezug auf Darmkrebs konnte keinerlei Beziehung zum Grad der Luftverunreinigung gefunden werden.

Auch Winkelstein und Mitarbeiter [9] haben gefunden, daß die Sterblichkeit an Magenkrebs bei Männern und Frauen zwischen 50 und 69 Jahren in Gebieten mit hoher Konzentration an suspendierten Partikeln in der Luft nahezu doppelt so hoch ist als in Gebieten mit einem niedrigen Gehalt (Abb. 3). Dieser Einfluß ist unabhängig vom sozioökonomischen Status. Die Tatsache, daß die Sterblichkeit an Magenkrebs im großen ganzen eine abnehmende Tendenz aufweist, schließt die Möglichkeit, daß die kanzerogenen Bestandteile der Luft einen Einfluß haben, keineswegs aus.

Als gesichert darf gelten, daß die Sterblichkeit an chronischer Bronchitis auch bei Berücksichtigung der sozioökonomischen Unterschiede durch stärkere Luftverunreinigungen erhöht wird.

Nach zahlreichen Angaben [13] ist das Vorkommen von Emphysem stark im Steigen begriffen. Ishikawa und Mitarbeiter [14] haben Vorkommen und Schwere von Emphysem in den zwei Städten St. Louis und Winnipeg durch Untersuchungen von 300 Lungen verstorbener Erwachsener miteinander verglichen. Bei St. Louis handelt es sich um eine Industriestadt, bei Winnipeg um eine Agrikulturstadt. Die beiden untersuchten Gruppen waren hinsichtlich der Altersverteilung sehr ähnlich; auch die früheren Rauchgewohnheiten der Verstorbenen waren bekannt. Die Luftverunreinigung wurde auf Grund der Emission von Schwefeldioxid, Kohlenwasserstoffen und partikulärem Material gemessen. In bezug auf die Luftverunreinigung ergeben sich entscheidende Unterschiede zwischen den zwei Städten, ist doch die Emission

