

# Relevante Forschungslücken auf dem Gebiet der Lufthygiene<sup>1</sup>

E. Merian

Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Umweltforschung und Schweizerische Gesellschaft für Umweltschutz

## 1. Einleitung

In den letzten zwanzig Jahren wurden dank vielseitigem Einsatz – insbesondere auch dank den hier nicht behandelten Arbeiten von Ingenieurwesen und Chemie über Luftreinhaltung – Fortschritte in der Überwachung von Umweltbelastungen erzielt. Dies geht zum Teil auch aus den neueren interessanten Publikationen über Forschungsergebnisse hervor. Im folgenden soll auf dem Gebiete der Lufthygiene nach einer kurzen Standortbestimmung versucht werden, auf Grund von allgemeinen methodischen Betrachtungen einige noch zu wenig bearbeitete Forschungslücken aufzuzeigen.

Bekanntlich hat eine Arbeitsgruppe der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft für Umweltforschung (SAGUF) in den Jahren 1973–1975 zum erstenmal die Umweltforschungstätigkeit in der Schweiz erfasst und in einem Zusatzband – dem Fragenkatalog – versucht, einige Folgerungen aus dieser Erhebung zu ziehen [1]. Das Kapitel «S» befasst sich speziell mit der Luft. Da es wahrscheinlich nie gelingen wird, offene Fragen mit Hilfe rein wissenschaftlicher Methoden bezüglich ihrer Relevanz objektiv zu gewichten, muss die Auswahl zu bearbeitender Forschungsprojekte pragmatisch auf Grund gewisser Vorstellungen erfolgen. Die Heranarbeitung an die gesuchte Antwort auf die spezifische Umweltproblematik wird schliesslich iterativ erreicht.

Der unbestrittene Grundsatz «Umweltbelastungen dürfen nicht weiter zunehmen und sollen soweit möglich vermindert werden» lässt sich nur auf bekannte und untersuchte Emissionen und Immissionen anwenden. Man befasste sich zunächst einmal mit den Luftbelastungen, welche öffentliches Ärgernis erregten und über die man bereits einiges wusste und welche leicht zu messen und zu überwachen waren. Darum wurden zum Beispiel Schwerpunkte bei der Überwachung von Schwefeldioxid, von Kohlenmonoxid, von Rauch und von Bleiverbindungen gebildet. Die erzielten Fortschritte und die eingeleiteten Massnahmen ermöglichen eine Besinnungspause um sich zu überlegen, welche Umweltbelastungen in der weiteren Zukunft am relevantesten sein könnten und welche Kenntnislücken daher zuerst geschlossen werden sollten, wobei unmöglich Tausende von alten und neuen Chemikalien untersucht werden können. Die Sowjet-

**Bei einer Analyse, welchen Forschungsprojekten über atmosphärische Umweltbelastungen in der Schweiz Priorität einzuräumen ist, kann man systematisch und/oder pragmatisch/iterativ vorgehen. Voraussetzung sind Vorstellungen über die ungefähre Grössenordnung der Bedeutung von gasförmigen Luftbelastungen, von Aerosolen und von synergistischen Effekten und Auswertung international erarbeiteter Informationen.**

union unterscheidet zum Beispiel zwischen 400 relevanten Schadstoffen, Japan zwischen 40, wobei in letzterem Land 20 000 Chemikalien nach Gefährlichkeit klassiert wurden [2, 18].

In neuerer Zeit hat die Spurenanalytik ausserordentliche Fortschritte gemacht und hat damit einen grossen Teil des modernen technischen Umweltschutzes erst ermöglicht. Es bestehen aber oft Kenntnislücken bezüglich Fehlerquellen (insbesondere bei der Probenahme), bezüglich Aussagewert und bezüglich Bedeutung [3]. Auch die Selektivität der Identifizierung bedarf Verbesserungen. Zum Beispiel genügt es nicht, einfach die Summe der Kohlenwasserstoffe zu bestimmen und relativ ungiftige Aliphaten und unterschiedlich gefährliche Aromaten (Benzol, Benzolhomologe und polyzyklische Aromaten) unbesehen zusammenzuzählen [4]. Bei den Schwebestäuben sollte vermehrt zwischen ihren Bestandteilen und den physikalischen Formen sowie der Teilchengrösse unterschieden werden [5]. Wichtig ist auch die Differenzierung zwischen verschiedenen Verbindungen ein und desselben Elements, die sich wie die verschiedenen anorganischen und organischen Bleiverbindungen verschieden verhalten [3].

