

Humanökologie

Umwelt-, Innenraum- und
Siedlungshygiene

Herausgegeben von
M. Fischer und E. Seeber



LU40
0050

Gustav Fischer Verlag · Stuttgart/New York · 1985

Der 1902 gegründete gemeinnützige Verein für Wasser-, Boden- und Luft-hygiene E.V. fördert das gleichnamige Institut des Bundesgesundheits-amtes.

Außerdem tritt er über das Institut mit wissenschaftlichen Veranstaltungen auf den einschlägigen Gebieten der Umwelthygiene und der Gesundheits-technik an die Öffentlichkeit.

Er gibt für seine Mitglieder die Schriftenreihe und die Literaturberichte für Wasser, Abwasser, Luft und feste Abfallstoffe (Gustav Fischer Verlag, Stutt-gart/New York) heraus.

Geschäftsführender Vorstand:

Oberstadtdirektor Hans-Diether Imhoff, Dortmund
Direktor Dr.-Ing. Günther Annen, Essen
Direktor Dr.-Ing. Heinz Tessendorf, Berlin

Geschäftsführung:

Dipl.-Ing. Helmut Schönberg, Postfach, 1000 Berlin 33

Alle Rechte der Übersetzung vorbehalten

© Copyright 1985 by Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene,
Berlin-Dahlem

Printed in Germany

ISBN 3-437-30 504-2

Herstellung: Westkreuz-Druckerei Berlin/Bonn, 1000 Berlin 49

Schriftenreihe des Vereins für
Wasser-, Boden- und Lufthygiene

63

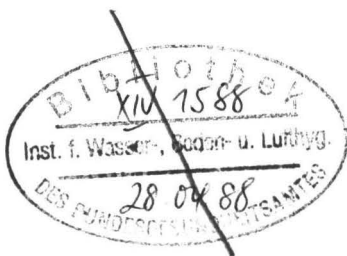
Humanökologie

Umwelt-, Innenraum- und
Siedlungshygiene

Herausgegeben von
M. Fischer und E. Seeber

Umweltbundesamt

Fachbibliothek
Umwelt



Gustav Fischer Verlag · Stuttgart/New York · 1985

Inhaltsverzeichnis

	Seite
E. Seeber Einführung.....	1
 Strategien der Umwelthygiene unter Berücksichtigung von Nutzen und Risiko	
I. Gans, H. Rühle Radioaktive Stoffe in der Umwelt Minimalisierungsgebot und Grenzwert.....	7
E. Roßkamp Umwelt und Krebs.....	17
I. Deuckert Verwendung medizinischer Literatur-Datenbanken für umwelthygienische Fragestellungen.....	31
 Hygiene der Innenraumluft	
M. Fischer Strategien zur Sicherung der Raumluftqualität im internationalen Vergleich.....	35
G. Schlüter Die Raumklimakomponenten - Bedeutung und Messung.....	59
G. Hoffmann Sachgerechte Formulierung und Anwendung von raumluft- belastenden und anderen Schädlingsbekämpfungsmitteln - Nach experimentellen Erfahrungen im Rahmen der Prüfung gemäß § 10c Bundes-Seuchengesetz -.....	69
I. Iglisch Verminderter Insektizideinsatz bei der Bekämpfung gesundheitsschädlicher Gliedertiere (Arthropoden) durch Berücksichtigung ihrer Verhaltensweisen.....	83
 Gesundheitliche Auswirkungen der Lärmbelastung	
H. Ising Kann Umweltlärm die Gesundheit gefährden?.....	109
W. Babisch Lärm im Risikofaktorenkonzept kardiovaskulärer Krankheiten.....	123

	Seite
Aktuelle mikrobiologische Probleme der Umwelthygiene	
B. Heisig, J.M. Lopez Pila Pathogene Viren im Klärschlamm: Problematik und Quantifizierung.....	137
K. Seidel Bakteriologisch-seuchenhygienische Aspekte der Untersuchung von Trink- und Badewasser.....	149

Autorenverzeichnis

Babisch, Wolfgang, Dipl.-Ing.

Deuckert, Ilse, Dipl. Biol.

Fischer, Manfred, Dir. u. Prof. Dr.-Phil.

Gans, Ingbert, Dir. u. Prof. Dr. Dipl.-Phys.

Heisig, Bärbel, Ärztin

Hoffmann, Godehard, Dir. u. Prof. Dr. med. vet.

Iglisch, Ingram, Dir. Dr. rer. nat.

Ising, Hartmut, Dir. u. Prof. Dr.-Ing.

Lopez Pila, Juan Manuel, Dir. u. Prof. Priv.-Doz. Dr. med.

Roßkamp, Elke, Dr. rer. nat. Dipl.-Biochem.

Rühle, Horst, Dipl.-Phys.

Schlüter, Gert, Ing.

Seeber, Edith, Dir. u. Prof. Dr. med.

Seidel, Karsten, Wiss. Rat, Dr. rer. nat.

Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
des Bundesgesundheitsamtes
Corrensplatz 1, 1000 Berlin 33

Eröffnung und Einleitung zur Umwelthygiene aus humanrelevanter Sicht

Edith Seeber

Das Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene (WaBoLu) hat in den über 80 Jahren seines Bestehens bereits zu einer Zeit für den Umweltschutz wissenschaftliche und experimentelle Arbeiten geleistet, als in anderen Industrieländern an solche Aufgaben kaum jemand gedacht hat. Dabei konzentrierten sich anfänglich die Aufgaben in Anbetracht der großen Seuchenzüge damaliger Zeit vornehmlich auf Fragen der öffentlichen Trinkwasserhygiene sowie Abwasserbeseitigung, insbesondere zu Maßnahmen einer Schwemmkanalisation im Berliner Citybereich. Damals bereits wie heute bestand vorrangiger Handlungsbedarf bei der Herausbildung einheitlicher Beurteilungsmaßstäbe, um den praktischen Vollzug nach zuverlässigen Hygienekriterien steuerbar und kontrollierfähig zu machen.

Mit zunehmender Industrialisierung sowie einer immer intensiveren Produktionssteigerung von chemischen Produkten des täglichen Bedarfs haben in den letzten Jahrzehnten toxikologische Probleme in der Umwelt immer mehr an Bedeutung gewonnen. Dieser inhaltliche Wandel von Umweltbelastungen schlug sich auch in einer schrittweisen Aufgabenerweiterung und in veränderten Abteilungsstrukturen des Instituts nieder. Seit 1952 ist das Institut Teil des Bundesgesundheitsamtes und forscht heutzutage als Bundesoberbehörde auf zahlreichen Gebieten der Umwelthygiene. Als Besonderheit sind seine breit gefächerten experimentellen Untersuchungsmöglichkeiten mit den Teilbereichen chemische, physikalische, radiologische, siedlungshygienische Analytik sowie bakteriologische, virologische und entomologische Untersuchungsverfahren hervorzuheben, die erst die für den Umweltschutz notwendige interdisziplinäre Bearbeitung komplexer Fragen und Wirkungsmechanismen ermöglichen.

Umweltpolitik und Öffentlichkeit

Seit der Regierungserklärung zum Umweltprogramm der Bundesrepublik Deutschland von 1971 ist der Umweltschutz stärker als jede andere Sachfrage in das Bewußtsein der Öffentlichkeit getreten. Dabei hat das Auffinden einer immer größeren Anzahl von Umweltschadstoffen - nicht zuletzt durch immer verfeinerte analytische Techniken - die Sensibilität der Bevölkerung für Umweltfragen erheblich gesteigert. War früher etwaiger Handlungsbedarf noch stark von der Notwendigkeit der Gefahrenabwehr bzw. einer Schadensbeseitigung bestimmt, so zeigen sich in den letzten Jahren zunehmend Ansatzpunkte im Sinne eines allgemeinen Minimierungsgebotes, also im Sinne des Vorsorgeprinzips im Umweltschutz. Dieses Prinzip greift bereits selbst dann, wenn für das vermutete Risikopotential noch keine geeigneten naturwissenschaftlichen Entscheidungsgrundlagen zur Verfügung stehen.

Dabei hat der Sachverständigenrat für Umweltfragen in seinem Gesamtgutachten 1978 festgestellt, daß das Vorsorgeprinzip - obwohl bereits angestrebtes Handlungsziel in der Umweltpolitik - noch zu wenig konkretisiert ist und dringend weiterer Präzisierung bedarf. Vor allem sind Anstrengungen auf dem Gebiet gezielter Umweltforschung notwendig, um die noch erheblichen Kenntnislücken über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge schrittweise zu vermindern. Erst jetzt werden Strategien für medienübergreifende interdisziplinäre Handlungsansätze erkennbar, wie z.B. die Schaffung umweltbezogener Hygienestandards, die Minderung von Umweltbelastungen an der Quelle im Sinne eines Verursacherprinzips wie auch die Substitution umweltbelastender Stoffe und Produkte. Alles zusammen Maßnahmen, um die toxikologische Gesamtsituation in ihren Einzel- und Kombinationswirkungen auf ein vertretbar niedriges Niveau zu senken.

Risikoakzeptanz

Voraussetzung für die Erkennung von Schadstoffeinflüssen auf Mensch und Umwelt ist zunächst deren analytische Erfassung sowie insbesondere deren toxikologische Bewertung unter Einbeziehung der unterschiedlichsten Belastungspfade (z.B. Wasser, Boden, Luft, Lebensmittel, Arzneimittel, Innenraumschadstoffe, Emissionen aus Hobbybereichsartikeln und Haushaltschemikalien). Dieses gilt insbesondere unter dem Aspekt einer lebenslangen Dauerausstellung, für die bislang kaum Bewertungskriterien vorliegen. Infolge unterschiedlichster Stoffstruktur, Persistenz und Toxikologie erfordern diese Schadstoffe zunehmend eine interdisziplinäre Zusammenarbeit aller naturwissenschaftlichen Disziplinen zur Abklärung der umwelthygienischen bzw. humantoxikologischen Relevanz, wobei die Einbeziehung geeigneter Bioindikatoren als Testmodelle integraler Schadeinwirkungen zunehmend an Bedeutung gewinnen. In zahlreichen Problemfällen ist die toxikologische Relevanz intensiver Forschung noch weitgehend ungeklärt.

Hier müssen die aus Vorsorgegründen für sinnvoll bzw. notwendig erkannten Minimierungsstrategien eingeleitet werden, da eine allein auf Gefahrenabwehr ausgerichtete Umweltpolitik bei weitem zur Erhaltung der natürlichen Ressourcen nicht mehr ausreicht.

Mensch und Umwelt

Besondere Aufmerksamkeit verlangen im Hinblick auf die Verbesserung umwelthygienischer Belange die gesundheitlichen **R i s i k o g r u p p e n** unserer Gesellschaft; diese sind vor allem Kleinkinder, Schwangere, alte Menschen und Kranke. Eine besondere hochempfindliche Gruppe stellen die Allergiker dar, deren Anteil mit bis zu 5% der Gesamtbevölkerung nicht unerheblich ist. Sie alle müssen letztlich im Mittelpunkt des gesundheitlichen Umweltschutzes stehen und an ihnen haben sich insbesondere Maßnahmen des vorbeugenden Gesundheitsschutzes bzw. der Vorsorge zu orientieren. Umweltschutz ist somit Gesundheitsschutz.

Ärzte, Hygienefacharzt, Umwelttoxikologe

Im Rahmen der Krankheitsfrüherkennung und deren Ursachen kommt daher den **Ä r z t e n** eine besondere Aufgabe zu, mögliche relevante negative Umwelteinflüsse in die differentialdiagnostischen Überlegungen bei ihren Patienten mit einzubeziehen.

Voraussetzung hierfür ist eine verbesserte Aus- und Weiterbildung für **Ä r z t e** auf dem Gebiet der Umwelthygiene, wofür bereits Angebote qualifizierter Einrichtungen in jüngster Zeit vorliegen (z.B. umweltmedizinische Seminare im Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Akademie für öffentliches Gesundheitswesen Düsseldorf). Als einen Schritt in die gleiche Richtung muß die bevorstehende Schaffung des Facharztes für Hygiene anlässlich des 87. Deutschen Ärztetages 1984 wie aber auch Vorstöße der staatstragenden Parteien des Deutschen Bundestages zu Strukturverbesserungen des Gesundheitswesens in den Bereichen der Prävention (Große Anfrage der CDU/CSU und FDP Bundestags-Drucksache vom 20.06.1984) gesehen werden.

Auch auf internationaler Ebene sind in den letzten Jahren insbesondere in der WHO erhebliche Anstrengungen zur Förderung des gesundheitlichen Umweltschutzes zu verzeichnen (z.B. 33. Tagung des Regionalkomitees für Europa vom 20. bis 24.09.1983 in Kopenhagen), insbesondere auch was die Berufsstruktur von Fachpersonal im Umweltschutz angeht. Als besonders dringlich erscheint uns die Schaffung bzw. Förderung des Berufsbildes eines **U m w e l t - t o x i k o l o g e n** zur frühzeitigen Erkennung und Bewertung umwelttoxikologischer Zusammenhänge und den daraus folgenden Konsequenzen insbeson-

dere für den präventiven Gesundheitsschutz. In der Bundesrepublik sind bisher diesbezügliche Anstrengungen der Deutschen Pharmakologischen Gesellschaft leider nicht über eine spärliche Bestandsaufnahme hinausgekommen.

Die Entscheidungsgänge zu umwelthygienisch-medizinischen Problemstellungen sind daher auf bei weitem nicht ausreichende wissenschaftliche Kapazitäten zurückzuführen. Eine Vielzahl chemischer Schadnoxe mit mutmaßlichen mutagenen, carcinogenen oder allergisierenden Eigenschaften in der Umwelt sowie im häuslichen Bereich harren einer definitiven toxikologischen Abklärung und lassen vorerst auf Grund der aufgezeigten speziellen Nachwuchslücken keine ausreichenden längerfristigen Lösungsansätze erkennen.

Ausgewählte Arbeitsergebnisse aus dem WaBoLu

Das vorliegende WaBoLu-Kolloquium hat zum Ziele, aus der Fülle umwelthygienischer Aufgaben einige Schwerpunktbereiche der Abteilung B I "Spezielle Umwelthygiene, Humanökologie und Umwelttechnik" vorzustellen, die für den Umweltschutz aus humanrelevanter Sicht eine aktuelle Bedeutung besitzen. Die nachfolgenden Einzelreferate mögen daher für Ärzte, Hygieniker und Studierende Entscheidungshilfen zu speziellen Fragen der Umwelthygiene und des Gesundheitsschutzes sein. Aus Gründen der besseren Übersicht dieser unterschiedlichen Hygienebereiche ist die Referatereihenfolge in vier größere Abschnitte wie folgt gegliedert:

- I. Strategien der Umwelthygiene unter Berücksichtigung von Nutzen und Risiko (Vorträge 1 - 4)
- II. Hygiene der Innenraumluft (Vorträge 5 - 8)
- III. Gesundheitliche Auswirkungen der Lärmbelastungen (Vorträge 9 und 10)
- IV. Aktuelle mikrobiologische Probleme der Umwelthygiene (Vorträge 11 und 12)

Bei den hier publizierten Arbeiten handelt es sich um z.T. erweiterte Fassungen von Vorträgen, die während eines 1-tägigen Kolloquiums zum Thema "Umwelthygiene" am 29. November 1983 im Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene in Berlin gehalten wurden. Anlaß dieser Vortragsfolge, zu der auch die Ärzte des öffentlichen Gesundheitsdienstes im Land Berlin eingeladen waren, war das bevorstehende Ausscheiden unseres langjährigen Institutsleiters, Herrn Prof. Dr. med. Karl Aurand aus dem aktiven Dienst. Der unbürokratischen und aktiven Dynamik von Herrn Prof. Aurand verdankt das Institut eine Fülle wissenschaftlicher Anregungen, die zu beachtenswerten Ergebnissen über Problemfälle auf dem Gebiet der gesamten Umwelthygiene führten (z.B. Richtwert für Formaldehyd im Innenraum, BGA-Empfehlungen zur Nitratbegrenzung und HKW-Reduzierung im Trinkwasser, Inkubatorstudie, Ledersprayuntersuchungen, Asbest-Risikobewertung und viele andere). Somit stellt dieses Kolloquium

insbesondere auch einen Ausschnitt eines Rechenschaftsberichtes über die unter der Institutsleitung von Herrn Prof. Aurand geleistete wissenschaftliche Arbeit dar.

Die redaktionelle Betreuung dieses Bandes erfolgte durch Herrn Dir. und Prof. Dr. phil. M. Fischer, die Fertigstellung der Druckvorlagen erfolgte durch Frau M. Reppold; den Autoren sowie allen übrigen Mitarbeitern, die bei der Gestaltung von Tabellen und Graphiken mit beigetragen haben, sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Außerdem gebührt Dank dem Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, daß er den Druck dieses Bandes durch bewährte Unterstützung wieder ermöglichte.

Radioaktive Stoffe in der Umwelt – Minimalisierungsgebot und Grenzwert

I. Gans und H. Rühle

Zusammenfassung

Die für die Umweltauswirkungen des Betriebes kerntechnischer Anlagen und der Anwendung radioaktiver Stoffe in der Bundesrepublik Deutschland geltenden Grenzwerte stellen im internationalen Vergleich minimierte Werte dar. Infolge des in der Strahlenschutzverordnung festgeschriebenen Minimalisierungsgebotes liegen die tatsächlich auftretenden Dosiswerte noch erheblich unter den festgelegten Grenzwerten. Da für die jährlichen Emissionen radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen Genehmigungswerte unter Berücksichtigung sämtlicher "Belastungspfade" festgelegt werden, ist die Festlegung von Grenzwerten für künstlich radioaktive Stoffe in einzelnen Umweltmedien, wie z.B. Trinkwasser, nicht erforderlich.

Mit der natürlichen Strahlenexposition und ihrer Schwankungsbreite steht ein Bezugssystem zur Verfügung, in welches das Gesundheitsrisiko durch künstlich radioaktive Stoffe eingeordnet werden kann. In den letzten Jahren werden in manchen Fällen die Grenzwerte des Strahlenschutzes auch zur Beurteilung von Strahlenexpositionen durch natürlich radioaktive Stoffe herangezogen, die durch Tätigkeiten des Menschen gegenüber "normalen" Werten erhöht sind. Dabei wird übersehen, daß die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Grenzwerte nicht durch Gesundheitsrisiken festgelegt, sondern Ausdruck des Minimierungsgebotes sind. Die bisher im Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes zu speziellen Fällen durchgeführten Untersuchungen, z.B. zum Vorkommen von Radium 226 in handelsüblichen Flaschenwässern, zeigen, daß die hier resultierenden Gesundheitsrisiken im Bereich der gesundheitlichen Risiken liegen, die mit der Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition vergleichbar sind.

1. Natürliche und künstliche radioaktive Stoffe

In unserer Umwelt sind radioaktive Stoffe unterschiedlicher Herkunft vorhanden. Die für die Strahlenexposition des Menschen bedeutsamste Gruppe stellen die natürlichen Radionuklide dar, die in sämtlichen den Menschen umgebenden Medien enthalten sind. Diese Radionuklide wirken einerseits durch äußere Bestrahlung im Freien und in Wohnungen als auch durch innere Bestrahlung nach Inkorporation mit Nahrung und Atemluft auf den Menschen ein. Künstliche Radionuklide, die durch Kernwaffentests in die Atmosphäre und Ökosphäre gelangt sind, bilden eine zweite Gruppe, Radionuklide, die durch die Anwendung radioaktiver Isotope und den Betrieb kerntechnischer Anlagen die Umwelt erreichen, eine dritte Gruppe. Auch die beiden letzteren Gruppen, die künstlichen Radionuklide, wirken auf den Menschen genauso wie die natürlichen Radionuklide ein [1, 2].

Radioaktivität und ionisierende Strahlung sind also keine neuen "Schadstoffe" in unserer Umwelt, sondern seit jeher vorhanden.

Von den Regelungen des Strahlenschutzrechts sind dabei nur die radioaktiven Stoffe erfaßt, die durch Isotopenanwendung und den Betrieb kerntechnischer Anlagen in die Umwelt gelangen. In § 28 Abs. 2 der Strahlenschutzverordnung [3] heißt es hierzu, daß bei der Ermittlung der Körperdosen die natürliche Strahlenexposition nicht zu berücksichtigen ist. Die durch natürliche Radionuklide verursachte Strahlenexposition ist keine feste Größe, vielmehr schwankt sie entsprechend des Gehaltes von Radionukliden in den verschiedenen Umweltmedien. Durch menschliche Tätigkeiten, z.B. die Nutzung bestimmter Baustoffe für den Hausbau oder die Erschließung von Grundwasservorkommen für die Trinkwasserversorgung, treten Änderungen ein, die auch unter den Begriff "zivilisatorische Strahlenexposition" fallen.