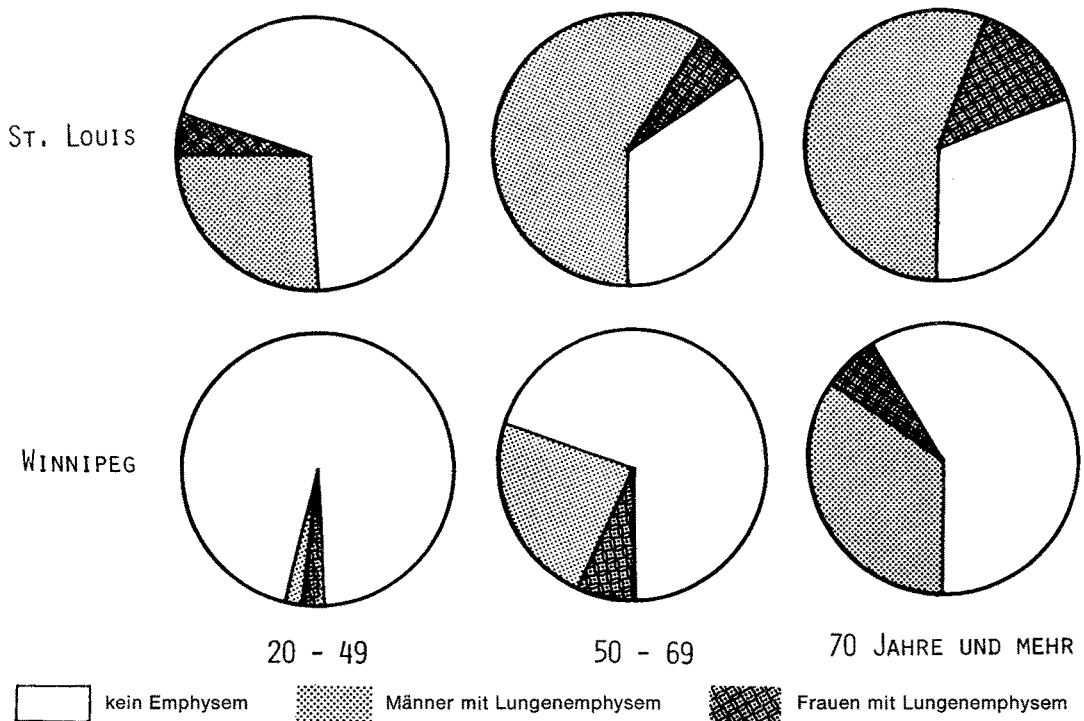


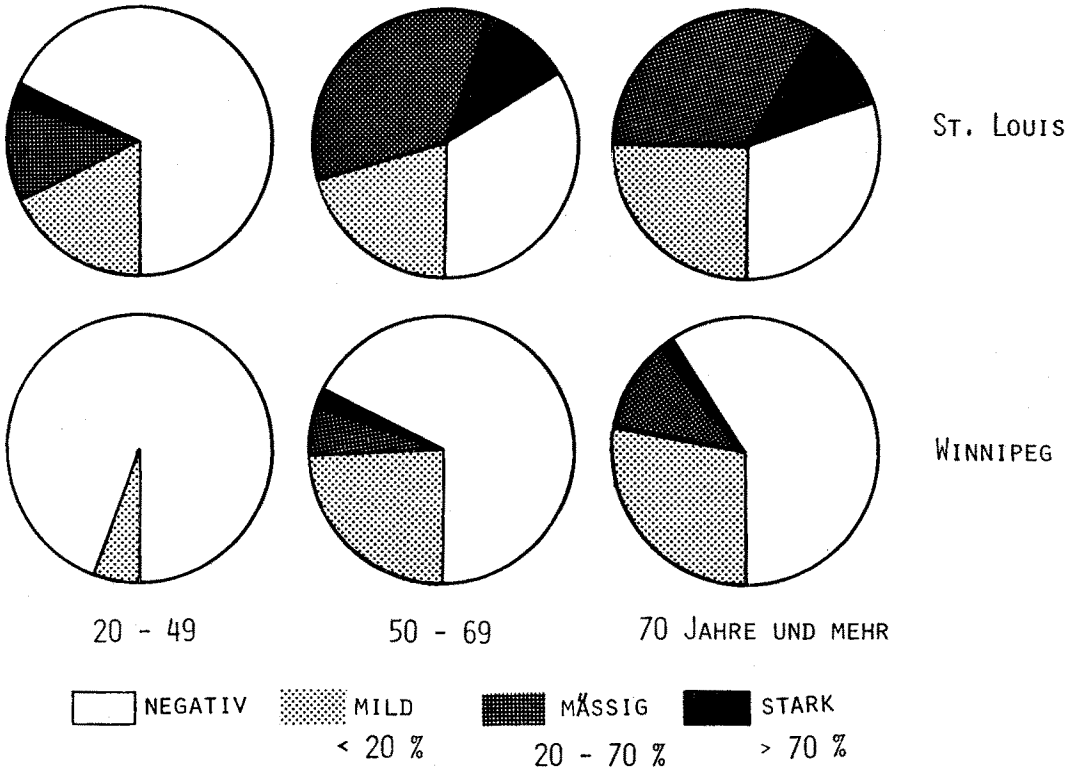
Abb. 4 Vorkommen von Lungenemphysem bei je 300 verstorbenen Erwachsenen verschiedener Altersgruppen in St. Louis (204 Männer, 96 Frauen) und Winnipeg (207 Männer, 93 Frauen).

von partikulärem Material beziehungsweise Schwefeldioxid in St. Louis zwei- bis dreizehnmal größer als in Winnipeg. In St. Louis tritt Emphysem viel häufiger auf; der Unterschied ist in der Altersklasse 20 bis 49 Jahre (7mal mehr) besonders auffallend (Abb. 4). Im höheren Alter sinkt der Unterschied auf den Faktor 2 ab, um in der Altersgruppe 70 und mehr Jahre auf das Verhältnis 1,5 : 1 zurückzufallen. Der wesentlichste Unterschied im Emphysemprofil der beiden Städte liegt in der Schwere der Emphyseme: während in Winnipeg starkes Emphysem nicht oder nur in einem geringen Prozentsatz der Fälle auftrat, kamen in St. Louis starke Emphyseme in allen Altersklassen vor (Abb. 5).

Bei Berücksichtigung gleicher Rauchgewohnheiten kommen in St. Louis starke Emphyseme viermal häufiger vor als in Winnipeg. Der Verdacht auf eine Mitbeteiligung der Luftverunreinigung beim Zustandekommen der Emphyseme liegt nahe.

2. Beeinflussung der Krankheitshäufigkeit

Die Krankheitshäufigkeit stellt zweifellos ein wesentlich feineres Kriterium für die Störung der Gesundheit dar als die Sterblichkeit. In einer Studie wurden von Verma und Mitarbeitern [8] die Krankheitsabsenzen der Angestellten einer New Yorker Lebensversicherungsgesellschaft zu den lufthygienischen