Zur Abschätzung der Relevanz von Umweltbelastungen können die Produktionshöhen (Massenbilanzen, Frachtenberechnungen), die Persistenz (biologische Abbaubarkeit, abiotische Mineralisierung), die Dispersionstendenz (inklusive die Übergangsmechanismen auf Wasser und Nahrungsmittel), die Bildung von Umwandlungsprodukten und die Wirkung der Chemikalien und ihrer Umwandlungsprodukte dienen [6]. Rasch wachsende Mengen von relativ resistenten Verbindungen bedürfen einer besonderen Überwachung. Bekannte Risiken sind nach G. Fülgraff, Präsident des deutschen Bundesgesundheitsamts, unbekanntes vorzuziehen [7].

Auf die Problematik der Verwendung von Toleranzfaktoren und von Luftbelastungsindices zur Priorität-

<sup>1</sup> Kurzfassung eines Vortrags vom 10. September 1976 am Erfahrungsaustausch über lufthygienische Untersuchungen in der Schweiz am Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, Eidg. Technische Hochschule, 8092 Zürich.

tensetzung soll hier nicht eingegangen werden [8]. In der Umwelttoxikologie haben chronische Toxizitäten grössere Bedeutung als die akuten bzw. subakuten Toxizitäten. Langfristige epidemiologische Untersuchungen sind daher zu fördern [4]. Zwischen Arbeitshygiene (welche sich mit gesunden, während 8 Stunden exponierten Erwachsenen beschäftigt) und Umwelthygiene (welche sich mit allen Bevölkerungsgruppen beschäftigt) bestehen wesentliche Unterschiede. Sehr wichtig sind bessere Kenntnisse über Deposition, Elimination und Resorption in der Lunge und über den Metabolismus im Organismus [4, 11]. Häufig ist nämlich die Resorption bei Inhalation grösser als bei oraler Einnahme [9]. Kenntnislücken bestehen vor allem auch bezüglich Kanzerogenität, Sensibilisierung (zum Beispiel Auftreten von Asthma und Ekzemen) und Wahrnehmung durch Sinnesorgane (Geruch). Gerade über diese wichtigen Wirkungen findet man in den MAK-Listen keine Angaben. Neue anthropogene Belastungen können für Organismen kritischer sein als natürliche, weil sich diese im Laufe der Evolution nicht anpassen konnten. Für eine Früherkennung sollten die Mutagenitätsteste – die den Stoffwechsel des Säugers mitberücksichtigen – verbessert und die Zusammenhänge zwischen Mutagenese und Kanzerogenese weiter studiert werden [10]. Dabei bedarf die Übertragbarkeit der Resultate auf den Menschen einer besonderen Bearbeitung, wobei ja schon der Übertragbarkeit der Resultate von Tierversuchen art-spezifische und individuelle Grenzen gesetzt sind.

## **2. Gasförmige Luftbelastungen (insbesondere Stickoxide, Ozon, Chlor- und Fluorwasserstoff, radioaktive Elemente und Kohlenwasserstoffe)**

Schwefeldioxid ist relativ gefährlich als Ausgangsprodukt für Sulfite und Sulfate, als Schadstoff für Pflanzen und als Bauten und Metalle korrodierende Verbindung [3, 11, 15]. Kohlenmonoxid ist in nicht geschlossenen Räumen relativ ungefährlich [11]. Beide Gase werden schon recht gut überwacht.

Stickoxide sind heute möglicherweise kritischer. Sie werden in Abhängigkeit von Verbrennungsbedingungen gebildet, spielen bei der Smogbildung und bei der Zerstörung der Ozonschicht eine Rolle, sind schlecht riechbar, verdicken Schleimhäute oberflächlich und irreversibel und verändern das Flimmerepithel, das die Abwehrmechanismen der Lunge regliert [11].

Die Ozonkonzentrationen scheinen auch in europäischen Städten zuzunehmen [3, 11, 12]. Andererseits ist bekanntlich die Ozonschicht möglicherweise gefährdet [10, 13]. Kenntnislücken bestehen bezüglich der Wirkung und bezüglich der Zusammenhänge bei der Bildung von aktiven Radikalen in der Luft [13].

Für Chlorwasserstoff und Fluorwasserstoff drängen sich weitere Massnahmen und Untersuchungen auf, wenn ihr Ausstoss bei Kehrlichtverbrennungsprozessen weiter zunimmt.

