

### Zusammenfassung

#### Luftverunreinigung und chronische Atemwegserkrankungen

Von 1974 bis 1976 wurde in Frankreich in 24 Gebieten, verteilt auf 6 Städte, eine Studie durchgeführt, um die Beziehung zwischen dem Ausmass der Luftverunreinigung einerseits und der Lungenfunktionen sowie der Häufigkeit von Atemwegserkrankungen andererseits zu ermitteln. Gemessen wurden Schwefeldioxid, Schwebestaub, Stickstoffdioxid und Sulfate. Untersucht wurden Frauen und Männer im Alter von 25 bis 59 Jahren (keine Arbeiter) sowie Kinder im Alter von 6 bis 10 Jahren. Bei allen untersuchten Personen wurden die Lungenfunktionen mit einem Spirometer gemessen. Insgesamt wurden 8000 Männer, 9000 Frauen und 2500 Kinder erfasst.

Zwischen den Belastungen durch die Luftschadstoffe und dem Vorkommen charakteristischer Symptome von Atemwegserkrankungen ergaben sich folgende Zusammenhänge: Die Häufigkeit von Erkrankungen der unteren Atemwege bei Erwachsenen und der oberen Atemwege bei Kindern wird um so grösser, je höher die Konzentration von Schwefeldioxid ist. Sowohl bei den Erwachsenen wie auch bei den Kindern sind die Erstsekundenvolumen in Abhängigkeit der Schwefeldioxidverbindungen reduziert. Zwischen den

übrigen Luftschadstoffen und den Atemwegserkrankungen bestehen keine nennenswerten Beziehungen.

### Summary

#### Air Pollution and Chronic Respiratory Diseases

A national cooperative study was conducted from 1974 to 1976 in twenty-four areas located in six French cities, in order to investigate the relationships of air pollution to ventilatory function and the prevalence of respiratory symptoms. The concentrations of the following pollutants were daily measured: SO<sub>2</sub>, suspended particulates, NO<sub>x</sub>. The population included men and women, non manual workers, aged 25 to 59, and children, aged 6 to 10. The respiratory symptoms and other characteristics of the subjects were recorded and their ventilatory function was measured with a dry expirograph.

The main results were as following: a) in adults of both sexes, the pollution in SO<sub>2</sub> was associated with the prevalence of lower respiratory symptoms. b) in children, it was associated with the prevalence of upper respiratory symptoms. c) in both adults and children, the higher the SO<sub>2</sub> concentration, the lower the FEV<sub>1</sub>. d) no other pollutant was related to respiratory diseases.

## Luftverschmutzung und Lungenkrankheiten beim Erwachsenen

R. Keller

*Pneumologische Abteilungen der Klinik Barmelweid und des Kantonsspital Aarau*

Der Zusammenhang zwischen atmosphärischer Luftverunreinigung und Lungenkrankheiten beim Menschen wurde in den letzten Jahrzehnten eingehend anhand experimenteller und epidemiologischer Studien untersucht. Mittlerweile gilt als erwiesen, dass Luftschadstoffe wie Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickoxide (NO<sub>x</sub>) und Photooxydantien (z. B. Ozon) ab bestimmten Konzentrationen zu krankhaften Veränderungen der Atmungsorgane mit messbaren Störungen der Lungenfunktion führen können [1, 8, 10].

### 1. Inhalative Schadstoffwirkungen:

Die akute Einwirkung der inhalativen Noxen SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> verursacht spezifische Reaktionen an den Atemwegen, wie man sie sonst in der Humanmedizin als akute Tracheobronchitis und als Asthma bronchiale beobachten kann. Ausmass und Schweregrad der akuten Schädigungen sind dabei abhängig von der Menge des inhalierten Schadstoffes, d. h. von der Konzentration und der Dauer der Immission. Im weiteren steht auch fest, dass die Reizschwelle bei überempfindlichen oder vorgeschädigten Atemwegen wesentlich tiefer liegt als bei gesunden Atmungsorganen. In der Tat reagieren beispielsweise Kinder, Asthmatiker, Bronchitiker und ganz allgemein Patienten mit anderweitiger bronchopulmonaler Abwehrschwäche, wie auch die Mehrzahl der Raucher wesent-

lich früher und heftiger auf die erwähnten inhalativen Schadstoffe. So verursachen kurzdauernde Immissionen von SO<sub>2</sub> beim Gesunden erst in einer Konzentration von 5 ppm (ca. 14000 µg/m<sup>3</sup>) messbare asthmatische Atemwegsreaktionen, wogegen der symptomfreie Asthmatiker bereits bei 1 ppm (ca. 2500 µg/m<sup>3</sup>) reagiert [9].