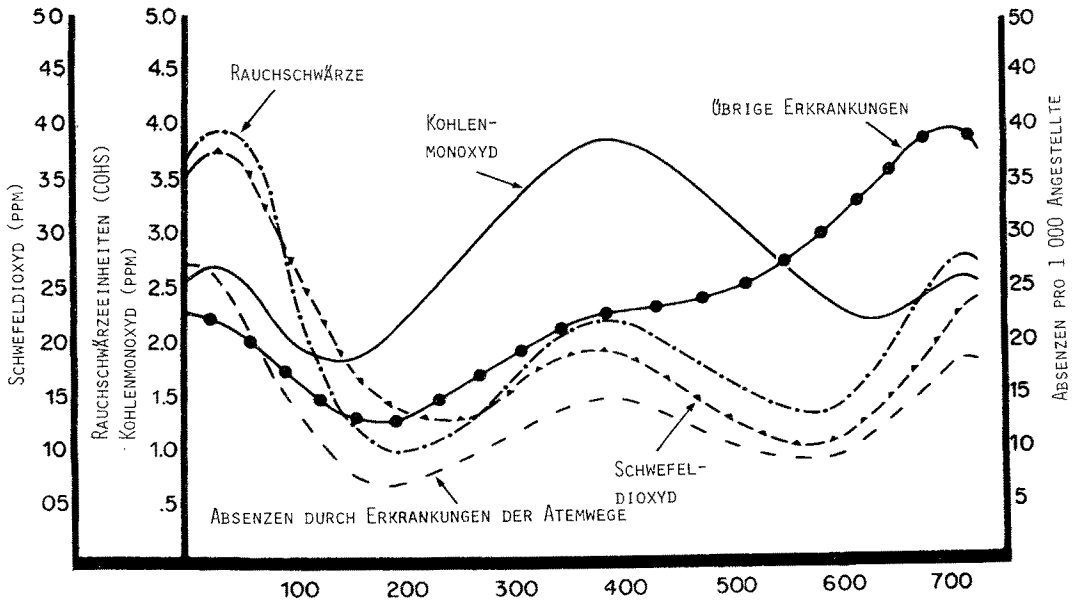
Die Prozentzahlen geben den Anteil der emphysematös zerstörten Lungenfläche wieder.

Abb. 5 Ausdehnung des Emphysems in der Lunge bei 300 verstorbenen Erwachsenen verschiedener Altersgruppen in St. Louis und Winnipeg.

Verhältnissen in Beziehung gesetzt (Abb. 6). Dabei wurde zwischen Erkrankungen der Atemorgane und anderen Erkrankungen unterschieden. Als maßgebliche Größen der Luftverunreinigung sind die Konzentrationen an Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid und die Rauchschwärze gewertet worden.

Am niedrigsten waren die Absenzen wegen Erkrankungen der Atemwege an heißen Tagen mit zugleich niedrigem Schwefeldioxidgehalt. Höhere Schwefeldioxidkonzentrationen erhöhten auch an heißen Tagen die Zahl dieser Absenzen. Ein Maximum erreich-

ten die Absenzen wegen Erkrankungen der Atemwege an kalten Tagen und hoher Schwefeldioxidkonzentrationen und großer Rauchschwärze. Es zeigt sich ferner, daß ein strenger Jahreszyklus vorhanden war, wobei die Absenzen wegen Erkrankungen der Atemorgane – und in geringem Maße auch diejenigen wegen anderer Erkrankungen – im Sommer erwartungsgemäß niedriger waren als im Winter. So konnten 46 % der Schwankungen in den Absenzen wegen Erkrankungen der Atemwege und 22 % bei den übrigen Erkrankungen allein auf Grund der Jahreszeit



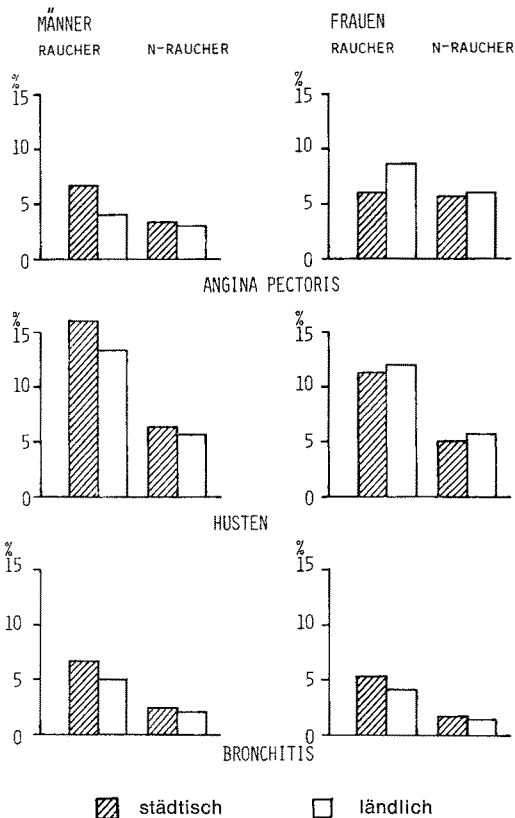
TAGE - 1. JANUAR 1965 BIS 31. DEZEMBER 1966

ppm: parts per million = 1 ml Gas pro m³ Luft
 COHS: concentrations of haze

Abb. 6 Verlauf der Konzentrationen von Schwefeldioxyd, Kohlenmonoxyd, Rauchschwärze und Zahl der Erkrankungen der Atemwege und anderer Erkrankungen während 2 Jahren.