Im folgenden werden die Strahlenschutzgrenzwerte für die Bevölkerung und ihre Beziehung zur natürlichen Strahlenexposition behandelt, sowie die Auswirkungen des Minimalisierungsgebotes beispielhaft dargestellt. Schwierigkeiten bei der Minimalisierung werden an einem Beispiel der natürlichen bzw. zivilisatorischen Strahlenexposition dargestellt.

2. Dosisgrenzwerte und Minimalisierungsgebot

Die kanzerogene Wirkung ionisierender Strahlung ist eine lang bekannte Tatsache. Wie bei allen kanzerogenen Stoffen können auch für diese Noxe Dosis-Wirkungsbeziehungen bei hohen Dosen hergeleitet und diese auf niedrige Dosen extrapoliert werden. Aufgrund entsprechender Risiko-Vergleiche werden z.B. Dosisgrenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen festgelegt.

Extrapolationen der Dosis-Wirkungs-Beziehungen auf niedrige Dosen sind einerseits problematisch, da ihre Gültigkeit in diesem Bereich fraglich ist, anderer-

seits wird daraus vielfach bei strikter Anwendung die Forderung nach dem "Null-Risiko" hergeleitet. In der Bundesrepublik Deutschland hat man im Strahlenschutz von Anfang an die Forderung, die Strahlenexposition der Bevölkerung so niedrig wie möglich zu halten, in den Vordergrund gestellt. Die Dosisgrenzwerte für die Bevölkerung sind heute unabhängig von Risiko-Nutzen-Abwägungen so festgelegt, daß sie in etwa dem Schwankungsbereich der natürlichen Strahlenexposition in der Bundesrepublik Deutschland entsprechen. Wie die Tab. 1 zeigt, liegen sie erheblich unter den Werten, die z.B. für die Länder der Europäischen Gemeinschaft verbindlich sind, im internationalen Vergleich stellen sie Minimalwerte dar. Während von der Kommission der Europäischen Gemeinschaft in den Grundnormen für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte gegen die Gefahren ionisierender Strahlung von 1980 für die Bevölkerung für Ganzkörperexposition ein Dosisgrenzwert von 5 mSv (500 mrem) festgelegt wurde [4], darf in der Bundesrepublik Deutschland nach § 45 StrlSchV der entsprechende Wert von 0,3 mSv (30 mrem) nicht überschritten werden. Letztere Zahl gilt für die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen mit Abluft oder Abwasser. Die Grenzwerte sind dabei nicht als gemittelte Immissionsgrenzwerte zu verstehen. Vielmehr gelten sie als Maximalwerte in der Umgebung eines Emittenten. Sämtliche relevanten Belastungspfade, auf denen mit Abwasser oder Abluft abgeleitete radioaktive Stoffe zum Menschen gelangen können, sind bei der Bestimmung bzw. Abschätzung der resultierenden Dosis zu berücksichtigen. Schematisch sind diese Belastungspfade in Abb. 1 und Abb. 2 dargestellt. Ebenfalls zu berücksichtigen sind Beiträge durch andere Emittenten. Auf dieser Basis und unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik für die Rückhaltung radioaktiver Stoffe werden Genehmigungswerte für Emissionen festgelegt. Die Festlegung von Grenzwerten für radioaktive Stoffe in den verschiedenen Umweltmedien wie z.B. Trinkwasser erübrigt sich infolgedessen, da ja die Dosis über die Gesamtheit aller möglichen Belastungspfade beschränkt ist.

Darüber hinaus ist der Betreiber einer Anlage verpflichtet, unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik die Emissionen so niedrig wie möglich zu halten. Das Ergebnis dieser Forderung zeigen die Abb. 3 und 4. Hier sind die Abgaben radioaktiver Stoffe mit Abwasser aus den Kernkraftwerken der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1982, ausgedrückt als Prozentsätze der genehmigten Abgabewerte für Siedewasser- und Druckwasserreaktoren getrennt, dargestellt. Die Abgaben an Spalt- und Aktivierungsprodukten können durch innerbetriebliche Maßnahmen im Normalfall auf einem Minimum von wenigen Prozent der Genehmigungswerte gehalten werden. Die Genehmigungswerte selbst stellen eine Reserve für innerbetriebliche Störungen dar. Tritium hingegen kann praktisch nicht zurückgehalten werden, insbesondere die Abgabe für Druckwasserreaktoren liegen hier bei bis zu 60% der Genehmigungswerte.

3. Natürliche und zivilisatorische Strahlenexposition

Wie bereits ausgeführt, orientieren sich die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwerte für die Bevölkerung an der natürlichen Strahlenexposition und ihrer Schwankungsbreite. Dabei ist oft eine Trennung der eigentlich "natürlichen" Strahlenexposition von der Strahlenexposition, die vom Menschen mit verursacht wird, und ebenfalls auf natürliche Radionuklide zurückzuführen ist, nur schwer möglich. Beispiele für einzelne Komponenten der natürlichen Strahlenexposition, die durch zivilisatorische Maßnahmen erhöht sein kann, zeigt Tab. 2.

Umgekehrt ist es möglich, die natürliche oder die zivilisatorische Strahlenexposition an den Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung zu messen. Die mittlere natürliche Strahlenexposition liegt mit ca. 1 mSv/a (100 mrem/a) um den Faktor 3 über diesem Grenzwert. In Tab. 3 sind Zahlen für den Beitrag zur natürlichen Strahlenexposition durch die kosmische und terrestrische Strahlung einerseits, sowie durch die Strahlung inkorporierter Radionuklide andererseits angegeben.

Am konkreten Beispiel des Gehaltes des natürlichen Radionuklids Radium 226 in handelsüblichen Flaschenwässern soll die daraus resultierende Strahlenexposition mit den Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung verglichen werden. In Abb. 5 sind die Konzentrationswerte von Radium 226 in verschiedenen Mineralwässern, die im Rahmen eines im Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes durchgeführten Forschungsvorhabens gemessen wurden, als Häufigkeitsverteilung dargestellt. Legt man für eine Person einen Jahreskonsum von 100 l Mineralwasser zugrunde, so ist für Konzentrationen über 215 mBq/l (5,8 pCi/l) der Dosisgrenzwert für die Bevölkerung nach der Strahlenschutzverordnung überschritten. Bei einem täglichen Konsum von einer Flasche Mineralwasser à 0,7 l (250 l/a) ist er bei 85 mBq/l (2,3 pCi/l) erreicht. Zu fragen ist, ob für Mineral- und Tafelwässer ein Grenzwert für Radium 226 und für andere natürliche Radionuklide auf diese Weise festzulegen ist oder nicht. Betrachtet man die Verhältnisse für Radium 226 genauer, so stellt man fest, daß diese nach der Strahlenschutzverordnung ermittelten "Grenzwerte" nicht mehr dem Stand der Wissenschaft entsprechen und auch nicht von einem gesundheitlichen Risiko her abgeleitet sind. Radium 226 führt im wesentlichen zu einer Strahlenexposition des Knochens. Berücksichtigt man die neueren wissenschaftlichen Erkenntnisse [5] und berücksichtigt das Gesundheitsrisiko, daß der Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition von etwa 0,3 mSv/a (30 mrem/a) entspricht, so betragen die entsprechenden Konzentrationen 10,4 Bq/l bzw. 4,1 Bq/l (280 pCi/l bzw. 110 pCi/l). Im Hinblick darauf, daß international ein gesundheitliches Risiko entsprechend 5 mSv/a (500 mrem/a) akzeptiert wird, erscheint eine Festlegung von Grenzwerten für Mineralwässer nicht erforderlich.

Literatur

1. Aurand, K., BÜcker, H. et al.: Die natürliche Strahlenexposition des Menschen. G. Thieme Verlag, Stuttgart (1974)
2. Der Bundesminister des Innern (Hrsg.): Umweltradioaktivität und Strahlenexposition - Jahresberichte -
3. Verordnung für den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung -StrlSchV) vom 13. Oktober 1976, BGBl. I, Nr. 125, S. 2905
4. Kommission der Europäischen Gemeinschaften (Hrsg.): Richtlinie des Rates vom 15. Juli 1980 zur Änderung der Richtlinien, mit denen die Grundnormen für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte gegen die Gefahren ionisierender Strahlung festgelegt wurden. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 246 vom 17.9.1980, EUR 7330
5. International Commission on Radiological protection, Publication 30: Limits for Intakes of Radionuclides by Workers, Part 1. Pergamon Press, Oxford, New York, Frankfurt 1979

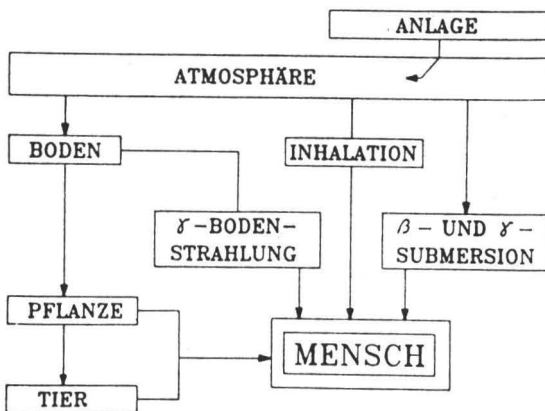


Abb. 1: Relevante Belastungspfade für die Abgabe radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken mit der Abluft

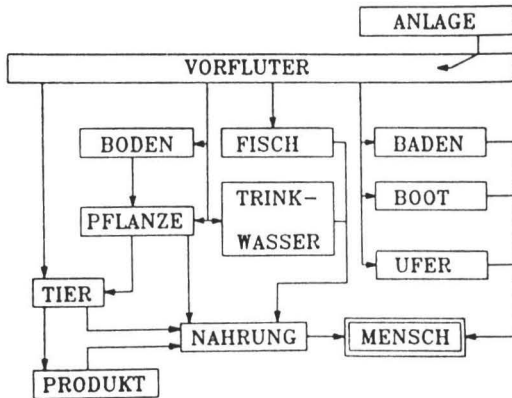


Abb. 2: Relevante Belastungspfade für die Abgabe radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken mit dem Abwasser

Abb. 3: Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken (SWR)

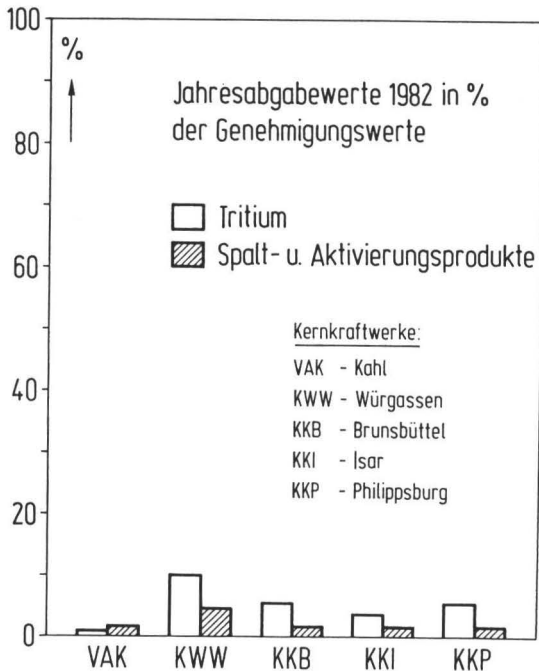
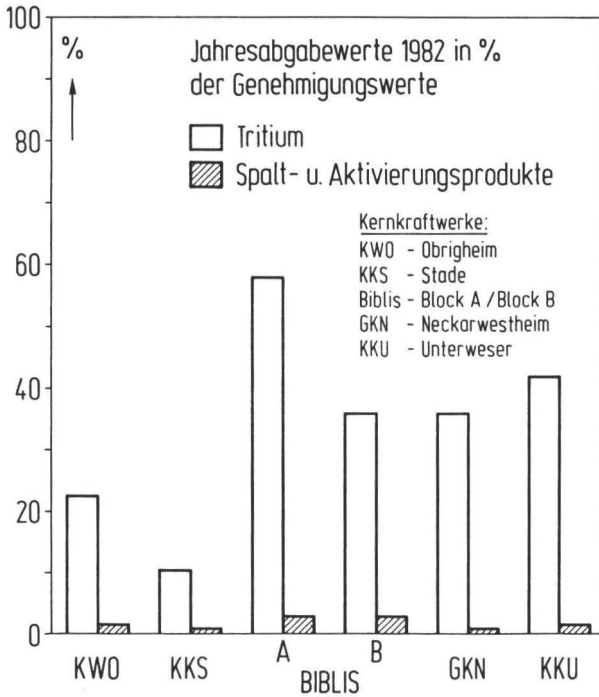
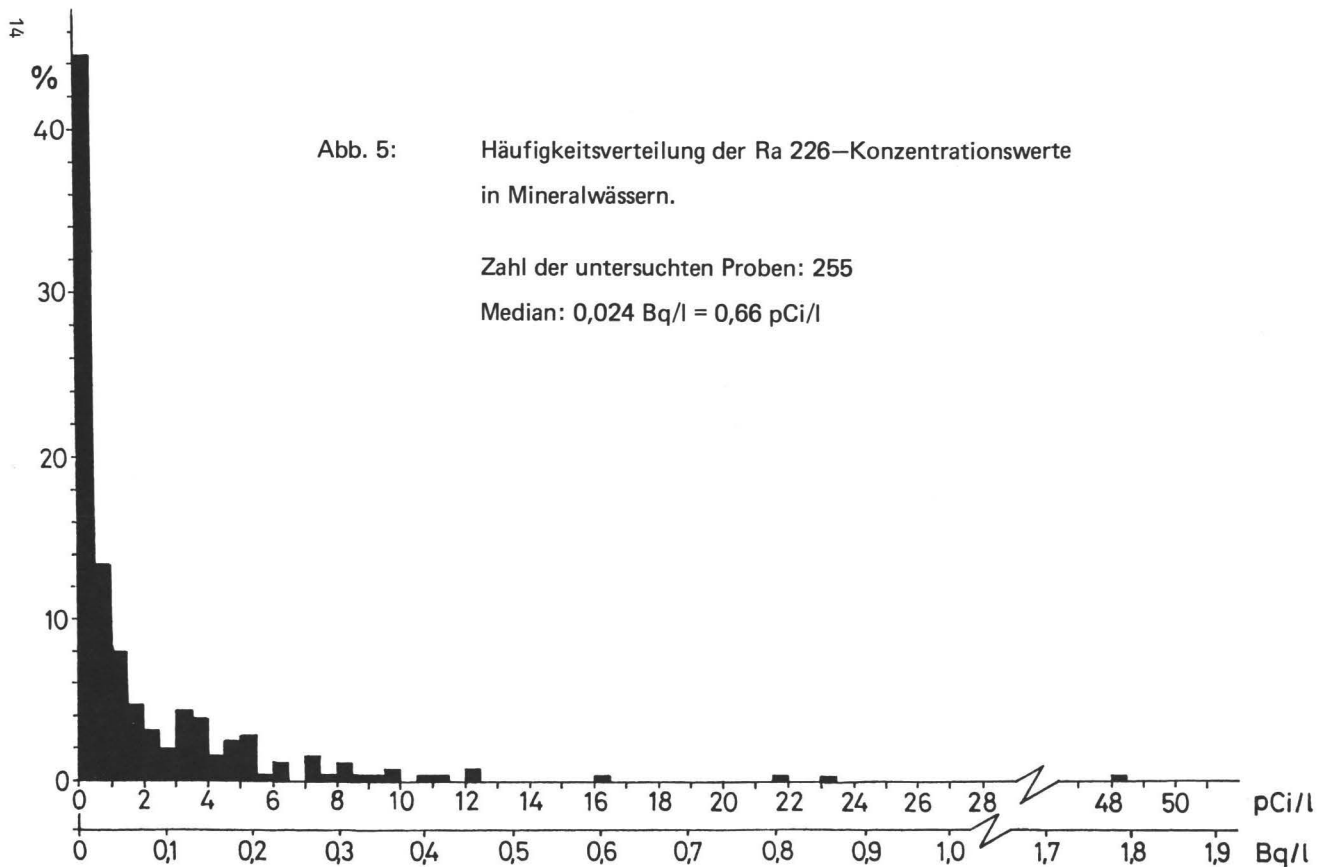


Abb. 4: Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken (DWR)





**Tab. 1: Dosisgrenzwerte für die Bevölkerung
in mrem pro Jahr ¹⁾**

	EURATOM Grundnormen ²⁾ (15.7.1980)	Strahlenschutz- Verordnung (13.10.1976)
Ganzkörperdosis	500	je 30 über ABWASSER über ABLUFT
Teilkörperdosis (Organdosis)	5000	je nach Organ 90 bzw. 180 jeweils über ABWASSER über ABLUFT ³⁾
Effektive Äquivalentdosis	500	— ⁴⁾

- 1) In den EURATOM-Grundnormen werden die Dosisgrenzwerte in der SI-Einheit „Sievert“ (Sv) angegeben; entsprechend wird bei der Novellierung der Strahlenschutzverordnung verfahren. Dabei gilt
1 Sv = 100 rem bzw. 1 rem = 0.01 Sv = 10 mSv
- 2) Dosisgrenzwerte für Einzelpersonen aus der Bevölkerung
- 3) Für die Schilddrüse gilt der Grenzwert 90 mrem insgesamt
- 4) Wird im Rahmen der Novellierung der Strahlenschutzverordnung wie die Ganzkörperdosis festgelegt.

Tab. 2: Natürliche Strahlenbelastung der Bevölkerung
der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1980

	mSv	mrem
1. durch kosmische Strahlung	ca. 0,3	(30)
2. durch terrestrische Strahlung von außen im Mittel	ca. 0,5	(50)
bei Aufenthalt im Freien	ca. 0,4	(40)
bei Aufenthalt in Häusern	ca. 0,5	(50)
3. durch inkorporierte natürlich-radioaktive Stoffe	ca. 0,3	(30)
Summe:	ca. 1,1	(110)

Tab.: 3 Beispiele für Komponenten der
natürlichen Strahlenexposition

„Normal“	:	Bestrahlung von außen im freien Gelände
„Zivilisatorisch“	:	Bestrahlung von außen auf Straßen in Gebäuden
		Radon 222 in Innenräumen
		Radium 226 im Trinkwasser (einschließlich Mineralwasser)
		Emissionen aus konventionellen Industrieanlagen (z.B. Kohlekraftwerke)

Umwelt und Krebs

E. Roßkamp

Einleitung

Die bis in die Wissenschaft hineinreichende Verwirrung über das von der Umwelt ausgehende Krebsrisiko, hängt mit dem ungenauen Gebrauch des von den Experten verwendeten englischsprachigen Begriff "extrinsic factors" also den äußeren Faktoren (im Gegensatz zu den "intrinsic factors" den körpereigenen Faktoren) zusammen. So hatte bereits 1964 eine Expertengruppe der WHO festgestellt [1], daß wahrscheinlich 75 % der Krebserkrankungen vermeidbar sind, weil sie auf äußere, umweltbedingte Faktoren, die ja im Gegensatz zu den inneren körpereigenen Faktoren veränderbar sind, zurückzuführen sind. Die Experten meinten mit äußeren Faktoren jedoch die gesamte Umwelt einschließlich der Ernährung und den übrigen vom menschlichen Verhalten abhängigen Einflüsse.

In den weiteren Diskussionen der anschließenden Jahre wurde dann die Umwelt immer stärker auf die vom Menschen produzierten Chemikalien eingeeengt. Aus dieser Verfälschung ist schließlich die These geworden, daß Krebs vor allem eine Folge von Chemie und Industrialisierung sei. Dies wiederum hat zu einer zunehmenden Beunruhigung der Bevölkerung geführt.

Was ist Umwelt

Was jedoch die Epidemiologen und Onkologen der WHO unter umweltbedingten Krebsursachen verstanden (und auch heute noch verstehen), soll an Hand einiger Abbildungen erläutert werden:

Higginson, auf dessen initialen Erhebungen und Analysen maßgeblich diese Feststellungen der WHO beruhen, definiert Umwelt so:

Umwelt ist alles, was nicht durch unsere Erbanlagen schon immer festgelegt ist, sie umfaßt Eßgewohnheiten genauso wie Rauchen und Alkoholkonsum genauso wie einige durch die jeweilige Kultur vorgegebenen menschlichen Verhaltensweisen [2]. Higginson schätzt die verschiedenen Krebsursachen etwa wie folgt (Abb. 1 + 2).

Die Untersuchungen von Wynder (Abb. 3) ebenso wie die Erhebungen von Doll u. Peto, 1981, für den Amerikanischen Kongress in einem ausführlichen Gutachten zusammengestellt (Abb. 4), führten zu ähnlichen Ergebnissen.

Überzeugende Argumente für die entscheidende Beteiligung äußerer Faktoren an der Krebsentstehung hat die Epidemiologie durch Vergleiche der Krankheitshäufigkeiten in einzelnen Ländern, Kulturen und ethnischen Gruppen erbracht. Das Vorkommen bestimmter Tumorarten schwankt in verschiedenen Ländern teilweise bis um das 10 - 300fache (Abb. 5) [4].