Bei den Stickoxiden (NO<sub>2</sub>) wiederum ist ein Bronchospasmus beim Gesunden ab einer Konzentration von 1,5 ppm (3000 µg/m<sup>3</sup>) zu erwarten [2], beim Asthmatiker jedoch bereits mit 0,1 ppm (200 µg/m<sup>3</sup>). Als besonders aggressiver Schadstoff hat sich inzwischen auch das Ozon erwiesen, indem eine deutliche Erhöhung der bronchialen Strömungswiderstände beim Gesunden unter körperlicher Belastung schon bei 0,25 ppm (500 µg/m<sup>3</sup>) gemessen wurde [5].

Der asthmogene Mechanismus der inhalativen Luftschadstoffe [6] beruht einerseits auf einer direkten reflektorischen Bronchokonstriktion, wie sie experimentell beim SO<sub>2</sub> und beim Ozon nachgewiesen wurde (Abb. 1). Andererseits können sowohl Ozon wie auch Stickoxide durch Irritation und Aktivierung spezifischer Zellen in der Bronchialschleimhaut – sog. Mastzellen – einen komplexen humoralen Prozess in Gang setzen, wodurch ähnlich wie beim allergischen Asthma eine längerdauernde Reaktion mit Bronchospasmus, Schleimhautschwellung und übermässiger Schleimpro-

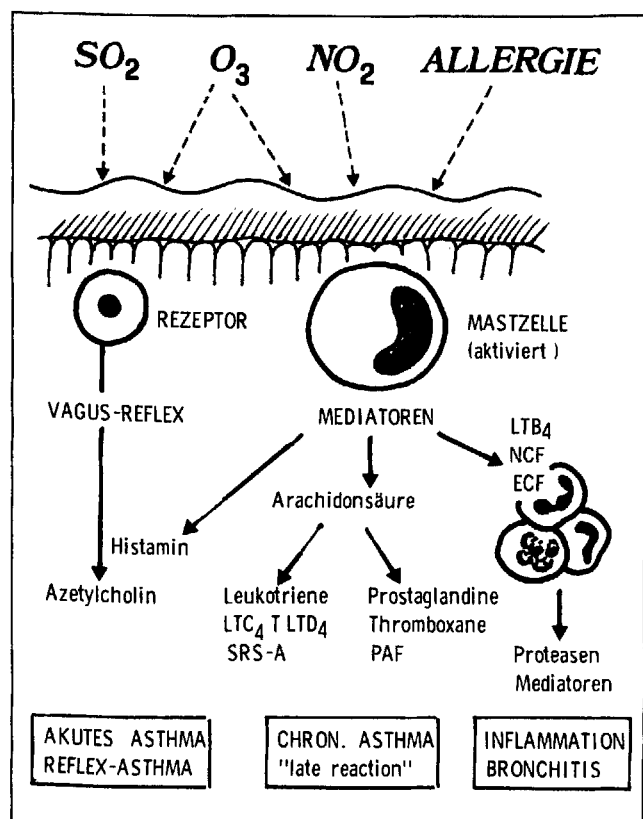


Abb. 1: Pathogenese des Asthma bronchiale durch die inhalativen Luftschadstoffe Schwefeldioxid, Ozon und Stickoxide. Neben einer akuten und unmittelbaren Bronchokonstriktion über vagale Reflexe können Ozon und  $\text{NO}_2$  analog den allergischen Mechanismen eine etwas verspätet einsetzende, aber länger anhaltende asthmatische Reaktion induzieren.