erklärt werden. Der Versuch, in den Schwankungen auch einen statistisch signifikanten Wochenverlauf zu erkennen, mißlang, obwohl die Absenzen gegen Ende der Woche im allgemeinen etwas abnahmen. Auch im günstigsten Fall konnte aber nur 1 % der Schwankungen der Abszenzhäufigkeit dem Wochenverlauf zugeordnet werden. Erstaunlicherweise bewirkten die Veränderungen der lufthygienischen Verhältnisse einen geringeren Einfluß auf die Absenzen als die Jahreszeit, nämlich nur 20 % gegenüber den erwähnten 46 %. Die Kombination des Faktors «Jahreszeit» mit dem Faktor «Luftverunreinigung» erklärte 50 % der Schwankungen in der Häufigkeit der Absenzen wegen Erkrankungen

der Atemwege. In keiner direkten Beziehung zum Grad der Luftverunreinigung standen die Absenzen wegen anderer Erkrankungen. Arbeiten über Absenzen der Schüler sind verschiedentlich durchgeführt worden. Paccagnella und Mitarbeiter [18] ermittelten auch in diesem Bereich einen entscheidenden Einfluß der wirtschaftlichen und sozialen Bedingungen. Denn die engste Beziehung zwischen Schulabsenzen und Luftverunreinigungen war nicht dort zu finden, wo die Luftverunreinigung am größten ist, sondern dort, wo die sozioökonomischen Bedingungen am niedrigsten sind. Eine interessante Untersuchung über den Einfluß der Luftverunreinigung auf Erkran-

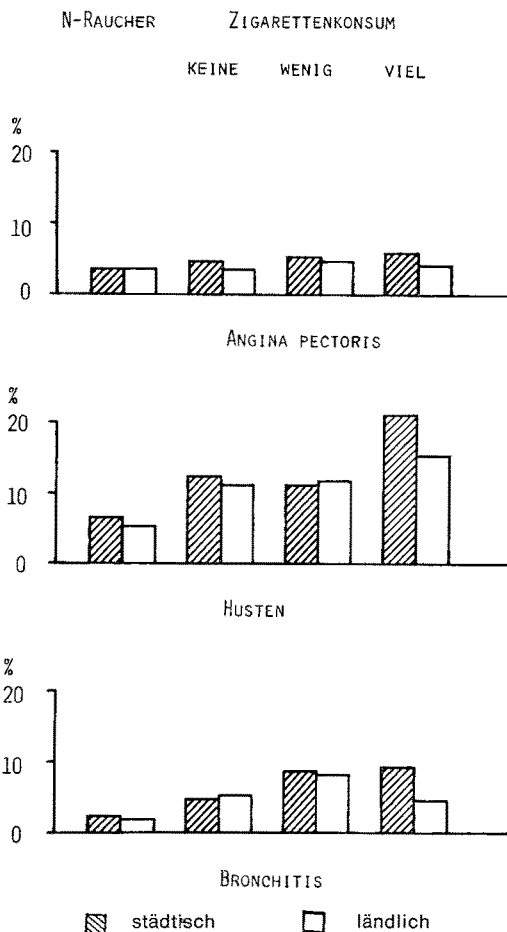


N-Raucher = Nichtraucher

Abb. 7 «Zwillingsstudie» 9169 Paare (Cederlöf 1966) Angina pectoris, Husten und Bronchitis in der Stadt und auf dem Land (nur erstgeborene Partner berücksichtigt).

kungen der Atemwege und Angina pectoris hat Cederlöf [10] mit seiner Zwillingsstudie durchgeführt. Mit Hilfe von Fragebogen, die von 9000 Zwillingen in Schweden ausgefüllt wurden, konnte er zwei grundsätzlich verschiedene Untersuchungsmethoden anwenden: nahm er nur je ein Individuum des Zwillingspaares, so hatte er ein «Normalkollektiv» zur Verfügung; wertete er die Angaben beider Individuen der monozygoten Zwillingspaare aus, die sich in den Rauchgewohnheiten nicht unterscheiden durften, von denen aber der eine in städtischen, der andere in ländlichen Bedingungen leben mußte, so konnte er ein Spezialkollektiv («Zwillingskollektiv») untersuchen. Er analysierte

lingspaare aus, die sich in den Rauchgewohnheiten nicht unterscheiden durften, von denen aber der eine in städtischen, der andere in ländlichen Bedingungen leben mußte, so konnte er ein Spezialkollektiv («Zwillingskollektiv») untersuchen. Er analysierte