Der Nachweis bestimmter Krebsursachen kann anhand derartiger Daten ev. durch Aufspüren der Unterschiede in der Lebensweise ganz allgemein, in der Ernährung, in kulturellen Gewohnheiten etc. erfolgen. Beobachtungen an ethnischen Gruppen, die ausgewandert sind, zeigten, daß bei der Tumorentstehung Umwelt und Lebensstil offensichtlich eine große Rolle spielen.

So konnte am Beispiel der Magentumorinzidenz bei in Japan lebenden Japanern und bei in die USA ausgewanderten Japanern, die dort seit etwa 1 - 3 Generationen leben, beobachtet werden, daß sich die in Japan sehr hohe Magentumorrate bei den in den USA lebenden Japanern der der USA-Bevölkerung nähert [5]. Da nicht anzunehmen ist, daß sich die Erbanlagen der Japaner in so kurzer Zeit geändert haben, kann dieses Ergebnis als Hinweis darauf gedeutet werden, daß die Umwelt - hier wohl in erster Linie die Eßgewohnheiten - Ursachen dieses häufigen Magenkrebses war (Abb. 6).

Indem man nun eine theoretische Gesellschaft errechnet, deren Mitglieder jeweils nur von der irgendwo auf der Welt ermittelten niedrigsten Tumorraten für bestimmte Organe befallen wird, und dann die Gesamttumorraten dieser theoretischen Gesellschaft mit der tatsächlich beobachteten in unserer hochindustrialisierten Gesellschaft vergleicht, so ergibt sich, daß in dieser theoretischen Gesellschaft etwa 90 % weniger Tumorfälle auftreten würden, als in den hochindustrialisierten Ländern tatsächlich gefunden werden.

Verhinderbare Krebsursachen

Rauchen ist [6] die wichtigste klar nachweisbare und vermeidbare Krebsursache (Abb. 7 und 8).

Die Abschätzung der ernährungsbedingten Krebsleiden, zu denen im weiteren Sinne auch durch Alkohol verursachte zählen, ist schwieriger, die unterschiedlichen Ernährungsgewohnheiten der Bevölkerung erschweren hier eine zuverlässige Orientierung. Die Ursachen für die ernährungsbedingten Krebsleiden sind

sicher vielfältig. Die schlackenarme, fett- und fleischreiche Kost in den reichen Ländern [7] wird jedoch als eine hauptsächliche Ursache angenommen (Abb. 9).

Diese Annahmen werden unterstützt durch epidemiologische Erhebungen an verschiedenen religiösen Subpopulationen, die in größeren Gruppen vor allem in den USA leben. Einige dieser Gruppen - z.B. die Seventh-day-adventists oder bestimmte Mormonengruppen - denen ihr Glaube Rauchverbot und eine vegetarische Ernährung vorschreibt, zeigen eine um etwa 50 % reduzierte Tumoranfälligkeit als die "Normalamerikaner" [8, 10].

Auch die Spontanumorrates unserer Labortiere kann durch ad libitum bzw. eingeschränkte Ernährung ganz maßgeblich beeinflusst werden. Z.B. erhöhte sich die Spontanumorrates von Ratten, die ad lib. ernährt worden waren, innerhalb von 10 Generationen auf das 10fache und konnte durch Reduktion der Nahrung wieder auf den Ursprungswert reduziert werden [11].

Es muß jedoch festgehalten werden, daß es sich bei den dargestellten Krebsraten nur um Schätzungen handelt (die Epidemiologen sprechen von sog. best or informed estimates), die bisher nicht beweisbar sind. Daß aber neben der Chemikalisierung unserer Umwelt Faktoren wie Rauchen und überkalorische Diät erhebliche "Umweltgifte" sind, ist wissenschaftlich unbestritten.

Umweltchemikalien und Krebsentstehung

Umweltgifte im Sinne von Chemikalien und Chemieprodukten und durch diese verursachte Verunreinigungen von Wasser-, Boden- und Luft sind also rein quantitativ betrachtet, nicht so bedeutungsvolle Krebsrisiken, wie bei uns häufig unterstellt. Die Autoren der eben gezeigten Bilder haben dem, was wir gemeinhin unter Umweltbelastung verstehen, bis auf Doll, überhaupt keinen nennenswerten Betrag zugeordnet. Chemikalienbedingte Risiken werden nur den Arbeitsplätzen zuerkannt.

Verständlich ist nun natürlich, daß die eben gezeigte Definition von Umwelt bisher nicht allgemein akzeptiert wird. Hierbei spielt sicher eine nicht unerhebliche Rolle, daß das Benennen von Krebs-Hauptverursachern im Sinne von chemischer Industrie o.ä. bequemer ist, die Problemanalyse erleichtert und den Einzelnen aus der Verantwortung nimmt.

Dies soll aber nicht bedeuten, daß der von Doll und auch noch weiteren Autoren genannten, den Umweltchemikalien zugeordneten, Tumorzinsidenz von 1 - 3 % (5 %) [12] kein Gewicht beigemessen werden sollte. Relativ gesehen ist eine Tumorzinsidenz von 1 - 3 % nicht viel, bezogen auf die etwa 145.000 Tumortoten pro Jahr in der Bundesrepublik sind es jedoch 2000 - 5000 Menschenleben, höchst gewichtige Gründe also, sich damit auseinanderzusetzen.

Zunächst einige Zahlen: Wieviel chemische Stoffe sollten wir heute als potentiell verdächtige krebserregende Stoffe ansehen? Ausgehend von der hohen

Korrelation zwischen Mutagenen und Cancerogenen [13], könnten etwa 3000 meist im Kurzzeit-Mutagenitätstest belastete chemische Stoffe auch als potentiell krebserregend verdächtigt werden. Dies ist ja auch ein Ansatz unseres Chemikaliengesetzes.

Etwa 7.000 Stoffe wurden im Tierversuch auf Cancerogenität geprüft, für etwa 10 % davon, also für etwa 700, ergaben sich positive Befunde. Man muß jedoch berücksichtigen, daß zur Prüfung oft solche Stoffe ausgewählt werden, die auf Grund von Strukturanalogien oder ähnlicher Stoffwechselmechanismen von vornherein der Cancerogenität verdächtigt worden sind oder sogar zum Beweis entsprechender Annahmen erst synthetisiert wurden.

Es erstaunt deshalb nicht, daß wir durch den hohen Stand unserer Analysetechniken heute in der Lage sind, eine wachsende Zahl von potentiell krebserregenden Stoffen z.B. auch im Trinkwasser oder auch in der Luft nachweisen zu können [4, 12, 14].

Folgerungen / Risiko-Nutzen-Analyse

Dies stellt uns vor eine ganze Reihe von wissenschaftlich-politischen Fragen, von denen einige wie folgt lauten könnten:

- Wie hoch ist das durch diese Substanzen verursachte Risiko absolut gesehen und relativ betrachtet zu anderen Risiken.
- Bis zu welcher Risikohöhe sind wir gewillt, solche Belastungen zu akzeptieren?
- Sollten wir und um welchen Preis eine Nullkontamination anstreben?
- Wäre dies auch dann sinnvoll, wenn wir an anderer Stelle Krebsrisiken ganz erheblich höherer Art nicht gleichzeitig reduzieren können oder wollen?
- Könnte eventuell z.B. im Falle des Trinkwassers durch Reduzierung eines besonders potenten Cancerogens relativ viel erreicht werden?

Dazu müßte eine Art Vergleichsskala der Potenzen der verschiedenen Cancerogene vorliegen.

Zunächst ist die Tatsache, daß die chemischen Cancerogene in ihrer tumor-auslösenden Potenz deutlich verschieden sind - wir kennen Unterschiede in Größenordnungen von > 1 Million (Abb. 10) [13] - wichtig.

Es ist also nicht sinnvoll, alle chemischen Cancerogene gleich zu behandeln, eine differenzierte Betrachtungsweise erscheint sinnvoll.

Eine differenzierte Betrachtungsweise erscheint auch unter anderen Gesichtspunkten als sinnvoll. In Abb. 11 sind einige in Trinkwasserproben nachgewiesene krebverdächtige Chlorkohlenwasserstoffverbindungen zusammengestellt [15].

Aus dieser Tabelle möchte ich eine Verbindung herausgreifen: Das Chloroform. Es entsteht vor allem bei der zur Desinfektion durchgeführten Trinkwasserchlorung. Das eingesetzte Chlor reagiert mit natürlich im Wasser vorkommenden Huminstoffen unter Bildung von Chloroform.

An Ratten und Mäusen in Langzeitversuchen in hohen Dosen verfüttert, verursacht Chloroform die Bildung von Nieren- bzw. Lebertumoren [16]. Zahlreiche Epidemiologen, vor allem in den USA, haben versucht, einen positiven Zusammenhang zwischen hohem Chloroformgehalt im Trinkwasser und erhöhter Krebsinzidenz bei der betroffenen Bevölkerungsguppe nachzuweisen. Die Studien sind jedoch nicht zuverlässig und methodisch angreifbar. Ein Zusammenhang zwischen Chloroformaufnahme mit dem Trinkwasser und erhöhtem Krebsrisiko konnte epidemiologisch nicht nachgewiesen werden [17].

Ein fragliches cancerogenes Risiko steht hier also dem sicher gewonnenen Nutzen der mikrobiellen Unbedenklichkeit unseres Trinkwassers gegenüber. Epidemien, ausgelöst durch bakteriell verunreinigtes Trinkwasser (z.B. Typhus, Cholera) sind bei uns Vergangenheit.

Dies Beispiel zeigt, daß es aus den verschiedensten Gründen sinnvoll und notwendig ist, verschiedene cancerogene Noxen verschieden zu regulieren.

Eine Entfernung aller chemischen Cancerogene im Sinne einer Nullkontamination mit entsprechendem Nullrisiko ist unreal, auch weil sich z.B. hochpotente Cancerogene immer in unserer Umwelt befunden haben. Aflatoxine, Arsen, Asbest und Nitrosamine seien als Beispiel genannt. Wir können diese Stoffe reduzieren, gänzlich aus unserer Umwelt eliminieren werden wir sie nicht können.

Der Wunsch nach einer gänzlichen Reinhaltung unserer Umwelt von diesen Stoffen mit dem Resultat eines Nullrisikos ist verständlich, wäre aber nur bei Aufgabe unseres derzeitigen hochtechnisierten Lebensstandards realisierbar, andere Risiken wären die Folge (wie am Chloroformbeispiel gezeigt).

In Analogie hierzu stellt eine vom Bundesverwaltungsgericht ergangene Entscheidung die Notwendigkeit der Akzeptanz eines Restrisikos auch für die radioaktive Strahlung aus Kernreaktoren fest. Auf die Klage, daß auch noch in 25 km Entfernung von Standort eines Kernkraftwerkes eine gewisse Strahlenauswirkung angenommen werden muß, urteilte das Bundesverwaltungsgericht [18], daß (Zitat):

der Betrieb einer ortsfesten Anlage zur Spaltung von Kernbrennstoffen nur die "nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge" einschließen muß; dies schließt die Hinnahme eines gewissen, nach den Maßstäben praktischer Vernunft aber nicht mehr in Rechnung zu stellenden Restrisikos mit ein. Ein derartiges, letztlich auf die Begrenzung menschlichen Erkenntnisvermögens zurückzuführendes Restrisiko ist verfassungsrechtlich nicht zu beanstanden.

Was aber ist ein Restrisiko?

Bis zu welcher Größenordnung können wir in Gegenüberstellung zum Nutzen der Substanzen Risiken billigen?

Abgesehen von dem unrealistischen Wunsch nach Nullkontamination könnten wir anstreben, jeden Schadstoff in den verschiedenen Medien, so gering wie dies technisch möglich ist, zu halten. Diese Vorgehensweise leitet ihre Berech-

tigung prinzipiell daraus ab, daß weniger Belastung stets weniger Risiko bedeutet.

Rein technisch mögliche, aber kostenintensive Reduzierungen müssen nicht unbedingt sinnvoll sein. Aufgrund der prinzipiellen wirtschaftlichen Beschränkungen der Mittel muß gefragt werden, wo sinnvolle und notwendige Prioritäten gesetzt werden sollen. Es sei hier an den über einmillionenfachen Unterschied in der Potenz chemischer Cancerogene erinnert.

Eine überzeugende Vorgehensweise der Regulierung chemischer Cancerogene müßte sich also auf eine Risikoanalyse stützen. Ziel dieser Risikoanalyse müßte es sein, die mit bestimmten Schadstoffmengen korrelierende Schadenshöhe aufzudecken und zu quantifizieren.

Die Risikoanalyse kann dann z.B. dazu führen:

daß bestimmte Mengen Schadstoff in bestimmten Medien als ein so gewichtiges Risiko erkannt werden, daß trotz eines sehr erheblichen finanziellen Aufwandes die Nichtüberschreitung bestimmter Schadstoffmengen (begründbar) zu fordern ist;

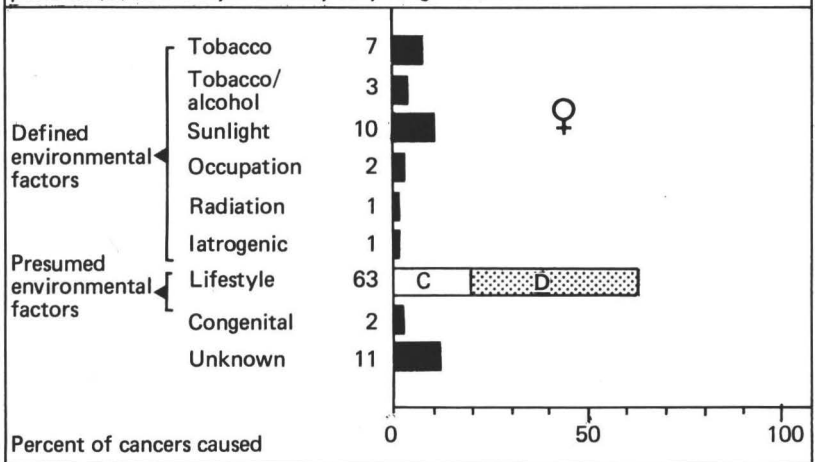
oder daß bestimmte Mengen Schadstoff in bestimmten Medien als ein so niedriges Risiko erkannt werden, daß weitere kostenintensive, wiewohl rein technisch noch mögliche, Reduzierungen dennoch nicht mehr für sinnvoll erachtet werden, weil z.B. durch sie kein merklich vermehrter Gesundheitsschutz zu erwarten ist. Stattdessen sollten andernorts sinnvollere Prioritäten gesetzt werden.

Literatur

1. World Health Organisation. Prevention of Cancer. Geneva: WHO, 1964 (Technical Report Series 276)
2. Higginson, J. and Muir, C.S.: Environmental Carcinogenesis: Misconceptions and Limitations to Cancer Control. JNCI 63 (1979) 1291
3. Wynder, E.L., Gori, G.B.: Contribution of the Environment to Cancer Incidence: An Epidemiologic exercise. JNCI 58 (1977) 825
4. Doll, R., Peto, R.: The Causes of Cancer: Quantitative Estimates of Avoidable Risks of Cancer in the United States Today. JNCI 66 (1981) 1192
5. Haenszel, W., Kurihara, M.: Studies of Japanese Migrants I. Mortality from Cancer and other Diseases among Japanese in the United States. JNCI 40 (1968) 43

6. Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie Hrsg. Forth, W., Henschler, D., Rummel, W. Wissenschaftsverlag Bibliographisches Institut Mannheim/Wien/Zürich (1975) 584, Kap. Tabak.
7. Zaridze, D.G.: Environmental Etiology of Large-Bowel Cancer JNCI 70 (1983) 389
8. Armstrong, B., Doll, R.: Environmental Factors and Cancer Incidence and Mortality in different Counties, with special Reference to dietary Practices. Int. J. Cancer 15 (1975) 617
9. Lyon, J.L., Gardner, J.W., West, D.W.: Cancer Incidence in Mormons and Non-Mormons in Utah during 1967- 75, JNCI 65 (1980) 1055
10. Phillips, R.L., Garfinkel, L., Kuzma, J.W., Beeson, W.L., Lotz, T., Brin, B.: Mortality among California Seventh-Day Adventists for selected cancer Sites. JNCI 65 (1980) 1097
11. Jose, D.G.: Dietary deficiency of protein Amino-Acids and total Calories on Development and Growth of Cancer Nutr. Cancer 1 (1979) 58
12. Congress of the United States, Office of Technology Assessment Washington: Zusammenfassung des Kongresses "Assessment of Technologies for Determining Cancer Risks from the Environment". June 1981
13. Ames, B.N.: Identifying Environmental Chemicals causing Mutations and Cancer. Science 204 (1979) 587
14. Drinking Water and Health. Hrsg.: Safe Drinking Water Committee der National Academy of Sciences Washington D.C. 1977
15. Roßkamp, E.: Toxikologie und gesundheitliche Bewertung von Halogenkohlenwasserstoffen in Trinkwässern. In: Halogenkohlenwasserstoffe in Grundwässern. DVGW- Schriftenreihe Wasser Nr. 29 (Deutscher Verein für das Gas- und Wasserfach e.V., Frankfurter Allee 27, 6236 Eschborn).
16. National Cancer Institute: Report on Carcinogenesis Bioassay of Chloroform. Bethesda, MD Carcinogenesis Programm, Div. of Cancer Cause and Prevention 1976
17. Schön, D.: Trihalomethane im Trinkwasser und die Häufigkeit von Krebs. Soz. Ep. Berichte 6/1981, Dietrich Reimer Verlag, Berlin 1981
18. BVerwG Urt. vom 22.12.80 - 7 C 84/78 - "KKW-Stade" NJW (1981) 1393

John Higginson's best estimates for the proportion of cancers attributable to various cases. The relative importance of diet (D) and behavioral or cultural patterns (C) in life-style are only very rough estimates.



John Higginson's best estimates for the proportion of cancers attributable to various cases. The relative importance of diet (D) and behavioral or cultural patterns (C) in life-style are only very rough estimates.

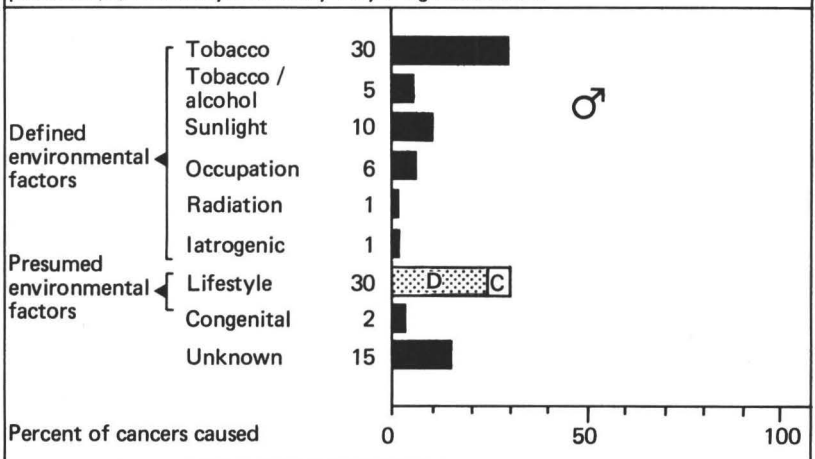


Abb. 1 und 2: "Beste Schätzungen" der durch verschiedene Ursachen bedingten Krebsraten. Die relative Bedeutung der Diät (D) und des Lebensstils (C) sind nur grobe Schätzungen [2]

Rôle du milieu dans l'apparition des cancers.
 Contribution relative de différents facteurs. (Wynder 1977).

Percent of cancer incidence attributable to specific environmental factors – USA



Abb. 3: Prozentzahlen der Tumorhäufigkeit (USA) in Bezug zu spezifischen Umweltfaktoren [3]

PROPORTION OF CANCER DEATHS ATTRIBUTABLE TO DIFFERENT FACTORS

Factor or class of factors	Per cent of all cancer death	
	Best estimate	Range of acceptable estimates
Tobacco	30	25 to 40
Alcohol	3	2 to 4
Diet	35	10 to 70
Food additives	1	-5 to 2
Reproductive and sexual behaviour	7	1 to 13
Occupation	4	2 to 10
Pollution	2	1 to 5
Industrial products	1	1 to 2
Medicines and medical procedures	1	0.5 to 3
Geophysical factors	3	2 to 4
Infection	10?	1 to ?
Unknown	?	?