duktion entsteht. Die dadurch verengten und verlegten Bronchien verursachen akute Atemnot, Husten und Auswurf mit messbarer Einschränkung der Lungenfunktion wie man es bereits mit einfachen spirometrischen Testgeräten dokumentieren kann. Bei langdauernder und chronischer inhalativer Schadstoffbelastung werden ausserdem Entzündungszellen angezogen, welche ihrerseits die asthmatische Bronchialreaktion weiterführen und die Bronchialschleimhaut mit der Zeit zerstören können. Die Entwicklung zur chronischen obstruktiven Bronchitis ist dadurch vorprogrammiert, zu einem Krankheitsbild, welches charakterisiert ist durch chronischen Husten und Auswurf, definitionsgemäss während mind. 3 Monaten jährlich und seit mind. 2 Jahren bestehend. Wenngleich die chronische Bronchitis vorerst für den Betroffenen keine übermässige Beeinträchtigung des Befindens bedeutet, so sind ihre Spätfolgen oft verheerend: Nach vielen Jahren entwickelt sich daraus das Lungenemphysem, eine irreversible Überblähung und Zerstörung der Alveolen mit zunehmender, invalidisierender Atemnot, chronischem Sauerstoffmangel und schliesslich terminalem Herzversagen.

Im Gegensatz zu der akuten und mittlerweile gut dokumentierten Schädigung der Atmungsorgane

durch die inhalativen Luftschadstoffe  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  und  $\text{O}_3$  sind die Folgen ihrer langzeitlichen und zumeist unterschwelligen Einwirkung wesentlich schwieriger zu beurteilen. Besonders bei der Entstehung der chronischen Bronchitis sind zahlreiche andere Risikofaktoren wie z. B. das immer noch weitverbreitete Zigarettenrauchen zu berücksichtigen, welche es erschweren, den Einfluss der atmosphärischen Luftverunreinigung exakt und quantitativ zu erfassen. Dennoch konnten mittlerweile neuere epidemiologische Studien [3, 4] nachweisen, dass in Gebieten mit hoher atmosphärischer Schadstoffbelastung die Bevölkerung signifikant häufiger an Husten, Auswurf und Atemnot leidet, als in Regionen mit sauberer Luft. Man darf deshalb daraus schliessen, dass diese Unterschiede in der Häufigkeit von chronischen Atemwegserkrankungen auf die unterschiedliche Luftqualität zurückzuführen sind.

## 2. Zur Situation in der Schweiz

In der Schweiz wurden bislang keine systematischen Untersuchungen über die Auswirkung der Luftverunreinigung auf die Gesundheit beim Erwachsenen durchgeführt. Andererseits steht mittlerweile fest, dass auch die Schweiz eine z. T. erhebliche atmosphärische Schadstoffbelastung aufweist, wie es bekanntlich kürzliche Messungen bei der Abklärung der Waldschäden ergeben haben. Nachdem sich jedoch gezeigt hat, dass die Beziehung zwischen Luftverschmutzung und gesundheitlichen Schädigungen beim Menschen von einer Vielzahl zusätzlicher Faktoren mitbeeinflusst wird, können Erfahrungsberichte und Ergebnisse von ausländischen Studien nur bedingt auf schweizerische Verhältnisse übertragen werden. So spielen neben den objektiven Schadstoffkonzentrationen auch spezifische klimatische Einflüsse, Bevölkerungsstruktur, Lebensgewohnheiten, Arbeitsplätze, Wohnräume etc. eine gewichtige Rolle. Die Frage nach dem Ausmass der gesundheitlichen Gefährdung durch inhalative Schadstoffe in der Schweiz könnte deshalb nur durch umfassende eigene Untersuchungen schlüssig beantwortet werden. Die Notwendigkeit derartiger aufwendiger und sicher auch kostspieliger Untersuchungen ergibt sich jedoch allein schon aus dem Verdacht, dass die Luftverschmutzung die Bevölkerung gesundheitlich gefährdet. Inzwischen ist dieser Verdacht durch die zahlreichen alarmierenden Berichte aus dem In- und Ausland offenkundig und man sollte deshalb durch eine systematische Analyse auf breiter Basis die Situation auch in der Schweiz unbedingt eingehender überprüfen (Abb. 2). Das geeignete und international anerkannte Vorgehen [1, 7] sieht vor, dass vorerst durch das öffentliche Gesundheitswesen die gefährdete Bevölkerung definiert und eine entsprechende Untersuchung und Überwachung der Lufthygiene veranlasst wird. Mit repräsentativen Umfragen in der Bevölkerung lässt sich Umfang und Ausmass allfälliger spezifischer Beschwerden ermitteln, welchen dadurch allerdings noch kein absoluter Krankheitswert zukommt. Alarmierend ist erst der