N-Raucher = Nichtraucher

Abb. 8 «Zwillingsstudie» (Cederlöf 1966) Angina pectoris, Husten und Bronchitis in Beziehung zum Zigarettenkonsum (nur Männer, nur erstgeborene Partner berücksichtigt).

beide Kollektive in bezug auf «Angina pectoris», «Husten» und «Bronchitis» (Abb. 7). Als Resultat zeigte sich, daß «Angina pectoris», «Husten» und «Bronchitis» bei den männlichen Rauchern des «Normalkollektivs» in der Stadt häufiger vorkamen als bei denjenigen auf dem Land. Am ausgeprägtesten war der Effekt in bezug auf «Angina pectoris» (Verhältnis 1 : 1,50), geringer bei «Bronchitis» (1 : 1,31) und «Husten» (1 : 1,18). Ein ähnliches, aber weniger ausgeprägtes Bild zeigte sich bei den Nichtrauchern. Bei den Frauen sind die Resultate nicht eindeutig. Bei den Männern steht zudem die Häufigkeit des Vorkommens der drei erwähnten Krankheits-symptome in direkter Beziehung zum Rauchkonsum (Abb. 8).

Beim monozygoten «Zwillingskollektiv» mit den paarweise gleichen Rauchgewohnheiten, aber unterschiedlichen Lebensbedingungen hinsichtlich Wohnort ergaben sich zwischen Stadt und Land für «Angina pectoris» geringere Unterschiede als beim «Normalkollektiv». So beträgt für «Angina pectoris» das Verhältnis bei den Rauchern nicht mehr 1 : 1,50, sondern nur noch 1 : 1,29. Der Unterschied ist statistisch nicht gesichert. Bei «Husten» ist das Verhältnis 1 : 1,23, bei der «Bronchitis» 1 : 1,33 (Tab. 1). Die Tatsache, daß «Angina pectoris» im «Normalkollektiv» bei Rauchern in der Stadt häufiger auftritt als auf dem Land, daß dieser Unterschied aber bei den monozygoten Zwillingen nur noch

in geringerem Maße vorhanden ist, spricht nach der Interpretation des Untersuchers gegen das Vorhandensein eines «Angina pectoris» begünstigenden Faktors im Stadtleben. Cederlöf [10] ist auf Grund der Resultate geneigt, anzunehmen, daß Menschen, die das Stadtleben bevorzugen, an sich eine größere Tendenz zu «Angina pectoris» haben als Menschen, die für ihr Leben eine ländliche Gegend ausgewählt haben. Anders verhält es sich hinsichtlich «Bronchitis» und «Husten». Beide Krankheitssymptome treten bei den Rauchern sowohl im «Normal»- als auch im «Zwillingskollektiv» in der Stadt häufiger auf als auf dem Land. Dies spricht nach Cederlöf [10] für das Vorhandensein eines besonderen Krankheitsfaktors in der Stadt, der Erkrankungen der Atemwege begünstigt. Die Luftverunreinigung ist stark verdächtig, diesen stadtgebundenen Krankheitsfaktor darzustellen.

Natürlich können gegen diese Untersuchungen verschiedene Einwände vorgebracht werden. Es ist bekannt, daß verschickte Fragebogen, die von den Befragten selbst ausgefüllt werden, manche Fehlerquellen enthalten. Die Untersuchung zeigt aber auf jeden Fall, wie vorsichtig man bei der ursächlichen Verknüpfung zweier Erscheinungen sein muß, die möglicherweise einfach gleichzeitig ablaufen oder einen anderen, dritten, vielleicht noch unbekanntem Faktor als gemeinsame Ursache haben.

	Raucher städtisch	ländlich	Verhältnis	Nichtraucher städtisch	ländlich	Verhältnis
Angina pectoris	6,0	4,7	1,29	5,6	6,4	0,87
Husten	18,1	14,8	1,23	5,6	5,8	0,95
Bronchitis	8,1	6,0	1,33	1,4	1,7	0,83
Anzahl Fälle	149			359		

Tab. 1 Vorkommen von «Angina pectoris», «Husten» und «Bronchitis» (in %) bei monozygoten Zwillingen mit gleichen Rauchgewohnheiten in Stadt und Land.

Auf Grund der vorliegenden Resultate verschiedener Untersuchungen [15] darf man – auch unter Berücksichtigung der sozioökonomischen Verhältnisse und der Rauchgeohnheiten – annehmen, daß die Verunreinigung der Luft mit partikulärem Material die Häufigkeit chronischer Bronchitis fördert. Komplizierter liegen die Verhältnisse hinsichtlich der Schwere der Symptome bei Personen mit Emphysem und chronischer Bronchitis. Burrows und Mitarbeiter [16] haben aufgezeigt, daß Einbrüche von kaltem Wetter zu einer Verstärkung der Symptome führen. Es ist daher nicht möglich, die Verstärkung der Krankheitssymptome mit einer bestimmten Größe der Luftverunreinigung in Beziehung zu setzen.