Abb. 4: Quantitative Abschätzung vermeidbarer Krebsrisiken
derzeitige Situation in den USA [4]

Site of origin of cancer	High incidence area	Sex	Cumulative incidence,* % in high incidence area	Ratio of highest rate to lowest rate ^b	Low incidence area
Skin (chiefly non-melanoma)	Australia, Queensland	♂	>20	>200	India, Bombay
Esophagus	Iran, northeast section	♂	20	300	Nigeria
Lung and bronchus	England	♂	11	35	Nigeria
Stomach	Japan	♂	11	25	Uganda
Cervix uteri	Colombia	♀	10	15	Israel: Jewish
Prostate	United States: blacks	♂	9	40	Japan
Liver	Mozambique	♂	8	100	England
Breast	Canada, British Columbia	♀	7	7	Israel: non-Jewish
Colon	United States, Connecticut	♂	3	10	Nigeria
Corpus uteri	United States, California	♀	3	30	Japan
Buccal cavity	India, Bombay	♂	2	25	Denmark
Rectum	Denmark	♂	2	20	Nigeria
Bladder	United States, Connecticut	♂	2	6	Japan
Ovary	Denmark	♀	2	6	Japan
Nasopharynx	Singapore: Chinese	♂	2	40	England
Pancreas	New Zealand: Maori	♂	2	8	India, Bombay
Larynx	Brazil, São Paulo	♂	2	10	Japan
Pharynx	India, Bombay	♂	2	20	Denmark
Penis	Parts of Uganda	♂	1	300	Israel: Jewish

Abb. 5: Vergleich der höchsten und niedrigsten Incidenzraten für bestimmte Tumortypen in 5 verschiedenen Kontinenten [4]

Lokalisation	Relative Krebstodesrate		
	Japaner	Nachkommen der Emigranten	weiße US-Bevölkerung
Magen	100	38	17
Dickdarm	100	288	489
Pankreas	100	167	274
Lunge	100	166	316
Leukämien	100	146	265

Abb. 6: Mortalitätsraten der Nachkommen japanischer Emigranten in den USA [3]

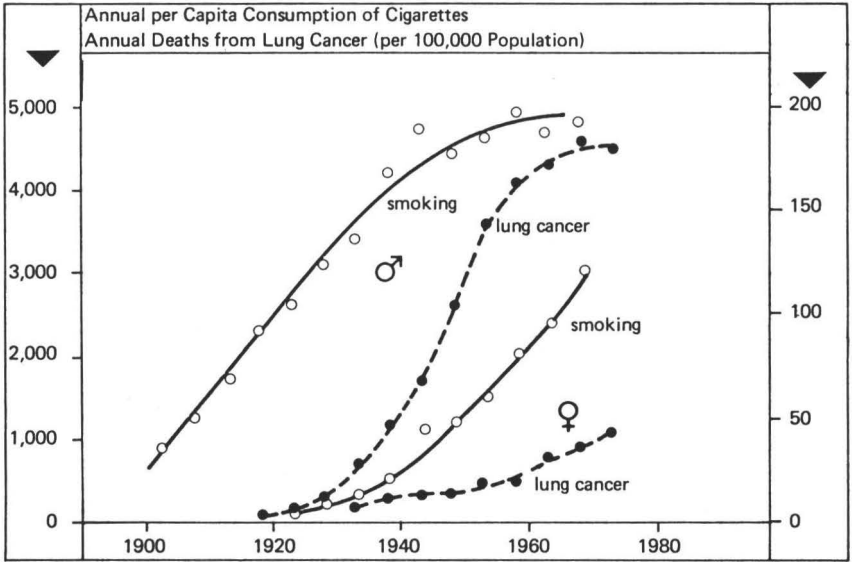


Abb. 7: Jährlicher pro-Kopf-Verbrauch an Zigaretten
 Jährliche Sterberate an Lungenkrebs
 (pro 100.000 Personen) nach [3]

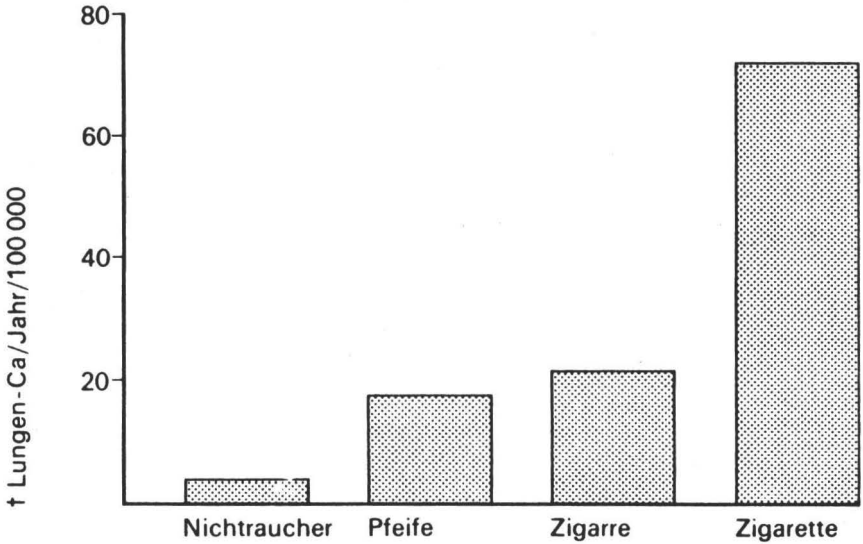


Abb. 8: Häufigkeit von Lungenkrebs bei Pfeifen-, Zigarren- und Zigarettenrauchern (alle Grade) im Vergleich zu Nichtrauchern [6]

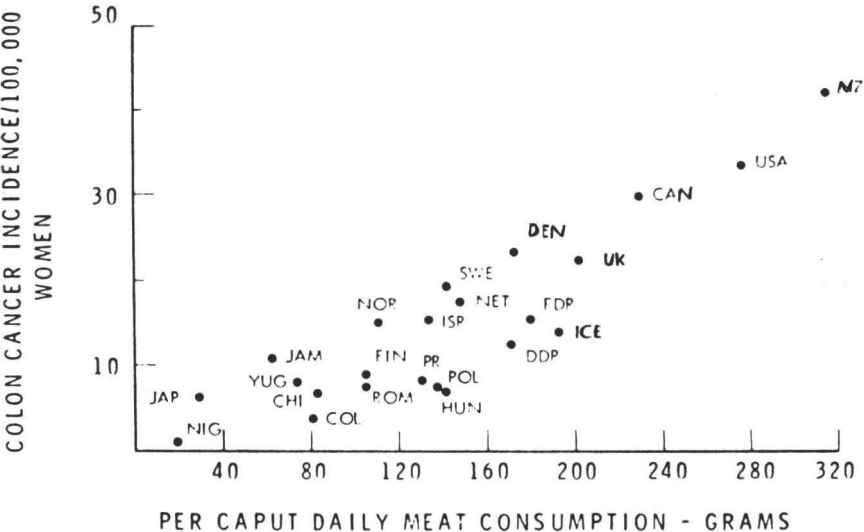


Abb. 9: Täglicher Fleischkonsum in Bezug zur Colonkrebsrate (pro 100.000 Personen) bei der Frau [8]

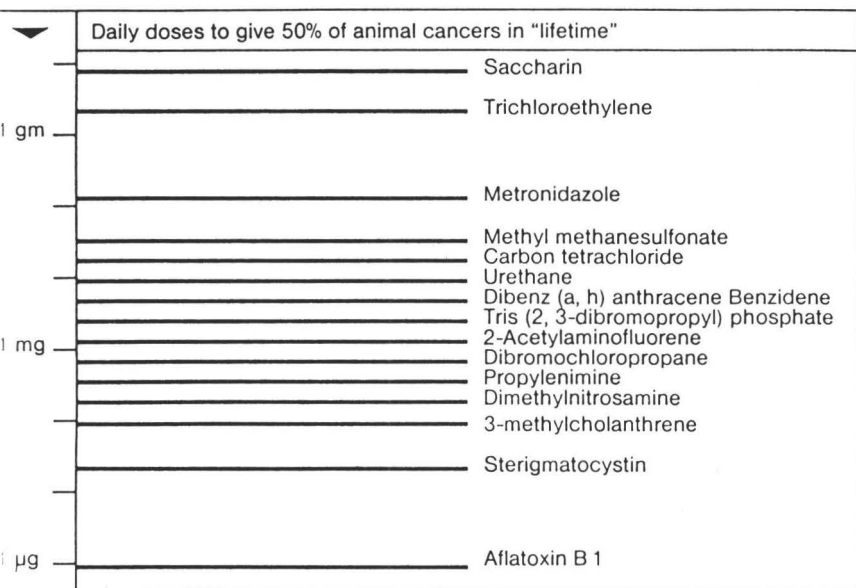


Abb. 10: Höhe der täglichen Dosen, die bei lebenslanger Verfütterung bei 50% der Versuchstiere zur Tumorbildung führen.

Cancerogene Stoffe in Roh- und Trinkwasser

Acrylonitril	Dibenz(a, h)anthrazen
4-Aminobiphenyl	1,4-Dioxan
4-Aminostilben	Äthylcarbamat
Benzol	Äthylendibromid
Benz(a)anthrazen	Äthylthiourea
Benzo(a)pyren	Indeno(1,2,3-c,d)pyren
Benzo(b)fluoranthen	2-Naphthylamin
Benzidin	4-Nitrobiphenyl
Bis(chlormethyl)äther	0-Toluidin
Tetrachlorkohlenstoff	Safrole
Chloroform	Vinylchlorid

N. H. Seemayer 1980 (nach Kraybill, Helmes u. Sigman, 1977).

Abb. 11:

Verwendung medizinischer Literaturdatenbanken für umwelthygienische Fragestellungen

I. Deuckert

Umwelthygienische Fragestellungen - wie zum Beispiel die Risikobewertung einer chemischen Substanz - erfordern oft eine möglichst umgehende Klärung, die auf dem aktuellen Wissensstand basieren muß. Dafür ist eine schnelle und umfassende Informationsbeschaffung über den relevanten dokumentierten Sachstand unerlässlich.

Ein Verfahren, das es ermöglicht, sich in kürzester Zeit einen Überblick über die internationale Fachliteratur zu verschaffen, ist die Online-Nutzung von Datenbanken. Dieses Verfahren bietet gegenüber der konventionellen Methode der Literaturrecherche wesentliche Vorteile, die durch die Technik der elektronischen Informationsaufbereitung begründet sind.

Eine Datenbank besteht aus einer großen Menge verschlüsselter, d.h. komprimierter Informationen (Texte, Formeln, strukturierende Angaben), die auf Datenträger (Platten, Bänder) gespeichert wird. Die gespeicherten Daten werden dabei gleichzeitig nach ihren formalen und inhaltlichen Merkmalen sortiert und Begriffen zugeordnet, die sie charakterisieren. (Zum Beispiel: Formale Merkmale: Autor, Titel, Quelle usw.; inhaltliche Merkmale: Animal experiments, Toxicity Values, Heart Diseases o.ä.). Diese Begriffe - allgemein als Schlagwörter bezeichnet - bilden in ihrer Gesamtheit den Thesaurus (das Wörterbuch) der Datenbank und dienen in Verbindung mit Ausführungsbefehlen zum Wiederauffinden der gespeicherten Information. Der Vorteil gegenüber einer festgelegten "Schubladenkartei", die sich nur nach einem Parameter, wie den Autorennamen oder den Zeitschriftentitel absuchen läßt, liegt darin, daß bei der Recherche von vornherein inhaltliche Aspekte miteinander kombiniert werden können (z.B. Schadstoff und mögliches geschädigtes Organ) und es möglich ist, diese wiederum mit formalen Angaben (Autor, Erscheinungszeitraum, Sprache) zu verknüpfen.

Die hohe Speicherkapazität einer Datenverarbeitungsanlage ermöglicht es, den Inhalt mehrerer Bibliotheken aufzunehmen und präsent zu halten, woraus eine

große Spannbreite der abgedeckten Literatur resultiert. Last but not least ist die sofortige Verfügbarkeit über bibliographische Angaben, inhaltliche Schwerpunkte durch Abstracts und Schlagwörter aus Literaturdatenbanken und Stoffdaten aus Faktendatenbanken bei der Online-Recherche vorteilhaft.

Je nach Problemstellung können Faktendatenbanken oder Literaturdatenbanken für die Informationsgewinnung benutzt werden: Faktendatenbanken enthalten substanzbezogene Dokumente, d.h. Angaben über Terminologie und chemisch-physikalische Eigenschaften von Stoffen, Grenzwerte, toxikologische und pharmakologische Daten usw., die aus Handbüchern und Registern zusammengestellt werden, für Literaturdatenbanken werden Zeitschriften, Bücher, Konferenzberichte, Dissertationen etc. inhaltlich ausgewertet und die bibliographischen Angaben, gegebenenfalls ergänzt von einem Abstract, gespeichert.

Im Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes werden für Online-Literaturrecherchen hauptsächlich die Datenbanken, die das Deutsche Institut für medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) anbietet, genutzt. Sie entsprechen den Anforderungen des Instituts hinsichtlich toxikologischer und medizinischer Fachliteratur bisher am besten und decken den umwelthygienischen Problembereich teilweise mit ab. Hier sei angemerkt, daß eine spezielle "Umwelt"-Datenbank noch nicht existiert.

DIMDI ist eine Institution im Geschäftsbereich des BMJFG, die auf dem Gebiet der Medizin und ihrer Randgebiete der Biowissenschaften in- und ausländische Literatur und sonstige Informationen erfaßt, auswertet und speichert. Diese Institution besteht seit 1969 und bietet zur Zeit etwa 30 verschiedene Datenbanken an, die sich inhaltlich und teilweise auch strukturell unterscheiden.

Ein Beispiel soll im folgenden den Ablauf einer Literaturrecherche illustrieren: Angenommen, das als Seveso-Gift bekanntgewordene Dioxin TCDD sei auf Grund von Handhabungsfehlern in größerer Menge in die Umwelt gelangt. Es wird umgehend eine Stellungnahme zum Umweltverhalten und zu einer möglichen gesundheitlichen Gefährdung exponierter Personen durch TCDD verlangt. Für die erste allgemeine Information über TCDD wird eine Faktendatenbank - die TDB - gewählt.

Die Toxicology Data Bank ist eine englischsprachige Faktendatenbank, die von der National Library of Medicine (NLM) in Zusammenarbeit mit dem TDB Peer Review Committee hergestellt wird. Sie enthält zur Zeit etwa 4000 Zielinformationen über chemische Substanzen aus den Bereichen Toxikologie, Pharmakologie, Umwelteinflüsse und Abfallbeseitigung, Produktionsdaten (Herstellung, Verwendung, US-Verbrauch, US-Im- und Exporte), chem.-physikalische Eigenschaften und terminologische Angaben (Synonyme, CAS-Nr. und Verschlüsselungscode). Die TDB wird vierteljährlich aktualisiert und erweitert - die Daten dafür werden ungefähr 130 Handbüchern und Monographien entnommen.

Aus dem sehr reichhaltigen Informationsangebot der TDB werden für die TCDD-Recherche die Sektionen Terminologie, chemical-physical Properties, En-

vironmental Information und Values ausgewählt. Diese Sektionen enthalten unter anderem Quellen und Angaben über Toxicity Values, Threshold Limit Values, Poisoning Potential, Pollution Potential, Disposal Method, Environmental Limits.

Für die weitere spezielle Information - z.B. über die Gesundheitsgefährdung durch TCDD - aus aktuellen Publikationen wechselt man in eine Literaturdatenbank, wobei wichtige Schlagworte aus der TDB "mitgenommen" werden können, so daß sich eine erneute Eingabe bereits verwendeter Begriffe erübrigt.

Als brauchbar für viele Fragestellungen, die im Institut bearbeitet werden, erweist sich das MEDLARS - Medical Literatur Analysis and Retrieval System, eine englischsprachige Literaturdatenbank der NLM. Es umfaßt das Gesamtgebiet der Human-, Zahn- und Veterinärmedizin mit Klinik, Forschung und Krankenhauswesen sowie Literaturangaben u.a. aus den Bereichen Pharmakologie, Biochemie, Biologie, Psychologie, Chemie, Physik. Diese Datenbank wird monatlich um ca. 20.000 Dokumentationseinheiten erweitert. Ihr Gesamtbestand beträgt zur Zeit ca. 4,5 Millionen Dokumentationseinheiten. Dafür werden 3000 Zeitschriften aus 70 Ländern weltweit ausgewertet, zu 90% vollständig d.h. Seite für Seite, außerdem begrenzt Monographien und Conference Proceedings. Der Zeitraum zwischen der Veröffentlichung eines Dokuments und seiner Verfügbarkeit bei DIMDI beträgt etwa 2 bis 4 Monate.

Der Thesaurus des MEDLARS ist inhaltlich hierarchisch geordnet und durch eine Tree-Struktur gegliedert. Dadurch können zu Deskriptoren gehörende Unter- und Oberbegriffe sowie Querverweise zu verwandten Bereichen bei der Suche gleich mitangesprochen und ausgegeben werden. Eine besondere Kennzeichnung ermöglicht es eine Arbeit nach primären und sekundären Aspekten auszuwählen bzw. fachlich sehr relevante Literatur oder auch nur Überblicksartikel herauszusuchen. Wichtige häufig vorkommende Begriffe wie: Diagnose, Analyse, Therapie, Pathologie, Toxizität usw. sind als besondere "Qualifier" in die Datenbank invertiert. Durch die unterschiedliche Kombination von Schlagwörtern mit Qualifiern läßt sich ein Begriff unter sehr verschiedenen Aspekten suchbar machen: Dioxin/metabolism oder Dioxin/toxicity oder Dioxin/analysis.

Aus der Gesamtheit der Dokumente, in denen TCDD oder eines seiner Synonyme genannt wird, wird also durch eine geeignete Schlagwortkombination und deren Qualifizierung die interessierende Menge herausgenommen. Anschließend werden die aufgefundenen Dokumente ausgedruckt.

Außer der Selektion durch die genannten Parameter kann auch eine Freitextsuche durch Wörter, die möglicherweise im Titel oder Abstract vorhanden sind durchgeführt werden. Einschränkungsmöglichkeiten bestehen durch die Definition eines gewünschten Veröffentlichungszeitraumes, einer bestimmten Sprache, in der die Originalliteratur abgefaßt wurde, eines Erscheinungslandes oder auch durch die Auswahl bevorzugter Fachzeitschriften. Da das MEDLARS einen mehrsprachigen Thesaurus enthält, können auch deutsche Schlagwörter benutzt wer-

den und darüberhinaus ist eine Suche nach einem Titel in der Originalsprache des Dokuments möglich.

Um die Entwicklung auf einem Fachgebiet über die neueste Literatur weiterzuverfolgen kann mit der bereits vorhandenen Suchstrategie ein Dauerauftrag an das DIMDI gegeben werden. Die Angaben zur aktuellen Literatur werden dann monatlich mit der Post zugesandt. Ebenso kann die bereits erarbeitete Suchstrategie gespeichert und für weitere Recherchen zum gleichen Thema wiederverwendet werden.

Es ist geplant, die zu den bibliographischen Angaben gehörende Originalliteratur auch über das Terminal im Dialogbetrieb bestellbar zu machen. Das würde die Literaturbeschaffung wesentlich erleichtern. Diese Möglichkeit besteht für einzelne Dokumente schon beim Informationssystem Karlsruhe (INKA) - einem Datenbankanbieter in den Bereichen Mathematik, Physik, Energie. Das INKA wird zur Zeit auf seine Verwendungsfähigkeit für die Fragestellungen, die in unserem Institut relevant sind, geprüft.

Die Verwendung von Literatur- und Faktendatenbanken ist ein wesentliches Hilfsmittel bei der Informationsbeschaffung für wissenschaftliches Arbeiten, mit dem in sehr kurzer Zeit aus einer großen Menge internationaler Fachliteratur der interessierende relevante Anteil herausgesucht und mit seinen bibliographischen Angaben, ergänzt durch inhaltliche Schwerpunkte bzw. Daten direkt zum Sachstand, ausgegeben werden kann. Es empfiehlt sich also, sich mit dieser Technik vertraut zu machen, um sie für eine effektive wissenschaftliche Arbeit nutzen zu können.

Bei der wissenschaftlichen Bearbeitung umwelthygienischer Fragestellungen - auch bei hochaktuellen Anfragen aus der Öffentlichkeit - ist der Einsatz solcher modernen Literatur-Datenbanken eine inzwischen unverzichtbare Hilfe. Sie sind bezüglich Schnelligkeit und Vollständigkeit der Informationsbeschaffung den konventionellen Suchsystemen gegenüber weit überlegen. Allerdings erfordert die effektive "Bedienung" dieser elektronischen Systeme qualifiziertes eingearbeitetes Fachpersonal, das nicht nur das "know how" der Abfragetechniken, sondern auch die naturwissenschaftlichen Begriffe unterschiedlichster Fachdisziplinen beherrscht, um die Speicherkapazitäten der bestehenden Literatur-Datenbanken als "Searcher" in kürzester Zeitfrist zu erschließen.