Beachtliche Wissenslücken bestehen bei den Kohlenwasserstoffen, einem heterogenen Gemisch von vielen Verbindungen mit unterschiedlichem abiotischen und

biologischem Abbau, mit differenzierter örtlicher Anreicherung und mit verschiedenartigsten chronischen toxikologischen Wirkungen [8, 11]. In der Schweiz werden jährlich etwa 100 000 Tonnen Kohlenwasserstoffe (wovon etwa 30 000 Tonnen volatile Aromaten und davon etwa 6000 Tonnen Benzol) emittiert. Für Benzol und für polyzyklische Aromaten sollten unter Berücksichtigung synergistischer Effekte Nulleffektgrenzwerte bestimmt werden.

Bei den luftbelastenden Gasen ist ferner noch nicht abschliessend geklärt, welche Folgen die exponentiell zunehmenden Mengen an emittierten radioaktiven Krypton, Xenon, Tritium und Jod haben könnten [14].

## **3. Schwebstaub (wie Sulfite und Sulfate, Metalle und chlororganische Verbindungen sowie Pneumobribe, Pollen und Bakterien)**

Wahrscheinlich sind für viele chronische Krankheiten – wie Asthma – nicht Schwefeldioxid, sondern Sulfite und Sulfate verantwortlich [3, 4, 15]. Man müsste wesentlich mehr über deren Entstehung und deren Form wissen. Auch sogenannte chronische Kohlenmonoxiderkrankungen sind Einwirkungen von Rauch und Feinstäuben [5].

Die Bleiverbindungen in der Atmosphäre verlieren hoffentlich an Bedeutung, wenn den Motorentreibstoffen keine Bleitetraalkyle mehr zugesetzt werden. Kenntnislücken bestehen einstweilen noch über die möglichen Folgen einer weiteren Anreicherung von Blei in Ökosystemen [9]. Einige weitere Metalle bedürfen zusätzlicher Umweltforschung, vielleicht vor allem Beryllium, welches bisher zu wenig beachtet worden ist [4, 11].

Persistente chlororganische Verbindungen verteilen sich gleichmässig über die Erdoberfläche, wenn ihre Lebensdauer mehr als ein halbes Jahr beträgt [16]. Man müsste vermehrt zwischen monomolekular verteilten und aggregierten Luftbelastungen unterscheiden [3]. Bei DDT und PCB ist nicht klar, welche Gefahr die in der Umwelt noch vorhandenen Mengen darstellen. Ungelöste Fragen ergeben sich vor allem bei Kunststoffzusätzen – wie bromierten Analogen von Pestiziden und PCB –, welche erst allmählich und im Gegensatz zu landwirtschaftlichen Hilfsprodukten nur teilweise in die Umwelt gelangen [10]. Neuerdings spielt Hexachlorbenzol als weitere Umweltbelastung eine grössere Rolle, über dessen Herkunft man noch zu wenig weiss [5, 17].

## **4. Synergistische Effekte**

Bei den synergistischen Effekten bestehen die grössten Kenntnislücken. Es ist noch offen, bei welchen Konzentrationen die Nulleffektgrenze zu erwarten ist. Interessant wäre es, Beobachtungen zu sammeln über Wirkungen in Mengen von weniger als 1 mg/kg Körpergewicht, um abzuklären, ob unterhalb dieser Belastungsgrenze – wie F. Korte annimmt – kaum Erkrankungen zu erwarten sind [6, 18, 21]. Die Belastung des Menschen und seiner Umwelt und das zen-

trale Problem der Umweltkarzinogenese sind immer Kombinationswirkungen, wobei solche ja auch aus der Arzneimitteltherapie bekannt sind [4]. Im folgenden seien einige bekanntgewordene Beispiele aus der Umwelttoxikologie erwähnt, die weiter studiert werden müssten:

- Synergistische und antagonistische Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Metallen [4].
- Bleiverbindungen und Stickoxide können die Alveolarmakrophagen in der Lunge schädigen. Durch diese zytostatische Wirkung, die inhalationspezifisch ist und bei oraler Aufnahme aus der Nahrung nicht eintritt, werden die Abwehrmechanismen zum Beispiel gegen Infektionen durch Bakterien und gegen Karzinogene geschwächt [9, 11, 19].
- Synergetische Wirkungen zwischen Benzol und Kohlenstoffmonoxid wurden beschrieben und müssten überprüft werden [8, 20].
- Beispielsweise Fettdiät, DDT und Phenobarbitol beeinflussen spezifische Enzymsysteme, welche zum Teil für die Unschädlichmachung von resorbierten Fremdstoffen verantwortlich sind [21]. Bei gewissen dieser induzierten Effekte scheint die Nulleffektgrenze sehr niedrig zu sein.
- Nach neueren Untersuchungen soll photochemischer Smog aus Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen auch in Frankfurt, London und Zürich vorkommen, nicht nur in Kalifornien [12, 22]. Auch soll die Schädigung der Atemwege durch Schwefeldioxid in Gegenwart geringer Mengen Ozon erhöht werden [12].
- Systematische Untersuchungen über Karzinogenese bei chronischen Einwirkungen liegen noch kaum vor. Die Kombinationswirkungen, die sich aus der Gesamtbelastung des Organismus mit kleinen bis sehr kleinen Mengen vieler unterschiedlicher Karzinogene ergeben können, sind praktisch unbekannt [4]. Durch weitere Forschung an Aktivierungs- und protektiven Inaktivierungsmechanismen – wie zum Beispiel an selektiven Enzyminduktionen – können Anhaltspunkte für Schwellenwerte und für präventives Eingreifen gewonnen werden [4, 21].

### 5. Schlussfolgerungen

Während man die Schwefeldioxid-, Kohlenstoffmonoxid- und Bleibelastungen in der Luft einigermaßen unter Kontrolle hat und insbesondere bei deren Messung beachtliche Fortschritte erzielt hat, bestehen bei den in Zukunft wahrscheinlich kritischeren Immissionen von Stickoxiden, von spezifischen Kohlenwasserstoffen, von radioaktiven Elementen, von einzelnen Aerosolen und vor allem bei den synergistischen Effekten noch grosse Kenntnislücken. Dies ist um so bedeutsamer, als einzelne dieser Immissionen noch zunehmen und/oder akkumulieren und als sich zum Teil auch die Sensibilität einzelner Arten von Pflanzen und von Tieren sowie einzelner Bevölkerungsgruppen verändern kann, vor allem bei Belastungen an die sich die Lebewesen im Verlaufe der Jahrtausenden der Evolution nicht anpassen konnten. Auch ist im allgemeinen

zu wenig darüber bekannt, wie gross die Risiken sind, wenn der Mensch mit den subtilen, natürlichen Gleichgewichten unseres Ökosystems interferiert – wenn man zum Beispiel an die komplizierten Wechselbeziehungen zwischen den Bestandteilen – Gasen und Spurenstoffe – in der Atmosphäre denkt sowie an mögliche klimatische Veränderungen. Alle diese Kenntnislücken werden auch in den nächsten Jahren höchste Anforderungen an die Umweltforschung – insbesondere an die Spurenanalytik und an die Umwelttoxikologie – stellen, was das Setzen von Prioritäten und die Bearbeitung ausgewählter Probleme koordiniert oberhalb der kritischen Masse – um die Erfolgchancen der Forschung zu erhöhen – reizvoll und sinnvoll machen wird. Wenn immer möglich sollte dabei erreicht werden, dass primär die Bildung von Umweltbelastungen an der Quelle vermieden wird. Es ist aber auch wichtig sich zu überlegen, wie die Schwerpunktbildung im Forschungsbereich politisch durchgesetzt und wie Forschungsergebnisse von der Allgemeinheit und vom einzelnen besser berücksichtigt werden können.

### Zusammenfassung

Die Schweizerische Arbeitsgemeinschaft führt regelmässig Bestandaufnahmen über die Umweltforschung in der Schweiz durch und hat sich auch mit dem Setzen von Prioritäten in diesem Bereich auseinandergesetzt. Es ist in einem kleinen Land wie der Schweiz besonders wichtig, koordiniert Schwerpunkte zu setzen. Von den fünf auszubauenden Umweltforschungsbereichen Sozial- und Geisteswissenschaften, Energie, Recycling und Abfallbewirtschaftung, Landbau und Bergwirtschaft sowie Belastungsgrenzwerte ist bei den letzteren besonders das Vorkommen und die Wirkung der zu untersuchenden Schadstoffe zu analysieren. Dabei bestehen bei neuartigen, stark zunehmenden Belastungen grössere Forschungslücken als bei bekannten und bereits überwachten. Besondere Anstrengungen drängen sich daher im Bereich der Lufthygiene unter anderem bei der Erforschung der Immissionen von Stickoxiden, von spezifischen Kohlenwasserstoffen, von einzelnen Aerosolen, von radioaktiven Produkten und der synergistischen Effekte verschiedener Belastungen in Wechselwirkung mit natürlichen Vorgängen auf.