Eine weitere Erschwerung in der Beurteilung der Stärke von chronischer Bronchitis haben Kelsey und Mitarbeiter [17] aufgezeigt, indem sie nachwiesen, daß die Schwere der Krankheit in enger Beziehung mit dem Herzog der untersuchten Personen aus der Stadt steht. Die Autoren fordern, daß in allen Untersuchungen über die Beziehung zwischen Schwere der chronischen Bronchitis und Luftverunreinigung auch die Wohnsitzdauer in der Stadt und Umzüge mitberücksichtigt werden müssen.

3. Beeinträchtigung der physiologischen Lungenfunktion ohne sichtbare Krankheitszeichen

Prindle und Mitarbeiter [19] untersuchten die Lungenfunktion der über 30jährigen Einwohner von zwei Ortschaften, die sich mit Ausnahme der Luftverunreinigung nahezu in jeder Hinsicht vergleichen ließen. Sie wählten dafür Seward als schmutzige und New Florence als saubere Stadt aus. Der Gehalt an Schwefeldioxid ist in Seward 6,2mal, der Staubbiederschlag 3,2mal größer als in New Florence. Die Autoren fanden signifikante Unterschiede hinsichtlich des durchschnittli-

chen Atemwegwiderstandes und des Produktes von Atemwegwiderstand mal Volumen. Diese Unterschiede führen die Autoren auf die unterschiedliche Luftverunreinigung zurück. Allerdings sind auch diese Befunde mit Skepsis aufzunehmen, da Macklem und Mitarbeiter [19] der Meinung sind, Lungenfunktionsteste, die auf dem forcierten Expirationsvolumen als Maß für den Atemwegwiderstand beruhen, stellten eine grobe Simplifizierung dar.

Es kommt hinzu, daß wegen des großen Einflusses der meteorologischen Verhältnisse nach Goldsmith [20] für Paralleluntersuchungen der Krankheitshäufigkeit – und demzufolge in noch zwingenderem Maße bei Paralleluntersuchungen der Lungenfunktion – nur Ortschaften herangezogen werden dürfen, die sich mit Ausnahme der Luftverunreinigung in allen Bedingungen – inklusive der meteorologischen – gleichen.

4. Subjektive Belästigung

Es gibt bis jetzt leider nur sehr wenige wissenschaftliche Arbeiten über die subjektive Belästigung durch Verunreinigung der Außenluft. Eine der umfassendsten Untersuchungen wurde von Goldsmith und Breslow [21] in Los Angeles 1956 durchgeführt. Von 2000 Familien in Kalifornien wurde je eine erwachsene Person über den Gesundheitszustand und die Luftverunreinigung befragt. Es ergab sich, daß Augenbeschwerden bei 3 von 4 Personen, die solche Beschwerden haben, durch die verschmutzte Außenluft verschlimmert werden, Atembeschwerden bei der Hälfte. Im Bezirk Los Angeles haben 20% der Befragten ausgesagt, daß sie mit den Lebensbedingungen in ihrer Gemeinde nur teilweise oder überhaupt nicht zufrieden seien. Unter den Gründen für die Unzufriedenheit rangierte die Luftverschmutzung mit 25% an erster Stelle, vor persönlichen Gründen mit 20% und finanziellen Gründen mit 13%. Von

Bezirk	Nicht belästigt	Belästigte Personen			Total
		zu Hause	bei der Arbeit	bei der Arbeit und zu Hause	
Los Angeles	26	39	8	27	74
San Franzisko	76	14	6	4	24
übrige Bezirke	78	13	5	4	22

Tab. 2 Anteile der durch Luftverunreinigungen belästigten Personen in Kalifornien (in %).

der Gruppe der Unzufriedenen äußerte nahezu die Hälfte den Wunsch, in eine andere Gegend zu ziehen. Alle diese Fragen über den Gesundheitszustand und über den Grad der Zufriedenheit mit den Lebensbedingungen wurden gestellt, bevor der Interviewer von sich aus das Wort «Luftverunreinigung» erwähnte. Auf die am Schluß des Interviews gestellte direkte Frage nach der Belästigung durch die Luftverschmutzung haben sich im Bezirk Los Angeles 74% der Befragten als belästigt bezeichnet. Im Bezirk San Franzisko waren es nur 24% und im Rest des Staates Kalifornien 22% (Tab. 2).

Die Verhältnisse von Los Angeles dürfen nicht einfach auf andere Städte übertragen werden, da Los Angeles in lufthygienischer Hinsicht eine Sonderstellung einnimmt. Diese bezieht sich sowohl auf den hohen Grad der Luftverunreinigung als auch auf den oxydierenden Charakter der luftverunreinigenden chemischen Verbindungen, der im Gegensatz zum reduzierenden Charakter der Luft vieler anderer Städte steht.