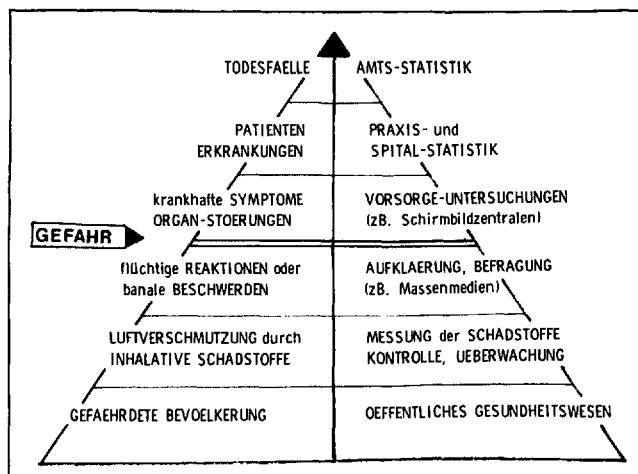


Abb. 2: Schema des epidemiologischen Vorgehens zur Erfassung gesundheitsschädlicher Auswirkungen von Luftschadstoffen in der Bevölkerung.

objektive Nachweis zunehmender krankhafter Symptome im Zusammenhang mit organischen Schädigungen anhand von Ergebnissen umfassender Screening-Methoden, ferner die Beobachtung über eine ungewöhnliche und ungeklärte Zunahme von Erkrankungsfällen in hausärztlichen Praxen und Spitälern oder schliesslich auch die Zunahme von Sterbefällen gemäss der Todesfallstatistik. Erfreulicherweise sind die für eine derartige Abklärung notwendigen Einrichtungen und Institutionen in der Schweiz vorhanden; doch sind ihre Arbeitsmethoden für diese Fragestellung noch zu wenig koordiniert und die technischen Ausrüstungen noch zu wenig ausgebaut. Ein erster allgemeiner Überblick über die Entwicklung von Lungenkrankheiten in der Schweiz zeigt bei den möglichen Folgeerscheinungen der inhalativen Luftschadstoffe immerhin eine Zunahme der Todesfälle durch Asthma, Bronchitis und Lungenemphysem um 19%, der Spitalfälle um 33% und der hausärztlichen Konsultationen sogar um 53% innerhalb der letzten 10 Jahre. Ferner ergab eine kürzliche epidemiologische Untersuchung über die Prävalenz von obstruktiven Atemfunktionsstörungen im Kanton Aargau, dass ein erheblicher Anteil der männlichen Bevölkerung an asthmaähnlichen Krankheiten leidet (Abb. 3). Allein diese Zahlen und Fakten sollten dazu motivieren, dass der Frage nach dem gesundheitsschädigenden Einfluss der Luftverschmutzung auf die Bevölkerung in der Schweiz eingehender nachgegangen wird.

### 3. Schlussfolgerungen

Die bisherigen Berichte über die Auswirkung inhalativer Luftschadstoffe beim Menschen durch die am eingehendsten untersuchten Noxen  $SO_2$ ,  $NO_2$  und  $O_3$  lassen den Schluss zu, dass akute Immissionen mit Spitzenwerten wie sie auch in der Schweiz regional auftreten können, zumindest bei der Bevölkerung mit vorbestehenden Lungenkrankheiten und vorgeschädigten Atmungsorganen eine ernsthafte gesundheitliche Gefährdung bedeuten. Die krankhaften Sym-