### Résumé

#### D'importantes lacunes dans la recherche sur l'hygiène de l'air

L'association suisse pour la recherche sur l'environnement inventorie régulièrement les thèmes de recherche traités en Suisse dans le domaine de la protection de l'environnement. Elle a aussi essayé de fixer des priorités dans ce domaine. Dans un petit pays comme la Suisse il est important de fixer des centres de gravité. Il faudrait surtout développer les efforts de recherche dans les secteurs sciences humaines et sociales, énergie, recyclage et exploitation des déchets, économie des régions agricoles et montagnardes et valeurs limites de charge. Dans le dernier secteur on devrait surtout analyser l'importance et les effets des produits nuisibles. Avec des produits nouveaux et augmentants fortement on aura plus de lacunes de recherche qu'avec les produits connus et surveillés. Dans le domaine de la hygiène de l'air il faut donc constater des priorités surtout auprès des immissions des oxides d'azote, de quelques hydrocarbures spécifiques, de certains aérosols, des produits radioactifs et auprès des effets synergiques de plusieurs produits nuisibles en action réciproque avec des incidents naturels.

### Summary

#### Relevant Research Gaps in the Field of Air Pollution

The Swiss Association for Environmental Research is regularly evaluating environmental research activities in Switzerland and has also tried to set priorities in this field which is important especially in a small country like Switzerland. More attention should be paid

to the sectors of social and human sciences, energy, recycling and waste management, agriculture and cultivation in mountains, as well as to limits of maximum load of emissions and immissions within the field of environmental research. Dealing with immissions, one should differentiate between compounds which are already monitored and new compounds which are growing fast. In both cases occurrence, accumulation and effects have to be analyzed. In the sector of air hygiene probably the following areas are therefore the most critical: Immissions of nitrogen oxides, of specific hydrocarbons, of specific aerosols, of radioactive products and synergistic effects of several of these compounds and their interaction with natural processes.