Junus [22] hat in der schwedischen Ortschaft Skövde 440 Personen befragt mit dem Ziel, den Grad der Belästigung durch unangenehme Gerüche und durch Staub zu ermitteln. Es zeichnete sich dabei eine interessante Tendenz zu Geschlechtsunterschieden ab im Sinne einer größeren Empfindlichkeit der Frauen. Denn 20% der Männer fühlten sich durch Staub überhaupt nicht belästigt gegenüber nur 14% der Frauen. In bezug auf unangenehme Gerüche war die Differenz ge-

ringer, gaben doch 5% der Männer an, nicht belästigt zu sein, gegenüber 4% der Frauen. Verschiedene weitere Untersuchungen über die subjektive Belästigung durch verschmutzte Luft sind in Ortschaften mit einem einzigen oder zwei bestimmten luftverschmutzten Industriebetrieben durchgeführt worden. Allerdings ist die Aussagekraft dieser Untersuchungen dadurch sehr beschränkt.

Folgerungen

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß unsere Kenntnisse über die gesundheitlichen Auswirkungen der Luftverunreinigungen stark verbessert wurden und daß sich viele neue Aspekte ergaben.

Es ist eine im allgemeinen bekannte Tatsache, daß bei der Beurteilung von Störungen der Gesundheit der Luftverunreinigungen in einem untersuchten Kollektiv auch die Rauchgewohnheiten mitzubersichtigen sind. Neuere Datums ist die wichtige Erkenntnis, daß den sozioökonomischen Fakten entscheidende Bedeutung zukommt. Auf Grund dieser Tatsache ist der Zusammenhang zwischen Lungenkrebs und Luftverunreinigung in Zukunft mit noch kritischeren Augen als bisher zu betrachten. Weitere Untersuchungen sollten hier Klarheit schaffen. Auf der anderen Seite hat die fördernde Wirkung von Luftverunreinigungen auf andere Krebsarten an Wahrscheinlichkeit und damit an Bedeutung gewonnen.

Die enge Beziehung zwischen Mortalität und Morbidität von chronischer Bronchitis und verunreinigter Außenluft darf als gesichert angenommen werden. In bezug auf die Stärke der Krankheitssymptome kommt den meteorologischen Verhältnissen bei der chronischen Bronchitis und beim Emphysem wahrscheinlich ebenso große Bedeutung zu wie dem Grad der Luftverunreinigung.

Untersuchungen über die Beeinflussung der Lungenfunktion ohne erkennbare Krankheitszeichen haben noch keine eindeutigen und unwidersprochenen Resultate zutage gebracht, lassen aber vermuten, daß das Leben in verschmutzter Außenluft zu Abweichungen der Lungenfunktion führt, bevor sich Krankheiten manifestieren.

Die relativ spärlichen Kenntnisse über die Rolle, welche die Luftverschmutzung in bezug auf die subjektive Belästigung unter sozusagen «normalen», d.h. nicht-extremen Bedingungen wie in Los Angeles spielt, sollten durch neue Untersuchungen erweitert werden. Denn die subjektive Belästigung stellt zweifellos das empfindlichste Kriterium für die Beeinträchtigung des Wohlbefindens dar.

Viele Zusammenhänge sind noch nicht restlos geklärt. Mit Sicherheit kann aber gesagt werden, daß die Kenntnisse über die gesundheitlichen Auswirkungen verschmutzter Außenluft vollauf genügen, um Maßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung von Luftverunreinigungen heute schon an die Hand zu nehmen.