Strategien zur Sicherung der Raumluftqualität im internationalen Vergleich

M. Fischer

1. Die Quellengruppe und ihre Emissionen

Betrachtet man die in der Luft von Innenräumen vorkommenden luftfremden Substanzen, so können diese aus extra- oder intramuralen Quellen stammen. Liegt die Quelle in der Außenwelt, z.B. industrielle Emittenten oder der Kraftfahrzeugverkehr, so sind die Innenraumkonzentrationen in der Regel deutlich kleiner als die atmosphärischen Immissionen [18, 20], d.h., soweit es sich dabei um Schadstoffe handelt, wird die Bevölkerung durch Einhaltung der jeweiligen Grenzwerte (z.B. IW 1 / TA Luft oder MIK-Werte [3]) auch im Innenraum geschützt. Völlig anders liegen die Verhältnisse, wenn die Emissionsquelle sich im (geschlossenen) Innenraum selber befindet. Bei Gasen ist in der Regel die Rate des chemischen Abbaus in der Raumluft, des radioaktiven Zerfalls oder der Auswaschung klein gegenüber der Luftwechselzahl und damit bestimmt letztere die stationäre Konzentration je nach Emissionsstromdichte und Geometrie des betrachteten Raumes.

Ein Vergleich der Verhältnisse im Innenraum mit denen in der unteren Atmosphäre über einem Stadtgebiet zeigt, daß zwar die Luftwechselzahlen vergleichbar sind, daß aber das Verhältnis von emittierender Fläche zur Grundfläche und von dieser zum Gesamtvolumen im Innenraum wesentlich ungünstiger sind, so daß es - selbst bei gleicher Emissionsstromdichte in den Wohnungen - dort zu höheren Konzentrationen kommt. Dies wird im Hausinnern noch verstärkt durch den Wegfall photochemischer Abbauprozesse, die gerade für organische Substanzen in der Atmosphäre eine große Rolle spielen. Somit stellen Schadstoffe in der Raumluft ein lufthygienisches Problem eigener Art dar.

Da die geometrischen Verhältnisse des Innenraums als gegeben anzusehen sind und auch die Luftwechselzahl nur innerhalb enger Grenzen - und dann eher nach unten (Energieeinsparung!) - variierbar ist, ist es bei der Behandlung lufthygienischer Probleme in Innenräumen von vornherein wichtig, bei den Quellen

anzusetzen, zumal dies, wie noch zu zeigen sein wird, auch die größte Wirksamkeit verspricht.

Die lufthygienische Untersuchung und administrative Behandlung dieser Probleme steht sowohl in der Bundesrepublik Deutschland als auch im Ausland noch in den Anfängen [vgl. 3 und 19; den Übersichtsartikel, die Sondernummer 2.83 der schwedischen Zeitschrift VVS zum Thema Innenraumklima und die Grunddiskussion zur Festlegung lufthygienischer Grenzwerte in der DDR: 9].

Nicht nur die toxikologische Beurteilung der auftretenden Luftbeimengungen ist in vielen Fällen schwierig [9], sondern auch die rechtliche und administrative [20] Bewertung. Immissionen, die beim Kochen oder Heizen entstehen, sind grundsätzlich anders zu betrachten, als solche, die von der Verwendung kosmetischer Sprays herrühren, und die negativen Folgen des Passivrauchens sind anders abzuwehren, als die Schleimhautreizungen aufgrund der Formaldehydabgabe von Baustoffen.

Ein weiterer Unterschied liegt in der Verbreitung einzelner Quellgruppen, die stark von wirtschaftlichen Prozessen, wie Produktinnovation und Substitution bestimmt ist, und ihre eigene Dynamik aufweist, so daß hygienische Probleme häufig erst erkannt werden, wenn schon zahlreiche Haushalte betroffen sind.

Die folgende Gliederung der Quellgruppen versucht, solche Gesichtspunkte zu berücksichtigen.

Natürliche Prozesse

Der Stoffwechsel der Bewohner führt insbesondere zu einem Anstieg der CO_2 -Konzentration. Deren Begrenzung auf 0,1 Vol% (PETTENKOFER-Zahl) erfordert eine gewisse Luftwechselzahl, ca. 1 h^{-1} bei normaler Belegung der Räume, wodurch gleichzeitig auch organoleptische Ansprüche an die Raumluftqualität gesichert werden.

Da Sterilität in einer Wohnung weder erreichbar noch erstrebenswert ist, muß mit Insekten und Mikroorganismen gerechnet werden, deren Populationsdichte in der Regel jedoch durch die normale Wohnungsreinigung auf einem hygienisch unbedenklichen Niveau gehalten wird.

Lebensgewohnheiten (Wahlbedarf im Wohnbereich)

In dieser Quellengruppe dürfte vom Umfang her das Rauchen im Vordergrund stehen, wobei hier nur auf das Passivrauchen als hygienisches Problem hingewiesen werden soll (s. Tafel 1). Die immer weiter verbreitete handwerkliche Betätigung in der Freizeit (ohne baubezogene Instandhaltung und Renovierung) kann beim Umgang mit Lösungsmitteln, Kunststoffen, Schwermetallen (Pb, Sn, Cu, ...), Sprays, Insektenbekämpfungs- und Holzschutzmitteln zur Freisetzung

TAFEL 1

Quellengruppe: LEBENSSTIL

Rauchen

Verbreitung und Tendenzen

D : 38 % der Bevölkerung (≥ 18 J.) sind Raucher
Zahl und individ. Verbrauch nehmen zu

d.h. $\sim 1/3$ der Kinder sind
Passivraucher!

S: 34 %, Tendenz ähnlich;

Exposition (Passivraucher)

Keine repräsentativen Untersuchungen in Wohnräumen publiziert.

Stoff	Extraktkonzentration	Bemerkungen
CO	1.1 ppm	Mittelwerte aus einer Untersuchung in 44 Arbeitsräumen, Weber (1982)
NO	32 ppb	
Schwebstaub	133 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Formaldehyd	$\leq 0,5$ ppm	Seifert (1982), Hintergrund: 5 ng/m^3 NDA bzw. BaP. Werte aus Einzeluntersuchungen in CND (n. Thunberg et al. 1982)
Akrolein	$\leq 0,2$ ppm	
NDA	0,05-0,24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Benzopyren	5 - 25 ng/m^3	
– Foyer (Pause)	150 ng/m^3	
– Spielhalle	250 ng/m^3	50 ng/m^3 wurden als Hintergrund abgezogen
– Nachtclub	650 ng/m^3	
– Büro	710 ng/m^3	

Tabakrauch: Ausgewählte Immissionen an Arbeitsstätten und in öffentlichen Lokalen

Wirkung und Bewertung (Passivraucher)

Schwelle für Reizung v. Augen/Atemwegen = 1 - 2 ppm Extra-CO (Weber 1982)

Kinder in Raucherhaushalten erkranken häufiger an **Luftwegsinfektionen** als solche aus Nichtraucherfamilien (USA n. Thunberg et al.(1982), p. 351)

Neben der gesicherten Belästigung und reversiblen Irritation (Schleimhäute) des Nichtrauchers durch das Passivrauchen werden **akute** Wirkungen auf die Lungenfunktion, insbesondere bei Asthmatikern, und Erkrankungen der tieferen Atemwege bei Kindern diskutiert – epidemiologische Studien fehlen oder sind nicht eindeutig.

Alle chronischen Erkrankungen, die als Folgen des Passivrauchens diskutiert werden, bedürfen ebenfalls noch weiterer epidemiologischer Abklärung

- allergische Sensibilisierung
- Lungenkrebs (lacking nitrosamines /PAH-bodyburden– measurements for passive smokers)
- sonstige chronische Erkrankungen des Bronchialsystems der Lunge
- Koronargefäßerkrankungen

noch: TAFEL 1

Lungenkrebsrisiko von Passivraucherinnen *)

(Japan, 91540 Nichtraucherinnen, älter als 40 J. 14 Jahre Beobachtungszeitraum; n. *Thunberg et al. (1982) p. 350*)

	Zigarettenkonsum des Ehemannes [Zig/Tag]	Relatives Lungenkrebsrisiko der Ehefrau
Stadt	≤ 20	1,61
	> 20	2,08
Land	> 20	4,6

*) Die wissenschaftliche Diskussion über die Verursachung von Lungenkrebs durch Passivrauchen ist noch nicht abgeschlossen

Mehrkosten f. Heizung in einem schwedischen Krankenhaus bei Raucherlaubnis: 10skr/Zig.!
(*Sven B. Adersson, VVS 2/83, S.69*)

Maßnahmen

Für private Haushalte kommen neben **Aufklärung** nur **bau- bzw. klimatechnische Richtlinien** in Frage, die einen gewissen **Mindestluftwechsel** sicherstellen:

Bei 1 Zig/h sind 33 m³/h Frischluftzufuhr nötig, (um $\Delta CO \leq 2\text{ppm}$ einzuhalten.)

(*Weber 1982*)

Das Auftreten von Tabakrauch ist sicher einer der häufigsten Anlässe für zusätzliche Lüftung, Luftverbesserungsgeräte u. dgl. in Wohnungen, Büros, Geschäftslokalen und Veranstaltungsräumen (incl. Restaurants), erhöht somit den Heizungsenergieverbrauch und damit auch indirekt die Luftverschmutzung. Solange das Passivrauchen nicht abgestellt wird, leisten Reduzierungsmaßnahmen bei anderen Quellen in Raucherhaushalten weder einen Beitrag zur angestrebten Senkung der Luftwechselrate, noch zur Verbesserung der Luftqualität.

luftfremder Stoffe in einer Menge führen, die bei entsprechender gewerblicher Tätigkeit unter die Bestimmungen des Arbeitsschutzes fallen würde (z.B. Überschreiten von MAK-Kurzzeitwerten), vgl. Tafel 2.

Haustiere und Zimmerpflanzen können teils direkt durch Abgabe von Gerüchen oder Pollen und anderen Allergenen, wie als Träger von Insekten und Keimen die Raumluft belasten, teils indirekt, indem sie zu einem vermehrten Einsatz von Bekämpfungsmitteln im häuslichen Bereich Anlaß geben [vgl. 21, 8, 6].

Lebensführung (Grundbedürfnisse im Wohnbereich)

Kochen, Warmwasserbereitung, Heizen, Lüften (ggf. Klimatisierung mittels RLT-Anlagen) sind notwendige Prozesse, die je nach ihrer technischen Ausführung mit gewissen Emissionen verbunden sind, besonders wenn es sich um Verbrennungsvorgänge handelt [24].

Der Anteil der Haushalte, die mit Gas heizen, ist von knapp 10% im Jahre 1972 auf ein Viertel im Jahre 1982 (d.h. 6 Mio. Haushalte) gestiegen, langfristig erwartet die Gaswirtschaft noch einen Anstieg der Zahl der gasbeheizten Haushalte auf 8 Mio. (Pressenotiz vom Nov. 1983). In den meisten Fällen werden diese Haushalte auch mit Gas kochen.

Das Auftreten von Stickoxiden in Wohnungen ohne jede Gasverwendung bis hin zu solchen, in denen Heizung, Kochen und Warmwasserbereitung mit Gas geschehen, hat Prescher [16] untersucht und gefunden, daß die Mittelwerte der NO_2 -Konzentration über 48 Std. in den Küchen von knapp $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (o. Gas) bis zu knapp $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Allgas) ansteigen.

Während des Kochens traten NO_2 -Werte von $720 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf, die innerhalb einer Stunde auf $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sanken. Aus den USA werden allerdings noch erheblich höhere Werte berichtet [25], aus Großbritannien dagegen wesentlich geringere Konzentrationen [7]. Nach [16 und 7] bilden die Gasherde die Hauptemissionsquelle, die Küchen weisen die höchsten Konzentrationen auf; Küchen und Gasherde sollten demnach zumindest die Möglichkeit zur Installation von Abzügen mit Schornsteinanschluß haben.

In Mietwohnungen ist die zugehörige Haustechnik meist vorgegeben, aber auch Eigenheimbesitzer können durch den Anschlußzwang an ein Strom- oder Gasnetz in der Wahl der jeweiligen Geräte stark eingeschränkt sein. Derartige Sachzwänge und die Sorgfalt der Installation und Wartung entscheiden dann praktisch über die Intensität der Emissionen (Stickoxide, Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoff etc.) in den Häusern, ohne daß den Bewohnern eine andere Einwirkungsmöglichkeit als Lüftung verbliebe.

TAFEL 2

Quellengruppe: LEBENSTIL

Basteln

Belastungen der Raumluft durch Farben, Lacke, Lasuren, Beizen, Lösungsmittel, Abbeizmittel, Kleber, Schmelzen, Gießen, Brennen v. Keramik, Emaille, Kunststoffumformung.

Verbreitung und Tendenzen

Etwa 30 % aller Haushalte geben an, daß sie häufiger basteln, die Tendenz ist wachsend. Ungefähr 11 Mio. Bundesbürger wandten nach Angaben des „ff Freizeitinstituts“ GmbH, München, 100 und mehr Stunden pro Kopf und Jahr für Renovierungs- und Reparaturarbeiten, Ausbau-, Installations-, Elektro- und Tischlerarbeiten in ihrer Freizeit auf. Auf diesem Markt werden reale Wachstumsraten von über 6 % p.a. erwartet.

Exposition

Da systematische Untersuchungen fehlen, soll hier eine Fallstudie an schwedischen Oberschülern referiert werden (*Thunberg et al. (1982), S. 292*), in der die Belastung durch Lösungsmittel beim Zusammenbau von Plastikmodellen untersucht wurde.

90 % der befragten Schüler hatten solche Objekte gebaut, davon 36 % mehr als 20 Modelle.

Lösungsmittel des Klebers: Trichlorethen, Konzentration über dem Tisch **190 mg/m³** (Spitzen: 600 mg/m³).

Weitere, auch in Haushaltsprodukten weit verbreitete, leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe sind das Dichlormethan (Methylenchlorid) und das 1,1,1-Trichlorethan (Methylchloroform).

Andere Kleber für Spiel und Hobby enthalten z.B. Epoxidharzprodukte.

Wirkung und Bewertung

Im Vergleich zu Schülern, die nie Modelle bauten, wiesen Schüler, die häufig Modelle klebten, Beeinträchtigungen in folgenden Feldern auf:

- Funktionen des Kleinhirns (Bewegungscoordination) und peripheren Nervensystems
- Blutbild, Niere und Urinwege
- psycholog. Tests

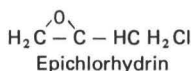
Subj. Beschwerden wie sie von Malern etc. bekannt sind.

In Schweden schreibt man aufgrund arbeitsmedizinischer Untersuchungen den chlorierten org. Lösungsmitteln eine Reihe ernster **chronischer Schädigungen** zu: Feinmotorik, Nervenleitgeschwindigkeit, Reaktions- und Auffassungsgabe, Gedächtnis, emotionale Labilität, Reizbarkeit, Müdigkeit, Unlust, Aggressivität, Depressionen und Niedergeschlagenheit. Jedes Jahr werden 250 - 300 Personen aufgrund nervöser Schäden durch Lösungsmittel vorzeitig pensioniert.

Arbeitsmedizinische Grenzkonzentration in S und D

Lösungsmittel	Grenzkonzentration [mg/m ³]	
	D	S
Trichlorethen	260 (MAK III B)	110
Dichlormethan	360	250
1,1,1-Trichlormethan	1080	400

Die Epoxidharzherstellung geht vom Epichlorhydrin aus, eine auch akut hochtoxische (Grenz-



konzentration am Arbeitsplatz in Schweden: 2 mg/m³) Substanz mit stark allergischer Wirkung. Außerdem besteht aufgrund von Tierversuchen der Verdacht auf eine kanzerogene Wirkung beim Menschen*). Über die Epichlorhydrinreste im fertigen Produkt ist wenig bekannt, aus Epoxidharz beschichteten Verpackungen kann Epichlorhydrin in Lebensmittel übergehen. Epoxidharze werden mit einer Reihe toxikologisch nicht unbedenklicher Hilfsstoffe zusammen verarbeitet:

- reaktive Verdünner (Hautirritation, Sensibilisierung; perkutan auch systematisch wirksam)
- Härter (aliphatische, polycyclische und aromatische Amine, neuerdings auch weniger bedenkliche Polyaminoamide)

Epoxidharze führen am Arbeitsplatz häufig zu Allergien. Sensibilisierte Personen reagieren dann schon auf geringste Mengen, wie sie auch im Haushalt (Farben, Kleber) auftreten. Kann es auch beim Basteln zur Sensibilisierung kommen?

Maßnahmen

Bei den lösemittelhaltigen Produkten kann man in der Regel davon ausgehen, daß bei geringer Exposition keine bleibenden Gesundheitsschäden auftreten. In Schweden werden Kleber, die diese Lösemittel enthalten, daher nicht an Kinder unter 14 Jahren verkauft und müssen außerdem wie folgt gekennzeichnet werden: „Warnung! Der Kleber enthält Stoffe, die gesundheitsschädliche Dämpfe abgeben. Müdigkeit, Kopfschmerzen und Übelkeit können als frühzeitige Vergiftungssymptome auftreten. Häufig und kräftig lüften oder Abzug am Arbeitstisch anwenden. Nicht mehr als 20 Minuten hintereinander arbeiten. Modellbausätze sollen nicht in regelmäßig zum Aufenthalt bestimmten Räumen zum Trocknen aufgestellt werden.“ (n. Thunberg et al. *loc.cit*)

*) Daher kein MAK - Wert in D

Baustoffe und Materialien zur Innenausstattung

Diese Quellengruppe, auf deren Zusammensetzung der einzelne Bewohner eines Eigenheims oder einer Wohnung i.d.R. nur geringen Einfluß hat, umfaßt zunächst die meist schon lange bekannten traditionellen Baustoffe, Farben und Hilfsstoffe (wie Teer, Lote), deren evtl. hygienischen Probleme (As- oder Pb-haltige Anstriche, Schwammbildung im Holz) als gelöst gelten können. Daneben haben sich in jüngster Zeit zahlreiche neue Produkte auf dem Baustoffmarkt durchgesetzt, ohne daß immer eine prospektive toxikologische Bewertung möglich war. Die Gründe sind einerseits der Innovationsdruck der Chemischen Industrie, andererseits fehlende gesetzliche Grundlagen und mangelnde personelle Kapazität oder administrative Routine auf der Bewertungsseite (s. [20] a.a.O. Tab. 3/4). Wegen ihrer exemplarischen Bedeutung sollen die Baustoffe hier etwas eingehender betrachtet werden.

Baustoffe haben unter den Stichworten Radon und Formaldehyd erheblich dazu beigetragen, die öffentliche Aufmerksamkeit auf die Probleme der Innenraumhygiene zu lenken. Es handelt sich um eine Reihe durch ihre Emissionen problematischer Materialien, z.B. gewisse Leicht-, bzw. Gasbetonsteine (besonders in Schweden) oder Spanplatten mit Formaldehydharnstoffharzverleimung. Diese sind gleichzeitig Beispiele für moderne Baustoffe, die aufgrund günstiger technisch-wirtschaftlicher Kenngrößen trotz der in vielen Ländern seit längerer Zeit herrschenden Stagnation auf den Baumärkten hohe Wachstumsraten erzielten, d.h. ihren Marktanteil auf Kosten traditioneller Baustoffe vergrößerten (s. Abb. 1).

Das Mengenwachstum eines bestimmten Materials setzt sich prinzipiell aus einer *e x t e n s i v e n* Komponente zusammen, d.h. der Baustoff wird in einer wachsenden Zahl von Bauvorhaben eingesetzt, wodurch ein größerer Anteil der Haushalte erreicht wird, und aus einer *i n t e n s i v e n* Komponente, d.h. je Bauvorhaben wird mehr von diesem Material verbraucht und damit steigt *ceteris paribus* die Emission je Wohneinheit. Die extensive Komponente dürfte z.B. bei Porenbetonsteinen überwiegen, dagegen kann man sich bei Spanplatten auch eine Steigerung der Verwendungsintensität vorstellen.

Die beobachteten Marktanteile steigen von kleinen Werten bis zur Sättigung, d.h. die Wachstumsraten durchlaufen ein Maximum zu einer Zeit, in der die Erfahrungen mit unerwünschten Nebenwirkungen möglicherweise noch gering sind. Da bis zum Erkennen eventueller Nebenwirkungen in der Regel einige Jahrzehnte vergehen (Radon: stark Rn emittierende Leichtbetonsteine wurden in Schweden ca. 25 Jahre verwendet; Formaldehyd aus Spanplatten: ca. 20 Jahre in der Bundesrepublik; Spritzasbest: wurde hier Ende der 50er Jahre eingeführt, die Verarbeitung 1979 verboten, Rundsporthallenproblematik seit 1982 bekannt), ist die Einführungsphase eines neuen Baustoffs meist schon durchlaufen, ehe raumlufthygienische Gegenmaßnahmen überhaupt eingeleitet werden. In der Zwischenzeit wurden dem Produkt vielleicht schon weitere Einsatzbereiche erschlossen (s. Formaldehyd in Ortschäumen).