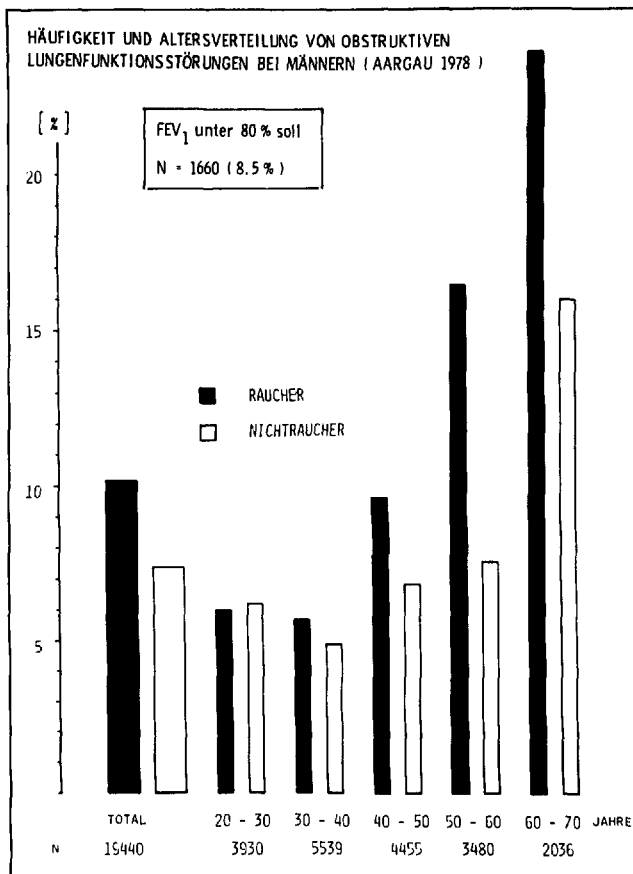


Abb. 3: Ergebnisse einer epidemiologischen Untersuchung über die Prävalenz obstruktiver Lungenfunktionsstörungen im Kanton Aargau. Die anlässlich einer Schirmbildaktion gleichzeitig durchgeführte spirometrische Lungenfunktionsprüfung an 19440 Männern ergibt global eine krankhafte Einschränkung des 1-Sekundenvolumens ( $FEV_1$  unter 80%) bei 8,5% der untersuchten Probanden.

ptome werden dadurch verstärkt, die Krankheit verläuft zweifellos schwerer und erfordert eine intensivere ärztliche Behandlung. Vermutlich sind auch die bedrohlichen Folgeerscheinungen und Komplikationen von chronischen Atemwegserkrankungen häufiger und die Zahl der Arbeitsausfälle und frühzeitige Invalidisierungen nehmen zu. Beim gesunden Erwachsenen konnten ernsthafte Schädigungen durch die landesweit gemessenen Schadstoffimmissionen bisher nicht nachgewiesen werden. Für die Annahme jedenfalls, dass auch die lungengesunde Bevölkerung infolge jahrelanger Luftverschmutzung mit  $SO_2$ ,  $NO_x$  und  $O_3$  vermehrt von Lungenkrankheiten befallen wird, bestehen aufgrund der bisherigen Untersuchungen noch keine überzeugenden Beweise. Dennoch, die allein schon an der kranken und überempfindlichen Bevölkerung nachgewiesenen gesundheitlichen Schädigungen durch die heutige atmosphärische Luftverunreinigung rufen nach einer unverzüglichen Reduktion der Schadstoffe in der Atemluft zum Schutze der zahlreichen gefährdeten Mitmenschen.

### Zusammenfassung

Die bei der Luftverschmutzung auftretenden inhalativen Schadstoffe SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> und Photooxydantien wie Ozon verursachen beim Menschen Erkrankungen der Atmungsorgane, welche sich nach akuter, kurzdauernder Immission vor allem als asthmaähnliche Reaktionen am Bronchialsystem manifestieren. Der lungengesunde Erwachsene reagiert darauf allerdings erst bei Konzentrationen, wie sie derzeit im Rahmen der allgemeinen Luftverunreinigung kaum je beobachtet werden. Im Gegensatz dazu ist jedoch die Bevölkerung mit vorbestehenden Lungenkrankheiten oder geschwächten bronchopulmonalen Abwehrmechanismen bereits jetzt gesundheitlich gefährdet. Bei andauernder und jahrelanger Immission bestehen aufgrund zahlreicher ausländischer Untersuchungen alarmierende Hinweise darauf, dass inhalative Luftschadstoffe für das gehäufte Auftreten einer chronischen obstruktiven Bronchitis verantwortlich sind. Für die Schweiz mit ihren speziellen demographischen, sozialen und klimatischen Eigenheiten ist deshalb eindringlich zu fordern, dass der Zusammenhang zwischen Luftverunreinigung und gesundheitlichen Schäden vor allem an den Atmungsorganen systematisch analysiert wird und dass gleichzeitig rasche Massnahmen zur unverzüglichen Reduktion der Luftschadstoffe zum Schutz der gefährdeten Bevölkerung ergriffen werden.