Literatur

- [1] McCarroll J. und Bradley W.: Excess mortality as an indicator of health effects of air pollution. *Am. J. Publ. Health* 56/2, 1932 (1966).
- [2] Hechter H. H.: Air pollution and daily mortality. *Am. J. Med. Sci.* 241, 581–588 (1961).
- [3] Sprague H., Hagstrom R.: The Nashville air pollution study mortality multiple regression. *Arch. Environ. Health* 18, 503–507 (1969).
- [4] Sawicki E., Elbert W. C., Hauser T. R., Fox F. T., Stanley T. W.: Benzo(a)pyrene content of the air of American communities. *Am. Ind. Hyg. Ass. J.* 21, 443 (1960).
- [5] Winkelstein W., Kantor S., Davis E. W., Maneri C. S., Mosher W. E.: The relationship of air pollution and economic status to total mortality and selected respiratory system mortality in men. *Arch. Environ. Health* 14, 162–169 (1967).
- [6] Hagstrom R., Sprague H. A.: The Nashville Air pollution study. *Arch. Environ. Health*, 15, 237–248 (1967).
- [7] Ashley D. J. B.: Environmental factors in the aetiology of lung cancer and bronchitis. *Brit. J. prev. soc. Med.* 23, 258–262 (1969).
- [8] Verma M. P., Schilling F. J., Becker W. H.: Epidemiological study of illness absences in relation to air pollution. *Arch. Environ. Health* 18, 536–543 (1969).
- [9] Winkelstein W., Kantor S.: Stomach cancer. *Arch. Environ. Health* 18, 544–547 (1969).
- [10] Cederlöf R.: Urban factor and prevalence of respiratory symptom and "angina pectoris". *Arch. Environ. Health* 13, 743–748 (1966).
- [11] Hammond E. C., Horn D.: Smoking and death-rates-report on 44 months of follow-up 783 men. I. Total mortality. *J. Am. Med. Assoc.* 166, 1159 (1958).
- [12] Hammond E. C., Horn D.: Smoking and death-report on 44 month of follow-up 783 men. II. Death rates by cause. *J. Am. Med. Assoc.* 166, 1294 (1958).
- [13] Anderson R. J.: Epidemiologic studies of air pollution. Public Health Service, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Washington. D.C. O.M. 1520. Presented at the American College of Chest Physicians annual meeting, New York, June 24, 1961.
- [14] Ishikawa S., Bowden D. H., Fisher V., Wyatt J. P.: The "Emphysema Profile" in two midwestern cities in North America. *Arch. Environ. Health* 18, 660–666 (1969).
- [15] Winkelstein W., Kantor S.: Respiratory symptoms and air pollution in an urban population of north-eastern United States. *Arch. Environ. Health* 18, 760–767 (1969).
- [16] Burrows B., Kellogg A. L., Buskey J.: Relationship of symptoms of chronic bronchitis and emphysema to weather and air pollution. *Arch. Environ. Health* 16, 406–413 (1968).
- [17] Kelsey J. L., Mood E. W., Acheson R. M.: Population mobility and epidemiology of chronic bronchitis in Connecticut. *Arch. Environ. Health* 16, 853–861 (1968).

- [18] *Paccagnella B., Pavanello R., Eng, Pesarin F.*: Immediate effects of air pollution on health of schoolchildren in some districts of Ferrara. *Arch. Environ. Health* 18, 495–502 (1969).
- [19] *Macklem P. T., Mead J.*: The physiological basis of common pulmonary function tests. *Arch. Environ. Health* 14, 5–9 (1967).
- [20] *Goldsmith J. R.*: Air pollution epidemiology. *Arch. Environ. Health* 18, 516–522 (1969).
- [21] *Goldsmith J. R., Breslow L.*: Epidemiological aspects of air pollution. *Air poll. control ass. journal* 9, 129–132 (1959).
- [22] *Junus O.*: A sociological account of the air pollution problems at Skövde, zitiert nach Jonsson E.: Annoyance reactions to external environmental factors in different sociological groups. *Acta Sociologica* 7 (1963).

Adresse des Autors:

Dr. med. A. Gilgen, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, ETH, Clausiusstraße 25, 8006 Zürich

Diskussion:

Prof. Dr. med. E. Grandjean: Wenn man zwei Wohnquartiere miteinander vergleicht, muß man annehmen, daß es auch andere Unterschiede gibt als nur die Luft: Grünzonen, Bewegungsraum, folglich auch Freizeitverhalten und Gesundheitsbewußtsein. Die Mortalität darf nicht allein herangezogen werden. Subjektives Erlebnis ist maßgebend. Bis zur Krankheit dauert es eine Weile und noch viel länger, bis man stirbt. Also sollte der subjektive Indikator mehr berücksichtigt werden. Der Mensch hat ein natürliches Anrecht auf gesunde Luft.

Dr. Gilgen: Die Entwicklung ist anders verlaufen, als vernünftig wäre. Zuerst wurde nur die Gruppenmortalität untersucht. Man wollte zeigen, daß es nicht genügt, wenn man nur die rohen Sterbeziffern in Betracht zieht. Dann wählte man die Morbidität und jetzt die Lungenfunktion als Kriterium. Man hofft,

daß von nun an auch soziale Gesichtspunkte berücksichtigt werden.

Dr. ing. Jutzi, EMPA, Dübendorf: Was bisher gesagt wurde, betrifft die stagnierende Luft. Es stellt sich die Frage, ob auch bewegte Luft zu Belästigungen Anlaß gibt; wird z. B. Luft in den EWG-Ländern durch EFTA-Länder verunreinigt?

Dr. Keller: Verunreinigte Luft wird beispielsweise von Dänemark und Deutschland nach Südschweden verfrachtet.

Prof. Kästli: Liegen aus der Schweiz neuere Untersuchungen beim Menschen über den Einfluß der Abgase von Aluminiumfabriken vor?

Dr. Gilgen: Es sind keine neuen schweizerischen Arbeiten bekannt.