Bautätigkeit und einzelne Baustoffe

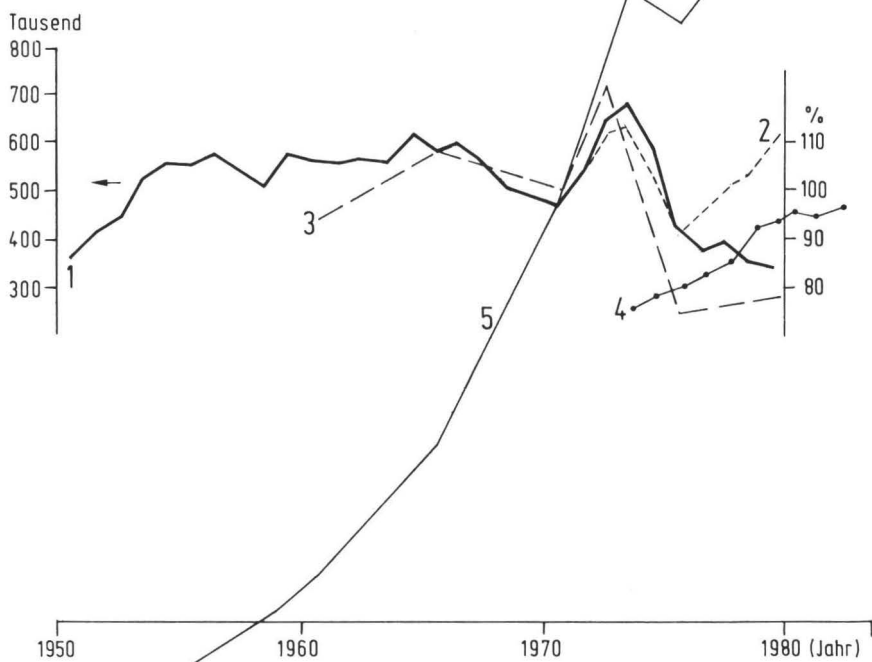


Abb. 1: Bautätigkeit in der Bundesrepublik Deutschland und Produktion einzelner Baustoffe. Die Ziffern bedeuten:

1 - Baufertigstellungen in Tsd.

2 - Produktionsindex f.d. Baugewerbe/Hochbau (1970 = 100).

3 - Gesamtproduktion künstlicher Wandbausteine (1970 = 100).

4 - Anteil der Gasbetonvollsteine an den Betonbausteinen (%).

5 - Index der Spanplattenproduktion (1970 = 100).

Quelle: Stat. Jhrb. und eigene Berechnungen aufgrund einschlägiger Verbandsstatistiken.

Wenn Importe eine Rolle für die Marktversorgung spielen, setzt die ggf. notwendige Produktkontrolle internationale Vereinbarungen voraus. So bestehen im Bereich der Spanplatten bzgl. der Klassifizierung nach Formaldehydabgabe und der damit verbundenen Verwendungsbeschränkungen erhebliche Unterschiede zwischen der Bundesrepublik Deutschland und den anderen EG-Staaten, was dann zum Unterlaufen der nationalen Bestimmungen durch Importe führen kann.

Wandbaustoffe und Mauerwerk

Diese mengenmäßig bedeutendste Gruppe kommt als Emissionsquelle kaum in Betracht. Die Ausnahmen sind die Radon abgebenden Baustoffe, z.B. gewisse Leichtbetonsteine, Bimsprodukte, und Spanplatten mit formaldehydhaltigen Bindemitteln (u.a. Fertighausteile), die auch international starke Beachtung gewonnen haben (vgl. die Übersichtsarbeiten von [20, 5 und Tafel 3].

Dämm- und Isolierstoffe

Gesteigerte Heizungskosten wie auch erhöhte Anforderungen an die Wärmedämmung im Hochbau [22] führen zu einer kräftig wachsenden Nachfrage nach Dämm- und Isolierstoffen. Angesichts stagnierender Neubauzahlen werden Sanierungen und Nachrüstungen für die Bauwirtschaft immer wichtiger, nicht zuletzt die Wärmedämmung in Altbauten. Die Dämmstoffe, die in der Bundesrepublik Deutschland auf den Markt gelangen, sind überwiegend aus Mineralfasern (Glas-, Steinwollfasern, meist mit org. Binde- und Schmelzmittel) und Hartschäumen hergestellt, auf andere Materialien, wie Naturstoffe, entfällt nur ein geringer Anteil [22 und Tabelle 1].

Neben Faserstaubemissionen kann es auch hier zur Emission von Monomeren (Formaldehyd, Styrol, ...) kommen. Da eine gute Wärmedämmung meist mit einer geringen Luftwechselzahl einhergeht, verdienen diese Emissionen in Zukunft nähere Betrachtung (vgl. hierzu den Formaldehydbericht v. 1.10.1984, Schriftenreihe des BMJFG, Bd. 148).

Asbest muß je nach seiner Verwendung betrachtet werden. Der größte Teil des Asbesteinsatzes im Bausektor entfiel auf Asbestzementprodukte, die aufgrund der festen Fasereinbettung im Innenraum praktisch kein Emissionsproblem darstellen und hier daher außer Betracht bleiben sollen. Hauptsächlich zu Zwecken des Brandschutzes erfolgte eine Verwendung in locker (Spritzasbest; Asbestleichtbauplatten) oder gar nicht gebundener Form zum Schutz von Stahlkonstruktionen, bei Lüftungskanälen, Kabelschächten u.dgl. Diese Verwendung war auf gewerblich oder öffentlich genutzte Gebäude beschränkt und ist nach bisher angestellten Erhebungen im Wohnungsbau nicht anzutreffen. Die genannten Verwendungen sind seit 1979 ganz eingestellt (Spritzasbest) bzw. stark zurückgegangen, Art und Umfang der notwendigen Sanierungsmaßnahmen werden z.Z. noch untersucht.

Material	Im Bauwesen abgesetzte Dämmstoffe 1982 (1000 m ³)
Mineralfaserdämmstoffe	8.700
EPS-Hartschaumdämmstoffe	5.060
PUR-Hartschaumdämmstoffe	720
Perlite-Dämmstoffe	400
Dämmende Leichtbauplatten	225
sonstige anorg. Dämmstoffe	103
Dämmstoffe insg. 1982	15.208
Dämmstoffe insg. 1981	16.045
Dämmstoffe insg. 1980	17.800
Dämmstoffe insg. 1979	16.830

Tab.1: Entwicklung des Dämmstoffabsatzes in der Bundesrepublik Deutschland 1979 - 82 nach Angaben des Gesamtverbandes Dämmstoffindustrie (GDI).

In den vorliegenden Zahlen sind die Dämmstoffe aus Schaumkunst- und Naturstoffen nicht enthalten, da Angaben hierzu nicht erhältlich waren.

TAFEL 3

Quellengruppe: Baustoffe

Schadstoffgehalte emissionsrelevanter Baustoffe

Baustoffe nach Ausgangsmaterial	Schadstoffe und Gehalte	Quelle
Leicht-/Gasbetonsteine	Ra - 226	
Bimsstein	1,0 - 6,8 pCi/g	<i>Schmier et al. [1982]</i>
Alaunschiefer (S)	35 pCi/g	<i>Månsson/Lindvall [1983]</i>
Spanplatten mit Aminoplastbindung für Hochbau	HCHO Gehalte in mg/100 g a tro	<i>Deppe [1982]</i>
D: E 1	≤ 10	
E 2	> 10	
E 3	30 - 60	
S: Durchschnitt	20	<i>Tell [1983]</i>

Exposition

Schadstoff	Intensität	Umfang
<u>Radon</u> (aus Baustoffen)	1,5 - 1,7 pCi/l	Durchschnitt des Gebäudebestandes
(<i>Månsson/Lindvall S 1983</i>)	54 - 108 pCi/l	Höchstbelastete Gruppe
München (<i>Schmier et al. 1982</i>)	0,3 - 5 pCi/l	Mittlere Rn-Konz. in Wohnungen (Stichprobe)
<u>Formaldehyd</u>		
aus Spanplatten *)		
D	0,3 - 0,9 mg/m ³	
BGA (<i>Wegner 1983</i>)	≤ 1,2 mg/m ³	Fertighäuser
Skandinavien	0,64 mg/m ³ (0.08-2.24)	Neubauten 1973
(<i>Johansson 1982</i>)	0,30 mg/m ³ (0.07-0.46)	—“— 1976
Wohnungen m. Beschwerden in S 1975-77	φ: 0,7 mg/m ³	319 Wohnungen
(<i>Wegner 1983</i>)	über 10 % wiesen mehr als 1,2 mg/m ³ auf	
USA (<i>n. Johansson 1982</i>)		
mobile homes, Häuser m. UF-Ortschaumisolierung	φ: 0,49 mg/m ³	
Konventionelle Häuser	0,01 - 0,12 mg/m ³	
GB/CND (<i>Everett 1983</i>)		
Häuser o. UF-Isolierung GB	φ : 0,047 ppm (≤ 0.1 ppm)	
CND	φ : 0,034 ppm ± 0,029	
UFFI ¹⁾ -houses	φ : 0,093 ppm ± 0,099	ca 1 Mio Häuser
CND	φ : 0,04 - 0,054	
problem houses	φ : 0,139	
CND		
<u>Styrol (IfBT)</u>		
Nicht abgelagerte PS-Platten in unbelüftetem Raum	~420 µg/m ³	worst case

1) Urea Formaldehyd Foam Insulation

*) Spanplatten

Neben den Spanplatten auf Harnstoff-Formaldehydharz-(UF) und Melamin-Formaldehydharzbasis (MF) werden auch Platten mit Phenolharz-(PF) oder Isocyanat- (Ic) Verleimung hergestellt. Lt. *Deppe (1982), S. 93* werden jährlich neben 350.000 t Aminoplastharzen (UF und MF) etwa 10.000 t PF-Harz, 5.000 t Ic-Harz und ca. 15.000 t modifizierte Aminoplastharze eingesetzt.

Ca. 0,3 % aller Haushalte kommt jährlich allein über neue Fertighäuser mit frischen Spanplatten in intensiven Kontakt, zusätzlich eine eher noch höhere Zahl beim Neukauf von Möbeln.

Wirkung und Bewertung

a) Radon

7 Bq (Rn)/m³ ⇒ 100 mrem/a (Äquivalentdosis) ~0.2 pCi/l

Radongrenzwert S (*Månsson/Lindvall 1983*)

Altbauten: Ziel 200 Bq/m³ (= 3 rem/a!),

bei mehr als 400 Bq/m³ sind Maßnahmen einzuleiten.

Neubauten: unter 70 Bq/m³ (= 1 rem/a)

b) Formaldehyd

BGA-Wert für Innenraum: 0.1 ppm (0.12 mg/m³) (vgl. internationale Übersicht) als **Reizschwelle**

Unabhängig von der zweifelhaften Karzinogenität von Formaldehyd sollte jede unnötige Belastung mit dieser hochreaktiven und bioziden Substanz vermieden werden (*CND 1980, BGA 1983*).

c) Styrol

MAK-Wert: 420 mg/m³

Maßnahmen

a) Radon

Schweden: **RLT-Anlagen** (m. Wärmerückgewinnung) z. Erhöhung der Luftwechselraten (m. finanzieller Hilfe des Staates?)

b) Formaldehyd

Spanplatten (*n. Deppe/Ernst 1982*)

D: Bauspanplatten mit einem Gehalt von mehr als 10 mg H₂CO/100 g atro dürfen nur mit einer emissionsmindernden Beschichtung hingesetzt werden (Regelungen für Möbel, Importkontrollen etc. in Vorbereitung)

DK, NL: noch strengere Anforderungen, die auch für Möbelspanplatten gelten

S: schreibt z.Z. nur einen Höchstgehalt von 0.04 Gew % (= 40 mg/100g) vor (*Tell 1983*).

UF - Ortschaumisolation

CND: UFFI seit Dezember 1980 verboten (*Min. Nat. Health & Welfare*)

GB: Neuformulierung britischer Normen (BS) mit dem Ziel einer Minimierung der Formaldehydimmissionen wird erwogen.

Substitution

Je nachdem wie die immer noch laufende Debatte über die Kanzerogenität von HCHO auf die Öffentlichkeit wirkt, kann es zu einer schlagartigen Verschiebung von UF/MF zu Phenolharz- oder Isocyanat-Verleimungen in der Spanplattenherstellung kommen.

Die raumlufthygienische Bedeutung der von PF/Ic-Platten freigesetzten Stoffe (*Hinweise bei Deppe a.a.O.S. 120 ff*) sollte gründlicher untersucht werden (Emissionsfaktoren in Abhängigkeit vom Fertigungsprozess der Platten, Verarbeitung, Alter, Raumklima; toxikologische Bewertung), ehe Empfehlungen im Hinblick auf eine Substitution von UF-Platten gegeben werden.

Für das bei Ic-Platten beobachtete Diphenylmethan-4,4'-Diisocyanat z.B. gilt ein MAK-Wert von $0,2 \text{ mg/m}^3$, d.h. Konzentrationen von $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ könnten im Innenraum schon bedeutsam sein.

c) Styrol

Ca. 4-wöchige Lagerung der Platten vor Einbau

Bauchemie und Holzschutzmittel

Die vielfältigen Produkte dieser Branche (vgl. Tab. 2), von denen in unserem Zusammenhang vor allem die Holzschutzmittel interessieren, bedeuten gesteigerte Werterhaltung für den Bauherrn, bessere Produktivität im Baugewerbe und eingebautes know-how für den handwerklichen Laien (do-it-yourself-Produkte).

Erzeugnisse Menge in 1000 t/a

Betonzusatzmittel	78
Entschalungsmittel	6
Bituminöse Anstrichmittel	70
Fugendichtungsmittel auf Kunststoffbasis	34
Spachtel- und Vergußmassen, Abdichtungskitte und Dichtungsbänder:	
- bituminös -	11
- auf Kunststoffbasis -	14
- mineralisch -	53
sonstige Bautenschutzmittel	62
Holzschutzmittel (o. Feuerschutzmittel)	49
Feuerschutzmittel für Baustoffe	3

Tab. 2: Produktion der Bauchemie und Holzschutzmittelindustrie

Quelle: Industrieverband Bauchemie und Holzschutzmittel e.V., Jahresbericht 1983, S. 23

Trends zu energiesparenden Maßnahmen im Baubereich, die verstärkte Tendenz zur Erhaltung und Renovierung von Altbauten, sowie ein erhöhtes Interesse am do-it-yourself brachten der Branche ein durchschnittliches reales Wachstum von 7% p.a. (Industrieverband Bauchemie und Holzschutzmittel e.V. -ibh- Jahresbericht 1983, S. 4. Vgl. auch die Konjunkturspiegel in "Die chemische Industrie und ihre Helfer", Industrieschau-Verlags GmbH, Darmstadt 1980/81 und 82/83). Hinter diesem Bild ungebrochenen Wirtschaftswachstums verbergen sich jedoch erhebliche Verschiebungen zwischen den einzelnen Produkten, jeden-

falls im Bereich des Holzschutzes. Dort hat die gewandelte gesundheitliche Einschätzung eines Wirkstoffes durch die Öffentlichkeit in den letzten Jahren große Marktveränderungen hervorgerufen.

In den 70er Jahren wurden viele Eigenheime großzügig mit Holz (freiliegende Tragwerke, Panele) ausgestattet. Diese Holzteile wurden in der Regel mit Holzschutzmitteln behandelt, bei denen häufig der Wirkstoff Pentachlorophenol (PCP) verwendet worden war. Bis 1977 wurden mehr als die Hälfte der PCP-haltigen Holzschutzmittel über den Einzelhandel, d.h. an private Endverbraucher abgesetzt [2].

1976 wurde auf einer wissenschaftlichen Tagung der Verdacht geäußert, daß Gesundheitsschäden, die bei Bewohnern eines neuerbauten Hauses aufgetreten waren, auf die dort nachgewiesenen hohen PCP-Konzentrationen in der Raumluft nach Anwendung von Holzschutzmitteln zurückzuführen seien. Die Medien griffen diesen und ähnlich gelagerte Fälle auf, viele besorgte Bürger wandten sich an die Gesundheitsbehörden [11]. Das Bundesgesundheitsamt leitete umfangreiche lufthygienische und medizinische Untersuchungen ein, die eine mehrjährige Belastung der Luft in Räumen, in denen PCP verwendet worden war, und eine Aufnahme durch die Bewohner bestätigten, jedoch keine Hinweise auf klinisch manifeste Gesundheitsschäden durch PCP bei den betroffenen Personen erbrachten.

Da jedoch bei langwährender Exposition durch biologisch wirksame Stoffe, wie Fungicide, ein Restrisiko für den Menschen nie mit letzter Gewißheit auszuschließen ist, empfahl die vom BGA eingesetzte "ad-hoc-Kommission Holzschutzmittel" (BGA Informationsschrift "Vom Umgang mit Holzschutzmitteln", 35): "Jede unnötige Belastung der Bevölkerung mit biologisch wirksamen Chemikalien sollte vermieden werden. Dies ist bisher bei der Anwendung von Holzschutzmitteln zu rein innenarchitektonisch dekorativen Zwecken zu wenig berücksichtigt worden."

Darüber hinaus forderte die Kommission: "... daß in Zukunft kein Holzschutzmittel in den Verkehr gebracht wird, ohne daß es vorher auf alle möglichen gesundheitlichen Auswirkungen, vor allem bei Anwendung in Innenräumen, geprüft wurde. Darüber hinaus sollte sichergestellt sein, daß der Verbraucher und Anwender solcher Mittel ausreichend und objektiv über mögliche Nebenwirkungen, Anwendungsweisen und Anwendungsbeschränkungen informiert werden."

Die toxikologische Prüfung erfolgt seit 1978 beim BGA für alle Holzschutzmittel, die vom Institut für Bautechnik zum Holzschutz im Hochbau nach DIN 68 800 zugelassen werden ("prüfzeichenpflichtige Holzschutzmittel") und hat zu einer Konzentration auf eine geringere Zahl von Marken sicher beigetragen. "Allerdings weist die Kommission auch darauf hin, daß derartige Präparate mit Prüfzeichen nur einen kleinen Teil der insgesamt zur Anwendung kommenden Holzschutzmittel ausmachen. Nach derzeitiger Rechtslage werden auch Mittel ohne Prüfzeichen und damit ohne behördliche Überprüfung auf mögliche gesundheitliche Auswirkungen an Endverbraucher vertrieben" (a.a.O.S.35). Der Ab-

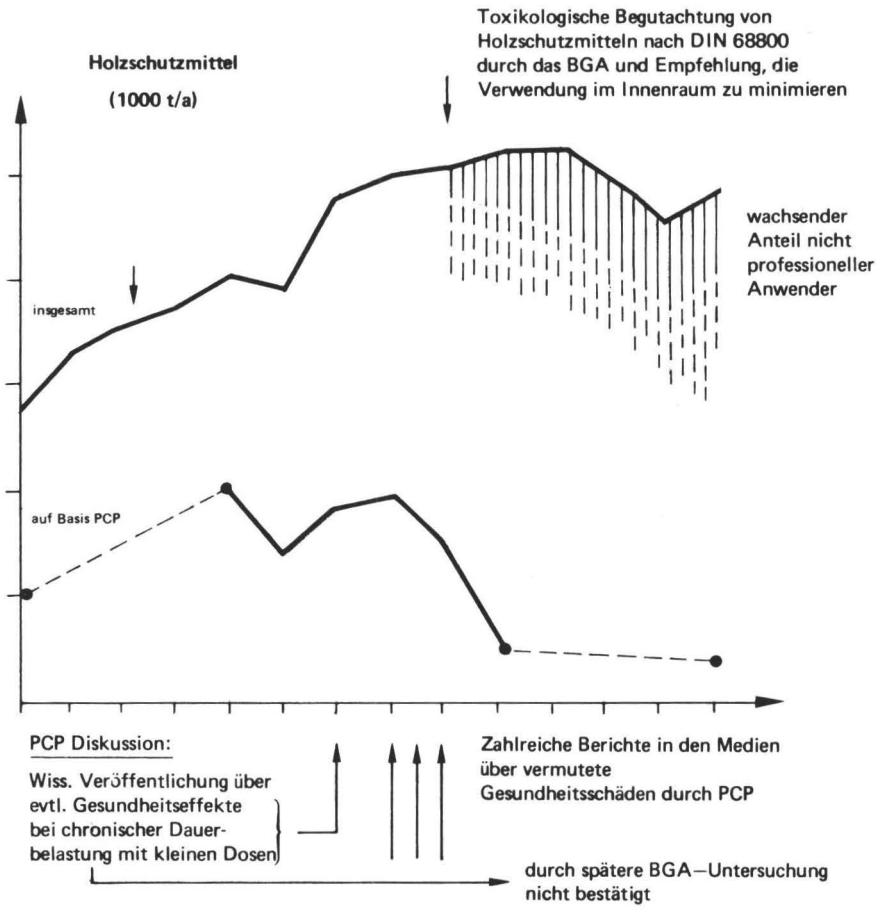


Abb. 2: Die Anwendung von Holzschutzmitteln allgemein und insbesondere solcher, die PCP enthalten. Quelle: Angerer (1984)

satz von PCP-haltigen Produkten ging nach den ersten Veröffentlichungen in den Medien schlagartig zurück, während Produktion - und Inlandsverbrauch - von Holzschutzmitteln weiter gestiegen sind (s. Abb. 2). Hier hat also eine Verdrängung des Wirkstoffs PCP durch andere Fungicide stattgefunden, ohne daß dieser Substitutionsprozeß außerhalb des prüfzeichenpflichtigen Marktes - also gerade im Heimwerkerbereich - bisher einer behördlichen Kontrolle unterläge.