### Résumé

Les substances toxiques présentes dans l'air pollué telles que les particules de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ou de photo-oxydants comme l'ozone provoquent chez l'homme des maladies de l'appareil respiratoire, qui se manifestent après exposition aiguë de courte durée surtout par des réactions asthmatiformes au niveau de l'arbre bronchique. Le poumon de l'adulte en bonne santé ne réagit à cette agression qu'à des concentrations actuellement rarement observées dans le cadre de la pollution générale. En revanche, la population souffrant de maladie pulmonaire préexistante ou de mécanismes de défense bronchopulmonaires affaiblis est maintenant déjà menacée dans sa santé. Il existe sur la base de nombreuses études étrangères des indices alarmants que les substances toxiques de l'air inhalées sont responsables de l'apparition plus fréquente d'une bronchite chronique obstructive. Pour la Suisse, avec ses conditions démographiques, sociales et climatiques particulières, il faut donc demander de façon pressante que la relation entre pollution de l'air et dommages à la santé, principalement pour l'appareil respiratoire, soit systématiquement analysée, et que soient prises en même temps des mesures énergiques pour réduire sans délai les substances toxiques présentes dans l'air afin d'assurer la protection de la population à risque.

### Summary

Short-time exposure to air pollutants and in particular to sulfur dioxide, nitrogen oxides and photochemical oxidants may cause respiratory symptoms similar to acute bronchial asthma. In healthy adults however the concentrations required to evoke significant bronchial obstruction lie still above the level of atmospheric air pollution usually observed in our country. In contrast patients with preexisting pulmonary diseases or with impaired bronchopulmonary defense mechanisms may show harmful reactions even at concentrations which actually occur in urban and rural atmospheres. In addition there is evidence of an increased prevalence of chronic obstructive pulmonary diseases in countries with high chemical pollution indicating that long-term exposure of ambient air pollution may cause chronic illness as well. Since air pollution is accepted to produce adverse health effects, emergent efforts are required to improve air quality in order to avoid further injuries in man.

### Literaturverzeichnis

- [1] American Thoracic Society: Health effects of air pollution. *ATS-News* 4, 22–62 (1978).
- [2] Dawson S.V. and M.B. Schenker: Health effects of inhalation of ambient concentrations of nitrogen dioxide. *Amer. Rev. Resp. Dis.* 120, 281–292 (1979).
- [3] Detels R., J.W. Sayre, A.H. Coulson, S.N. Rokaw, F.J. Massey, D.P. Tashkin and M.M. Wu: The UCLA population studies of chronic obstructive respiratory disease. *Amer. Rev. Resp. Dis.* 124, 673–680 (1981).
- [4] Hodgkin J.E., D.E. Abbey, G.L. Euler and A.R. Magie: COPD prevalence in nonsmokers in high and low photochemical air pollution areas. *Chest* 86, 830–838 (1984).
- [5] Mc Donnell W.F., Hostman D.H. and M.J. Hazucha: Pulmonary effects of ozone exposure during exercise. *J. appl. Physiol.* 54, 1345–1352 (1983).
- [6] Mustafa M.G. and D.F. Tierny: Biochemical and metabolic changes in the lung with oxygen and nitrogen dioxide toxicity. *Amer. Rev. Resp. Des.* 118, 1061–1090 (1978).
- [7] Perruchoud A.P., R.J. Phipps, M. Sielczak and W.M. Abraham: Auswirkungen der Luftverschmutzung auf die Lungenfunktion. *Therapeut. Umschau* 42, 126–131 (1985).
- [8] Scherrer M.: Luftbelastung und Atem- und Kreislaufferkrankungen. *Schweiz. Med. Wschr.* 115, 1042–1048 (1985).
- [9] Sheppard D., W.S. Wong, C.F. Uhara, J.A. Nadel and H.A. Boushey: Lower threshold and greater bronchomotor responsiveness of asthmatic subjects to sulfur dioxide. *Amer. Rev. Resp. Dis.* 122, 873–878 (1980).
- [10] Ulmer W.T.: Gesundheitsschäden durch Luftschadstoffe. *Acta Med. Austriaca* 11, 151–159 (1984).