## 6. Literatur

- [1] Umweltforschung in der Schweiz 1974 (3 Bände) erhältlich beim Eidg. Amt für Umweltschutz, Laupenstrasse 20, 3008 Bern. Siehe auch Bestandaufnahme in der Umweltforschung, NZZ Nr. 106 vom 10. Mai 1975, Umweltforschung in Deutschland, in Holland und in der Schweiz, unter besonderer Berücksichtigung der Verkehrsabgase, Chemische Rundschau 29, Nr. 14 vom 31. März 1976 und Umweltforschung in Grossbritannien, in Österreich und in Belgien, unter besonderer Bedeutung der Verkehrsabgase, Chemische Rundschau 29, Nr. 42 vom 13. Oktober 1976.
- [2] Vortrag K. E. Oehler, Esslingen, siehe Chemische Rundschau 29, Nr. 42 vom 13. Oktober 1976, sowie J. Langerweger, Fünf Jahre Umweltschutzgesetz in Japan, NZZ Nr. 186 vom 11. August 1976.
- [3] Siehe zum Beispiel Fifth and Sixth Symposium on Recent Advances in the Analytical Chemistry of Pollutants Jekyll Island and Vienna, Chemische Rundschau 28, Nr. 27 vom 2. Juli 1975 und 29, Nr. 23 vom 2. Juni 1976, Environmental Pollution by Hydrocarbon Compounds in its Relationship with Ecotoxicology, Chemische Rundschau 27, Nr. 42 vom 16. Oktober 1974, First Chemical Congress of the North American Continent Mexico 1975, Chemische Rundschau 29, Nr. 7 vom 11. Februar 1976 und Biochemische Analytik München 1976, Chemische Rundschau 29, Nr. 21 vom 19. Mai 1976.
- [4] Scholder, Kl., et al., Beiträge zur Umweltforschung des Senatsausschuss für Umweltforschung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Harald Boldt Verlag 1976).
- [5] Gefährliche Stoffe am Arbeitsplatz, Chemische Rundschau 28, Nr. 31 vom 30. Juli 1975 und die unter der Literaturstelle [3] aufgeführten Arbeiten.
- [6] Korte, F., Chemie und Umwelt, Chimia 30, Nr. 3, 160, vom März 1976.
- [7] Chemische Rundschau 29, Nr. 36 vom 1. September 1976.
- [8] Environmental Pollution by Hydrocarbon Compounds in its Relationship with Ecotoxicology, Chemische Rundschau 27, Nr. 42 vom 16. Oktober 1974 und Vademecum 1975 der Schweizerischen Gesellschaft für Umweltschutz.
- [9] Siehe zum Beispiel Blei in der Luft, im Wasser und in der Nahrung, NZZ Nr. 22 vom 15. Januar 1973 und Bericht Motorenbenzin und Umwelt der Arbeitsgruppe für Fragen des Motorenbenzins zuhanden des Eidgenössischen Departements des Innern vom Juli 1976.
- [10] First Chemical Congress of the North American Continent Mexico 1976, Chemische Rundschau 29, Nr. 7 vom 11. Februar 1976.
- [11] Umweltschutz – Reinhaltung der Luft, Chemische Rundschau 29, Nr. 31 vom 28. Juli 1976 und Lufthygienische Untersuchungen in der Schweiz, Chemische Rundschau 29, Nr. 47 vom 17. November 1976, sowie das Sonderheft Luftverunreinigung und Erkrankungen der Atmungsorgane der Zeitschrift Sozial- und Präventivmedizin 21, Nr. 2/3 vom März/Juni 1976 mit der Übersicht von H. U. Wanner Luftverunreinigung in der Schweiz – Quellen und Ausmass u. a. m.
- [12] Umweltschutzdienst Nr. 18/76 vom 2. Juli 1976 über die Luftüberwachung in London (Original: New Scientist vom 27. Mai 1976).
- [13] Junge, Chr., Chlorfluormethane und die atmosphärische Ozon-schicht, Umwelt 6/75, 48, und zum Beispiel Sollen Spraydosen, die Chlorfluormethane enthalten, verboten werden?, Chemische Rundschau 30, Nr. 12 vom 23. März 1977 mit Literaturverzeichnis (unter anderem die Monographien Halocarbons 1976 der National Academy of Sciences, Washington D.C.).
- [14] Siehe zum Beispiel Naturwissenschaften 63, 266 (1976) und Schwarz, G., et al., Possible Future Effect on the Population of the F. R. G. of Gaseous Radioactive Effluents from Nuclear Facilities, Proceedings of the Stockholm Symposium 1975, I. A. E. A. Wien 1976.
- [15] Umweltschutz Nr. 18/76 vom 2. Juli 1976 über die Gefährlichkeit von Sulfiten (nach einem Bericht in Business Week vom 21. Juni 1976).
- [16] Vortrag Junge, Chr., Mainz am 5. Juli 1974 in Helsinki über Transportmechanismen.
- [17] Siehe zum Beispiel auch Umweltschutzdienst Nr. 8/76 vom 15. März 1976 über Untersuchungen des hessischen Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt von Hexachlorbenzolgehalten in Gemüsen, Weidegras und Hafer.
- [18] Siehe zum Beispiel auch die Angaben über Vorkehrungen gegen die Emission hochtoxischer Stoffe beim Betrieb von chemischen Anlagen des Ministers für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen vom 20. September 1976 mit einer Liste von 721 Substanzen mit einer LD<sub>50</sub> oder einer LD<sub>LD</sub> unter 1 mg/kg Körpergewicht bzw. von 58 Substanzen mit einer LD<sub>50</sub> oder einer LD<sub>LD</sub> unter 0,03 mg/kg Körpergewicht (worunter Tetrachlordibenzo-p-dioxin).
- [19] Zahlreiche Publikationen von Schlipköter, H. W., und seinen Mitarbeitern, Düsseldorf und von Bingham, E., et al. (Triangle Research Institute, North Carolina).
- [20] Bell, A., Med. J. Australia 1, Nr. 24, 817, Juni 1975, und Stara, J. A., Vortrag am International Symposium Environment and Health, Juni 1974, sowie Chernov, V., et al., Farmakoli-Toksikol. 10, 22 (1947).
- [21] Tenth International Congress of Biochemistry, Hamburg July 1976, Chemische Rundschau 29, Nr. 39 vom 22. September 1976.
- [22] Keller, Th., Smog-Vorboten im Raume Zürich, NZZ Nr. 204 vom 1. September 1976.

## Adresse des Autors

Dr. Ernest Merian, Im Kirsgarten 22, CH-4106 Therwil.