Inzwischen stellt auch die Industrie fest: "Eine Flut qualitativ minderwertiger Holzschutzmittel - insbesondere solcher, die für den Einsatz im Do-it-yourself-Bereich bestimmt sind - überschwemmen den Markt ..." (diese und die folgenden Zitate aus dem Jahresbericht 1983 des ibh). Gerade der nichtgewerbliche Endverbrauch - also die Anwendung durch handwerkliche Laien - wächst am schnellsten. Gleichzeitig wird durch solche Produkte das Vertrauen in die Unbedenklichkeit von sachgerecht angewendeten Holzschutzmitteln erschüttert. Daher haben die im ibh organisierten Holzschutzmittelhersteller eine "Gütegemeinschaft für nicht prüfzeichenpflichtige Holzschutzmittel" gebildet. Produkte, die auf Wirksamkeit und unter Mitwirkung des Bundesgesundheitsamtes, auf "gesundheitliche Unbedenklichkeit" erfolgreich geprüft werden, sollen in Zukunft durch ein Gütezeichen für den Verbraucher kenntlich gemacht werden. Daraus resultiert, so hofft man, ein "gesunder Wettbewerb um die gesundheitliche Unbedenklichkeit wirklich wirksamer Produkte."

2. Überblick über Bewertung und Maßnahmen

Grundlage der gesundheitlichen Bewertung von Immissionen im Innenraum ist die Kenntnis der Beziehung zwischen inhalierter Dosis - bzw. Konzentration in der Raumluft - und Wirkung. Zur Festlegung zulässiger Konzentrationen werden insbesondere Angaben über Wirkungsschwellen benötigt [9]: "- Der Grenzwert wird unterhalb der Schwellenkonzentration für den empfindlichsten Indikator festgelegt.

- Der Grenzwert muß auf die empfindlichste Gruppe innerhalb der Bevölkerung abgestimmt sein, wobei besonderes Augenmerk auf die chronische Einwirkung und die durch sie hervorgerufenen Wirkungen zu legen ist.

- Die lufthygienischen Grenzwerte sind im Zusammenhang mit der Gesamtbelastung (verschiedene Umweltmedien, Arbeitsumwelt usw.) zu sehen und entsprechend abzustimmen ..."

Als Indikatoren kommen der Gehalt eines Stoffes (oder seines Metaboliten) im menschlichen Körper in Frage oder die Veränderung physiologischer oder biochemischer Parameter als Reaktion des Körpers auf die Exposition [3].

Dieses Konzept scheint vom Ansatz her geeignet, einen umfassenden Schutz der menschlichen Gesundheit gegenüber "gas- und dampfförmigen Luftbeimengungen" im Innenraum sicherzustellen. Auch behalten stoffbezogene Richtwerte (wie z.B. 0,1 ppm HCHO) auch bei einer Vielzahl gleichzeitig vorhandener

Emissionsquellen (z.B. HCHO aus Spanplatten in Bauteilen und Möbeln, aus Ortschaften, Zigarettenrauch, Haushaltsprodukten) im Gegensatz zu ausschließlich isolierten Produktregelungen (so können 0,1 ppm HCHO in der Raumluft schon bei Verwendung zulässiger Spanplatten der Emissionsklasse E1 erreicht werden) ihre Schutzfunktion.

Allerdings stößt man bei Verwirklichung dieses Ansatzes auf eine Reihe ungelöster wissenschaftlicher Probleme und praktischer Schwierigkeiten.

T o x i k o l o g i s c h ist die Bestimmung von Schwellenwerten beim gleichzeitigen Vorliegen mehrerer Wirkstoffe (z.B. der chlorierten organischen Lösungsmittel, die alle auf Leber und Zentralnervensystem wirken) weitgehend ungeklärt. Auch ist in der Regel nicht bekannt, welches die jeweils empfindlichsten Bevölkerungsgruppen sind, welche Krankheiten die Empfindlichkeit erhöhen usw. In der Regel muß man sich daher auf Untersuchungen beschränken, die nur mit einem Stoff durchgeführt werden und ggf. durch Anwendung von Sicherheitszuschlägen zu akzeptablen Werten kommen.

Das Schwellenkonzept versagt, wenn aufgrund der Erfahrung und aus theoretischen Gründen damit gerechnet werden muß, daß es keinen solchen Wert für die betrachtete Substanz oder Einwirkung gibt, z.B. bei ionisierender Strahlung (Radon aus Baustoffen oder dem Untergrund), Asbestfeinstaub oder kanzerogenen Chemikalien, wie Benzol. In solchen Fällen tritt in der Bewertung an die Stelle des Schwellenwertes das "akzeptable Risiko" oder das "zu dulden- de Restrisiko" [6], dessen Wert in einer humanökologischen Abwägung von Nutzen und Risiko gesucht werden muß (vgl. Tab. 3 und Tafel 3).

Bei der **E r m i t t l u n g** der **S c h a d s t o f f k o n z e n t r a t i o n e n** im Innenraum ist zu beachten, daß die Konzentrationen aufgrund des Verhaltens der Bewohner (Lüftung!) oder äußerer Einflüsse zeitlich stark schwanken können, während die Wirkung häufig eher von der über einen längeren Zeitraum im Körper wirksam werdenden Dosis abhängt. Integrale Meßverfahren [18, 19] sollten daher im Vordergrund stehen, wie Krause [12] in interessanten Untersuchungen für Bleistaub und Pentachlorphenol gezeigt hat. Im letzteren Fall wurde auch deutlich, daß neben der Einatmung auch die Aufnahme des Schadstoffes über direkten Hautkontakt oder Lebensmittel zu berücksichtigen sein kann [12, 3]. Neben der Beachtung dieser grundsätzlichen Gesichtspunkte darf auch der weitere Ausbau der org. Spurenanalytik nicht vernachlässigt werden [19].

Unseres Wissens gibt es bis jetzt in keinem Land eine gesetzliche Festlegung von Grenzwerten für die Innenraumluft; auch nicht in der DDR, aus der das oben geschilderte Grenzwertkonzept stammt. Praktische Schwierigkeiten der Kontrolle, neben grundsätzlichen Bedenken gegen staatliche Reglementierungen der privaten Sphäre [20] stehen dem entgegen. Wie es die letztgenannten Autoren für die USA schildern (a.a.O.S. 14), so geht man auch in den meisten anderen Ländern vor: pragmatisch und in Reaktion auf auftretende Probleme werden Regelungen erlassen (vgl. die oben in Tafel 3 genannten Beispiele). An-

gesichts fehlender toxikologischer Bewertungsgrundlagen und meist unzureichender Daten über Ausmaß, Intensität und Variation der Belastung bleibt in der Regel keine andere Wahl als zunächst besondere Spitzenbelastungsfälle ad hoc anzugehen (z.B. die Spritzasbestisolierungen in den sog. Rundsporthallen [14] und dann nach Sichtung des vorliegenden Materials unter Heranziehung von Fachleuten auf dem Boden der bestehenden Gesetze und möglichst in Zusammenarbeit mit Herstellern, Baugewerbe und sonst berührten Kreisen eine Lösung zu finden.

Dabei wird die behördliche Reaktion häufig durch öffentliche Erregung über einzelne Vorkommnisse, wie Spritzasbest in Rundsporthallen oder die Formaldehydbelastung aus Bauteilen in Kindergärten und Schulen, ausgelöst. Die zunächst lokale Beunruhigung gewinnt in den Medien Resonanz und erzeugt so einen politischen und administrativen Handlungsbedarf (vgl. Stellungnahme des Bundesgesundheitsamtes "zur chronischen Gesundheitsbelastung durch Baustoffe", BGesBl 27 (1983), 192 ff).

In der Regel kommt es dann zur Regulierung einzelner Stoffe: Asbest, Formaldehyd, Pentachlorphenol, Radon. Dies ist berechtigt, wenn der betroffene Stoff eine im Vergleich zu möglichen Ersatzstoffen ganz besondere toxische Potenz besitzt - z.B. Asbest - oder, wie das Radon, im Innenraum praktisch die einzige bedeutungsvolle Radionuklidquelle ist. Dagegen heben sich Formaldehyd und Pentachlorphenol hinsichtlich ihrer Toxizität nicht so sehr von anderen Chemikalien ab, die technologisch die gleiche Aufgabe übernehmen können und daher als Ersatz bei der Synthese von Kunstharzen, in Desinfektions- oder Holzschutzmitteln in Frage kommen. Limitiert man aber nur die Anwendung eines speziellen Vertreters aus einer Gruppe technologisch verwandter Stoffe, vielleicht gerade weil man über die anderen noch zu wenig weiß, so löst man leicht einen Substitutionsprozeß aus, dessen Folgen toxikologisch schwer zu überblicken sein können.

Die lebhafteste Debatte über sogenannte Umweltchemikalien hat zu einem weitverbreiteten Mißtrauen gegen synthetische Materialien gerade auch im Bauwesen - "Wohngifte" - geführt und, zusammen mit anderen sozialpsychologischen Strömungen, zu einer Bewegung für "biologisches Bauen". Soweit dabei organische Materialien verwandt werden, unterliegen diese dem Angriff natürlicher Schädlinge. Dies kann ebenfalls zu gesundheitlichen Gefahren, etwa durch Hauschwamm oder Ungeziefer, bzw. zum verstärkten Einsatz von chemischen Bekämpfungsmitteln im Innenraum führen.

Produktbezogene Regelungen, wie z.B. die Spanplattenrichtlinie zur Vermeidung erhöhter Formaldehydimmissionen (s.o. Tafel 3), werden zum Schutz der Raumluft vor Verunreinigungen immer das wichtigste administrative Instrument bilden. Dennoch kann auch auf lufthygienische Konzentrationsbegrenzungen durch Richtwerte nicht verzichtet werden, teils um die Anforderungen an Produkte überhaupt definieren zu können, teils um, wie oben bereits erwähnt, auch beim gleichzeitigen Vorhandensein verschiedener Quellengruppen, einen Schutz zu ge-

währleisten. Die Übersetzung lufthygienischer Forderungen in produktbezogene Werte setzt die Entwicklung standardisierter Testräume voraus, in denen unter Variation der raumklimatischen Parameter das Emissionsverhalten von Materialien und Geräten untersucht werden kann. Mählave [15] beschreibt eine Testkammer zur Untersuchung der Innenraumluftbelastung durch organische Gase und Dämpfe aus Spanplatten und anderen Baumaterialien. Indem das Verhältnis von Emissionsflächen zum Kammervolumen und die Temperatur etwas höher, die Luftwechselrate dagegen niedriger als die Durchschnittswerte gewählt werden, enthalten die Ergebnisse automatisch einen Sicherheitsfaktor zur Berücksichtigung auch ungünstiger Situationen in Wohnungen. Ein raumklimatisches Modell gestattet die Übertragung der Meßergebnisse auf andere praktische Bedingungen. Bei der Festlegung von Grenzwerten für einzelne Produkte ist zu beachten, daß nicht ein Material oder eine Produktgruppe den durch eine Konzentrationsbegrenzung gegebenen Emissionsspielraum alleine ausnutzen darf. Außerdem darf der Luftwechsel in Wohnräumen nicht zu weit gesenkt werden und muß durch Öffnen der Fenster und dgl. von den Bewohnern selber an Stoßbelastungen und persönlichen Behaglichkeitsvorstellungen angepaßt werden können.

3. Ausblick

Angesichts der oben am Beispiel der Bauchemie und des Holzschutzes beschriebenen ständigen Einführung neuer Produkte, Materialien und Wirkstoffe mit Bedeutung für den Innenraum, muß man sich fragen, ob die staatliche Verwaltung in Zukunft überhaupt noch in der Lage sein wird, einen vorbeugenden Schutz der Innenraumluft zu gewährleisten. Schließlich ist an eine Ausweitung staatlicher Untersuchungs-, Prüf- und Zulassungskapazitäten kaum zu denken. Vielmehr sollte sich der Staat auf die Festlegung der Prüfbedingungen und eine Analyse, ggf. Korrektur, der eingesetzten Verfahren konzentrieren. Die Prüfung muß der Produzent in eigener Verantwortung entweder selber durchführen oder an geeignete unabhängige Institutionen im Wege der Vertragsforschung vergeben. Freiwillige Vereinbarungen zwischen Staat und Industrie mit dem Ziel einer gesundheits- und umweltfreundlichen Veränderung der Produktpalette, wie sie die Asbestzementindustrie und die Holzschutzmittelhersteller eingegangen sind, bzw. abschließen wollen, weisen hier den Weg. Bei Beschreiten dieses Weges sollten die staatlichen Stellen verstärkt die internationale Erfahrung nutzen und sich durch sorgfältige Beobachtung der technischen Entwicklung wie durch gezielte Forschungsprojekte rechtzeitig über aufkommende Probleme orientieren.

Literatur

1. Andersen, I., Seedorff, L., Skov, A.: Reduction of toxic indoor emissions. In Aurand et al. (1982) 145 - 154
2. Angerer, Chr.: Herstellung und Verwendung von Pentachlorphenol in der Bundesrepublik Deutschland (1970 - 1979) Internal. Rep., Inst. f. Water-, Soil- and Airhygiene Berlin 1984
3. Aurand, K. und v. Nieding, G.: MIK- und MAK-Werte und ihre Bedeutung zur Bewertung von Innenraumsituationen. In Aurand et al (1982) 1 - 10
4. Aurand, K., Seifert, B. and Wegner, J. (Hrsg.): Luftqualität in Innenräumen. Stuttgart/New York: Gustav Fischer Verlag, 1982, 439 pp., zitiert als: Aurand et al. (1982)
- 4 a. Deppe, H.-J.: Emissionen von organischen Substanzen aus Spanplatten. In Aurand et al. (1982) 91 - 128
5. Ericson, S.O., Månsson, L.-G. and Lindvall, Th.: Ionizing radiation In: IEA-Min. Vent. Rates (1983), 8, 58 - 81
6. Fischer, M.: Biocides. In: IEA-Min. Vent. Rates (1983) 44 - 57
7. Florey, C. du V. et al.: The Epidemiology of Indoor Nitrogen Dioxide in the UK. In Aurand et al. (1982) 209 - 218
8. Hoffmann, G.: Hausstaubmilben als Krankheitserreger beim Menschen. In Aurand et al. (1982) 385 - 401
9. Horn, H. and Witthauer, J.: Zur Problematik der Festlegung von Grenzwerten für gas- und dampfförmige Luftbeimengungen in Wohn- und Gesellschaftsbauten. Z. ges. Hyg. 29 (1983) 740 - 742. Dazu Diskussionsbeitrag von W.H. Dörre und K. Horn loc. cit. 743 - 745
10. IEA-Min. Vent. Rates: International Energy Agency, Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programm. Annex IX: Minimum Ventilation Rates. Fin. Rep. of Phase I ed, by L. Trepte, Dornier System GmbH Friedrichshafen, W.-Germany Aug. 1983
11. Krause, Chr. and Englert, N.: Zur gesundheitlichen Bewertung pentachlorphenolhaltiger Holzschutzmittel in Wohnräumen. Holz als Roh- und Werkstoff 38 (1980) 429 - 432

12. Krause, Chr.: Wirkstoffe von Holzschutzmitteln im häuslichen Bereich. In Aurand et al. (1982) 309 - 316
13. Kunde, M.: Erfahrungen bei der Bewertung von Holzschutzmitteln. In Aurand et al. (1982) 317 - 325
14. Lohrer, W.: Luftbelastung durch Asbest und andere faserige Stäube. Staub Reinhalt. Luft 41 (1981) 387 - 395
15. Møhlhave, L.: Tentative Guidelines for the Setting of Emission Standards for Gases and Vapours from Building Materials. In Aurand et al. (1982) 299 - 304
16. Prescher, K.-E.: Auftreten von Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Stickoxiden beim Betrieb von Gasherden. In Aurand et al. (1982) 191 - 198
17. Rylander, R.: Environmental tobacco smoke and lung cancer, 127 - 133. In Rylander / Peterson / Snella: ETS-Environmental Tobacco Smoke. Workshop Rep., Uni Geneva 1983. Published Simultaneously as Suppl. No. 133 to Euro. J. Resp. Diseases 65 (1984)
18. Seifert, B.: Vergleich der innerhalb und außerhalb geschlossener Räume auftretenden Konzentrationen anorganischer und organischer Verbindungen. In Aurand et al. (1982) 41 - 74
19. Seifert, B. u. Wagner, H.M.: International Symposium on Indoor Air Pollution, Health and Energy Conservation, 1981. In Aurand et al. (1982) 421 - 439
20. Spengler, J.D. and Sexton, K.: Indoor Air Pollution: A Public Health Perspective. Science 221 (1983) 9 - 17
21. Staib, F.: Mykosen durch Pilzsporen in der Raumluft. In Aurand et al. (1982) 369 - 383
22. Seunig, G.-W.: Dämmstoffe, Energiesparberatung Bayern 16 (1983)
23. Thunberg, B. et al. (Eds.): Blågul miljö. Miljödatanämnden, Stockholm 1982, 426 SS.
24. Ulbrich, G.: Einfluß von Feuerstätten auf die Beschaffenheit der Innenraumluft. In Aurand et al. (1982) 179 - 190

25. Umweltbundesamt (Hrsg.): Medizinische, biologische und ökologische Grundlagen zur Bewertung schädlicher Luftverunreinigungen, Berlin 1978
26. Weber, A.: Passivrauchen. In Aurand et al. (1982) 17 - 23
27. Wegner, J.: Formaldehyde. In IEA-Min. Vent. Rates (1983) 35 - 43

Die Raumklimakomponenten – Bedeutung und Messung

G. Schlüter

1. Der Mensch im thermischen Klima des umbauten Raumes

In Abb. 1 wird gezeigt, welchen klimatischen Einflüssen der Mensch in Gebäuden aller Art ausgesetzt ist. Das Außenklima wird durch die Gebäudehülle insgesamt abgeschwächt - einzelne Faktoren müssen auch ganz zurückgehalten werden. Aus diesem Grund sind die Bauweisen und -ausführungen der Raumschließungsflächen - also der Wände mit Fenstern, Fußböden etc. rein thermisch von so großer Bedeutung für das Innenraumklima. Heizung und natürliche Lüftung prägen weiterhin entscheidend das Innenraumklima. Erst wenn irgendwelche Einflüsse, z.B. hoher Wärme- oder Schadstoffanfall in einer Produktionsstätte o.ä. zu unerträglichen Umgebungsbedingungen führen, die mit einfacheren Mitteln nicht abgestellt werden können, wie möglicherweise Beseitigung oder Verminderung der Störungsquelle, sollte eine RLT-Anlage zur Stabilisierung des Innenraumklimas eingesetzt werden.

Vor einer Reihe von Jahren wurde die Bitte an uns gerichtet, zu prüfen, ob die Südseite eines unserer Institutsgebäude nachträglich mit einer Klimaanlage ausgestattet werden sollte, da von den Mitarbeitern in den Sommermonaten über unzumutbare Hitze geklagt wurde. Wir haben darauf die Südfassade über einige Zeit beobachtet und auch gelegentlich als Beweis fotografiert. Dabei stellte sich heraus, daß nur vor sehr wenigen Räumen der außenliegende Sonnenschutz heruntergelassen wurde. Aus Temperaturmessungen in Räumen mit gezielt heruntergelassenen Jalousien konnte anschließend nachgewiesen werden, daß durch dieses Hilfsmittel während der heißen und sonnenscheinreichen Zeit - wenn auch nicht höchstbeagliche, so aber - in den meisten Fällen durchaus gut verträgliche Raumklimabedingungen hergestellt werden konnten.

2. Energiestoffwechsel und notwendige Entwärmung

Die in Form von Nahrung aufgenommene chemische Energie wird in allen Geweben des Körpers in Wärme und in der Muskulatur zusätzlich in mechanische Energie umgewandelt [1, 2]. Kohlehydrate, Fett und Eiweiß als Energieträger in der Nahrung werden dabei über viele chemische Prozesse stufenweise zu den Endprodukten Wasser, Kohlendioxid und Harnstoff - einer Verbrennung entsprechend - von dem durch Atmung über Lunge und Blut aufgenommenen Sauerstoff oxidiert. Dieser gesamte sogenannte Energiestoffwechsel dient vor allem der Aufrechterhaltung einer konstanten Körperkerntemperatur von ca. 37°C. Diese ist notwendig, da sich beim Warmblüter alle Lebensvorgänge normalerweise nur innerhalb eines begrenzten Temperaturbereiches abspielen. Die auf diese Weise - beim ruhenden oder körperlich leicht beschäftigten Menschen - täglich umgesetzten ca. 2500 kcal. (10500 kJ) - bei stärkerer körperlicher Aktivität bis zu 100% mehr - müssen nach Sicherstellung der konstanten Kerntemperatur - dem Körper wieder entzogen werden, damit es zu keinem Wärmestau kommt. Vom Wärmезentrum im Gehirn gesteuert, wird der Strom der überschüssigen Wärme aus dem Körperinnern - hauptsächlich über die Blutwege - an die Peripherie des Körpers, d.h. zur Haut geleitet. Von hier wird die Wärme an die Umgebung abgeführt, und hier setzt die Bedeutung der Raumklimakomponente ein. Die thermische Umgebung des Menschen muß nun so beschaffen sein, daß diese notwendige Entwärmung ohne wesentliche unbehagliche Wahrnehmungen weder in Richtung zu starken Wärmeentzuges (Frieren) noch in Richtung zu geringen Entzuges (Wärmestau) vor sich gehen kann. Obwohl der menschliche Organismus über eine ganze Reihe von Regelmechanismen verfügt, die in Aktion treten, wenn durch klimatische oder aktivitätsbedingte Umstände die Entwärmung zu steigen oder zu sinken droht, z.B. im Freien bei Sonneneinstrahlung oder Windangriff oder größerer körperlicher Aktivität, so sollten für eine thermische Behaglichkeit im Innenraum doch optimale Entwärmungsbedingungen geschaffen werden.

3. Die Raumklimakomponenten

Die allgemeine Erfahrung und viele zu diesem Problemkomplex vorgenommene Untersuchungen haben uns gelehrt, daß es für die thermische Behaglichkeit des ruhenden oder körperlich arbeitenden Menschen im umbauten Raum angezeigt ist, daß die notwendige Entwärmung auf im wesentlichen dreierlei verschiedene Weise in angemessenem Verhältnis vor sich geht: Etwa 25-30% der abzuleitenden Wärme sollten durch Konvektion an die ruhende oder leicht bewegte Luft übergehen. Die Luft müßte dazu eine Temperatur von etwa 21°C haben; individuelle Unterschiede im Wärmeempfinden können diese "Idealtem-

peratur" durchaus um einige Grade nach unten oder oben verschieben. Da weiterhin etwa 40 bis 60% der notwendigen Entwärmung auf dem Wege der Abstrahlung, also als langwellige Wärmestrahlung von der Haut oder Kleidung an die üblicherweise kühleren Raumumschließungsflächen übergehen soll, kommt der Temperatur dieser Flächen (also der Decken, dem Fußboden und den Wänden) große Bedeutung zu. Ganz in Glas aufgelöste Wände, schlecht oder gar nicht isolierte Außenwände können die mittlere Umschließungsflächentemperatur eines Raumes in der kalten Jahreszeit so tief senken, daß trotz erhöhter Lufttemperatur keine thermische Behaglichkeit erreichbar ist. Das Gleiche gilt in der warmen Jahreszeit, wenn hier bei Sonneneinstrahlung trotz Luftkühlung keine behaglichen, oft sogar nicht einmal erträgliche Zustände erreicht werden können. Dazu noch ein Beispiel: Aufgrund zahlreicher Klagen von Mitarbeitern eines Institutsneubaus über unbehagliches, ja mitunter sogar unerträgliches Raumklima wurden wir beauftragt, die dortigen Klimazustände unter verschiedenen Außenklimabedingungen zu prüfen. Nach umfangreichen und über alle Jahreszeiten verteilten Messungen ergab sich neben einigen Einregulierungsproblemen der Klimaanlage als Quintessenz schließlich eine zunehmende Auskühlung der Fensterwand bei Außentemperaturen unter 0°C, so daß eine deutliche thermische Beeinträchtigung bestätigt werden konnte [2].

Abb. 2 gibt die Auswertung eigener Messungen zu diesem Problem wieder: Wenn eine Raumbälfte eine mittlere Strahlungsflächentemperatur von ca. 21°C hat, so wird die gegenüberliegende als kühl wahrgenommen, wenn sie unter 18°C sinkt, oder als warm, wenn sie über 23,5°C steigt. Das Gestrichelte ist der statistische Sicherheitsbereich.

Im übrigen sollten im Interesse guter thermischer Behaglichkeit Luft- und Umschließungsflächentemperaturen um höchstens 3°C voneinander abweichen. Je nach Anteil der bereits genannten beiden Entwärmungsparameter sollten etwa 20 bis 30% Überschuwärme durch unmerkliche Verdunstung der Hautfeuchtigkeit vom Körper abgeführt werden. Ca. 50% \pm 20% relative Luftfeuchte sind dafür ein optimaler Bereich, obwohl auch eine größere Spreizung nach oben und unten je nach Lufttemperatur noch erträgliche Raumluftzustände ergibt. Ebenso wie die rel. Feuchte nur in Verbindung mit der Lufttemperatur behaglichkeitsrelevant wird, so entsprechen für thermischen Komfort verschiedenen Lufttemperaturen auch verschiedene Luftgeschwindigkeiten. Die DIN 1946 schlägt in klimatisierten Räumen für verschiedene Lufttemperaturen die in Abb. 3 gegebenen Luftgeschwindigkeiten vor. Im nichtklimatisierten Raum liegen die Luftgeschwindigkeiten üblicherweise weit darunter. Diese vier Raumklimakomponenten, die in ihrer Verbundwirkung das Raumklima ausmachen, erhalten noch eine gewisse Ergänzung durch Einführen des wirksamen Raumwinkels der mit dem Menschen im Strahlungsaustausch stehenden Umgebungsflächen. In Abb. 4 sind die gegenseitigen Verknüpfungen der Klimakomponenten dargestellt. So kann z.B. eine zu hohe Lufttemperatur durch eine geringe Umschließungsflächentemperatur oder eine leicht erhöhte Luftgeschwindigkeit in-

nerhalb gewisser Grenzen kompensiert werden. Hohe Umschließungsflächentemperatur und Lufruhe verstärken dagegen eine ungünstige hohe Lufttemperatur. Hohe Lufttemperatur und hohe rel. Luftfeuchte summieren sich zum Gesamteindruck "schwül", im übrigen sind alle ungünstigen Verbindungen in Abb. 4 gestrichelt eingetragen. Aktivität und Kleidung sind schließlich die beiden Komponenten, die in Ergänzung zu den thermischen Klimafaktoren die Behaglichkeit des Menschen prägen.

4. Messung der Raumklima-Komponenten

Für Lufttemperaturmessungen werden u.a. immer noch die bewährten Flüssigkeitsthermometer eingesetzt. Besonders wenn das Thermometergefäß strahlungsgeschützt und zum Zweck guten Wärmeüberganges von stark bewegter Luft umspült ist, wie z.B. beim Aßmannschen Aspirationspsychrometer, wird die wahre Lufttemperatur schnell und genau erfaßt. Mit dem letztgenannten Gerät, bei dem ein kleiner uhrwerks- oder elektrisch betriebener Lüfter für die Umspülung der Gefäße sorgt, kann durch gleichzeitiges Ablesen des Feuchtkugelthermometers die rel. Luftfeuchte mitbestimmt werden. Auch bei uns gehört der "Aßmann", wie er allgemein genannt wird, zum täglichen Handwerkszeug. Die schon seit längerer Zeit auf den Markt gekommenen und weitverbreiteten sog. Sekundenthermometer sind ebenfalls für raumklimatische Messungen gut zu gebrauchen; bei ihnen werden die von einem Heißleiterfühler o.ä. erfaßten Temperaturen auf einem durch Kabel verbundenen Anzeigergerät - analog oder digital - angezeigt. Von Vorteil ist hier der mögliche Abstand von Meßort und Messendem. Bei Flüssigkeitsthermometer-Ablesungen kann der Messende nämlich durch den Atem die wahren Raumluftwerte stark verfälschen. In gleicher Weise sind auch die elektronischen Feuchtemeß- und Anzeigergeräte mit getrenntem Geber und Ableseteil zu bewerten. Das Haarhygrometer, basierend auf der Längenänderung von Haaren oder Kunststoffasern oder -streifen bei unterschiedlicher Luftfeuchte, muß u.a. häufig regeneriert, d.h. hoher Feuchte ausgesetzt und dann z.B. mit Aßmann wieder neu kalibriert werden. Man findet diese Hygrometerart häufig in baulicher Einheit mit Thermometer und Barometer in den meisten sog. Wetterstationen an den Wänden von Wohnzimmern hängen. Zu nennen wären weiterhin die Lithiumchlorid-Feuchtegeber und -regler. Für Registrierungen von Lufttemperatur und -feuchte werden Thermohygraphen eingesetzt. Das sind wenig aufwendige netzunabhängige mechanische Geräte, die üblicherweise mit uhrwerkgetriebenem Eintage- oder Einwochenwerk die Werte mit Tinte oder mit Faserschreibstift aufzeichnen. Die Temperatur wird dabei mit einem Bimetallring, die Feuchte nach dem Hygrometerprinzip gemessen. Ihre Anzeige muß in regelmäßigen Abständen mit einer unbedingt exakten Temperatur/Feuchtemessung, z.B. mit Aßmann verglichen werden. Für längerfristige Temperaturregistrierungen setzen wir elek-

trische Punkschreiber, z.B. 12-Punktdrucker ein, an die als Meßwertgeber z.B. Widerstandsthermometer oder Thermoelemente angeschlossen sind. Wir verwenden bei letzteren das Thermopaar Cu/Ko. Thermoelemente sind mechanisch unempfindlich, da sie nur aus zwei Drähten unterschiedlicher Metalle zusammengelötet sind. Bei Bruch wird einfach eine neue Lötstelle hergestellt. Sie haben außerdem den Vorteil, daß mit ihnen - wenn sie z.B. mit Tesaband an irgendwelche Flächen geklebt sind - auch Oberflächentemperaturen gemessen und registriert werden können.

Die in Räumen üblicherweise geringen Luftbewegungen werden meist mit thermischen Anemometern gemessen. Die sehr klein dimensionierten draht- oder punktförmigen Meßempfänger werden elektrisch geheizt und kühlen bei Luftbewegung mehr oder weniger ab. Diese Temperaturabnahme wird thermoelektrisch oder über Heißleiter gemessen und ist ein Maß der Luftgeschwindigkeit.

5. Raumklima-Analysator (RKA)

Ganz sicher sind in dieser kurzen Übersicht längst noch nicht alle Varianten von Raumklimameßgeräten vertreten; doch soll in diesem Zusammenhang wenigstens noch der Raumklima-Analysator - eine Eigenentwicklung - vorgestellt werden. Dieses Gerät wurde konzipiert, um mit einem Sensor und einem Anzeigeteil alle vier Raumklimakomponenten - und zwar jede für sich getrennt - zu erfassen. Beide Teile sind durch ein 5 m langes Kabel verbunden. Dadurch ist die bereits erwähnte Beeinflussung der Meßwerte durch den Messenden ausgeschlossen. Die Säule des Sensorteils enthält strahlungsgeschützt zwei Heißleiterthermometer, an denen die Raumluft mit Hilfe eines eingebauten Ventilators vorbeigesaugt wird. Eines der Thermometer mißt die Trockenlufttemperatur, das andere, das wie beim Abmannschen Psychrometer mit einem befeuchteten Stoffüberzug versehen ist, mißt die Temperatur, bei der die Raumluft ohne Änderung des Wärmehaltes feuchtgesättigt ist, d.h. die sog. Feuchtkugeltemperatur. Aus der Anzeigendifferenz beider Thermometer wird die rel. Luftfeuchte über Tabelle, hx-Diagramm, Nomogramm oder über die analytische Gleichung mit programmiertem Taschenrechner bestimmt. Diese Ausrechnung der rel. Feuchte aus t_{tr} und t_f soll bei dem Gerät künftig automatisch im Anzeigeteil erfolgen. Der Sensorteil des RKA trägt weiterhin zwei Meßwertgeber in Kugelform für die Erfassung der Kühlstärke der Umgebung. Beide Kugeln werden elektrisch geheizt und elektronisch auf gleicher Temperatur von ca. 37°C gehalten. Eine der Kugeln ist oberflächenvergoldet, dadurch kann sie ihre Wärme (fast) ausschließlich nur durch Konvektion abgeben. Die andere, geschwärzte Kugel verliert ihre Wärme außer durch Konvektion auch durch Wärmestrahlung an die (üblicherweise kühleren) Raumschließungsflächen. Da beide Kugeln auf gleiche Temperatur geregelt werden, entspricht die je Kugel nachzuliefernde Heizleistung, die am Anzeigegerät abzulesen ist, der Abkühlungs-

stärke der jeweiligen Kugel. So gibt die goldene Kugel die Abkühlung durch Konvektion, die schwarze die durch Konvektion und Abstrahlung an. Aus der Differenz der Abkühlungen beider Kugeln resultiert die Wärmeabgabe durch Strahlung, und daraus läßt sich die mittlere Strahlungsflächentemperatur der Umgebung ermitteln. Sie wird jetzt aus einer Vergleichsleiter im Auswertendiagramm entnommen, soll aber in Zukunft mit Hilfe eines Mikrocomputers auch direkt am Anzeigegerät ablesbar werden. Abb. 6 zeigt das Auswertendiagramm. Es sind hier die vier Raumklimakomponenten mit ihren üblicherweise vorkommenden Bereichen so zusammengestellt, daß eine horizontale Verbindungslinie ein Beispiel für angenehmes Raumklima darstellt. Die linke Leiter enthält die mit dem Gerät gemessene Differenz der Abkühlungsgrößen $A_G - A_K$ direkt gegenübergestellt den dazugehörigen mittleren Umschließungsflächen- oder Strahlungsflächentemperaturen t_U . Ein Beispiel erläutert die Eintragung und Verbindung der Meßgrößen nebst den daraus resultierenden Raumklimakomponenten. Abweichungen vom "Idealklima" werden durch diese Verbindungen deutlich. Sowohl Strahlungsflächentemperaturen als auch Luftgeschwindigkeiten wurden durch direkte Messung mit anderen speziellen Meßgeräten überprüft und bestätigt.

6. Klimasummennmessung

Es hat an Versuchen nicht gefehlt, das Raumklima auch als Gesamtheit, als sog. Klimasummengröße auszudrücken [6]. Es würde zu weit führen, alle je erdachten Geräte für Klimasummennmessungen hier zu beschreiben. Abkühlungsgrößen und Kühlstärken z.B. als Katawerte etc. sollten die menschliche Entwärmung simulieren, Äquivalenttemperatur, effektive Temperatur, resultierende Temperatur, die gleichwertige Temperatur und andere mehr sollten die aus subjektiven Aussagen und gleichzeitiger Klimasummennmessung gewonnenen Ergebnisse allgemeingültig machen. Ein Klimasummen-Meßgerät zeigt so z.B. "predicted mean vote" an, d.h., die von einem "fiktiven Personenkollektiv" zu erwartende mittlere Beurteilung des mit dem Gerät erfaßten Raumklimas auf einer von "unbehaglich" bis "behaglich" graduierten Skala. Alle gemeinsam haben den Nachteil, daß der wahre Grund einer thermischen Unbehaglichkeit beim Abweichen von einem "Idealwert" der jeweiligen mehr oder weniger willkürlich auf subjektiven Urteilen basierenden Klimasummengröße nicht objektiv faßbar ist. So wird z.B. die zu große Wärmeabstrahlung an eine große kalte Fläche meist als "Zugluft" empfunden, ein Klimasummengerät könnte global eine Abweichung in Richtung "zu kalt" feststellen, während mit einem Gerät, das die echten Klimakomponenten erfaßt, die wahre Ursache sofort aufgedeckt und gegebenenfalls behoben werden kann.

Literatur

1. Grandjean, E.: Wohnphysiologie. Verlag für Architektur - Artemis Zürich
2. Roedler, F.: Wärmephysiologische und hygienische Grundlagen in H. Riet-schel/Raiß Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik. Springer-Verlag Berlin - Göttingen - Heidelberg
3. Schlüter, G.: Die Wahrnehmungsschwelle des Menschen beim Strahlungsaustausch mit unterschiedlich temperierten Wandflächen. Gesundheits-Ingenieur H. 6 (1969) 165 - 171
4. Schlüter, G.: Ein elektronischer Raumklima-Analysator. Gesundheits-Ingenieur H. 10 (1972) 289 - 293
5. Marx, P. und Schlüter, G.: Thermische Behaglichkeit und Messung des Raumklimas. Heizung - Lüftung - Haustechnik H. 9 (1975) 317 - 321
6. Bradtke, F. und Liese, W.: Hilfsbuch für raum- und außenklimatische Mes-sungen. Verlag J. Springer, Berlin 1937

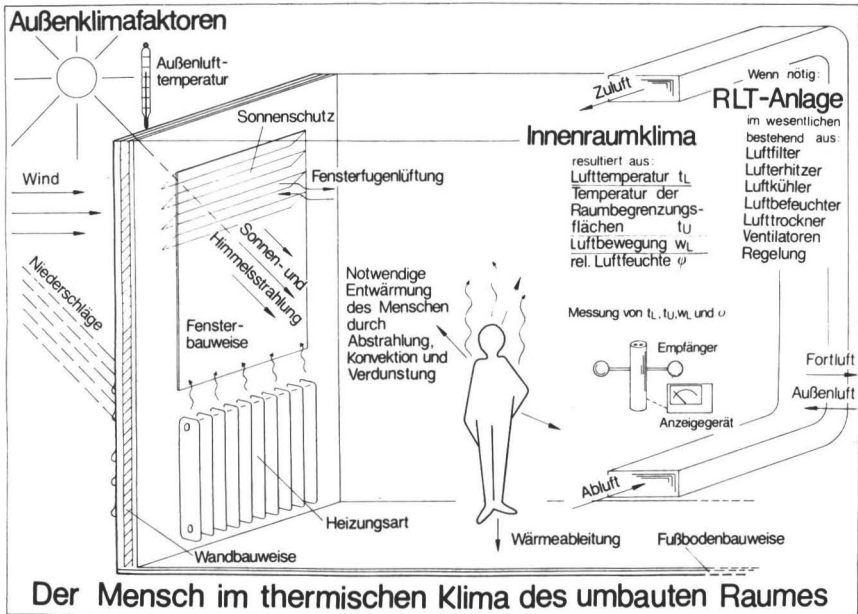
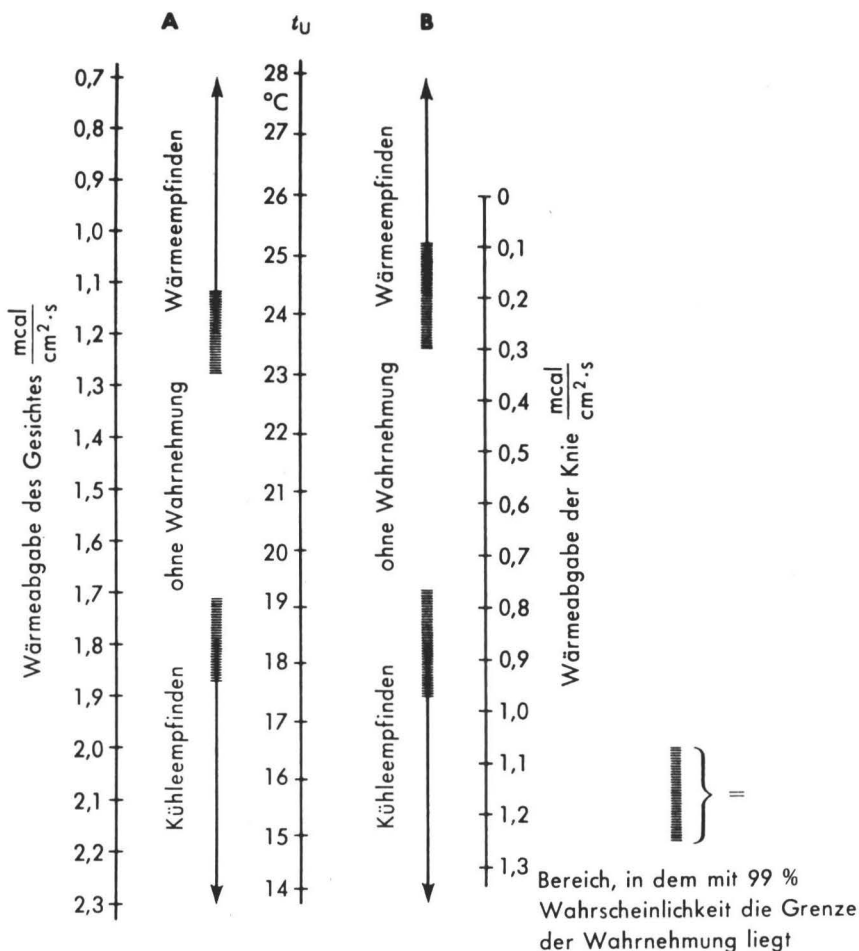


Abb. 1: Der Mensch im thermischen Klima des umbauten Raumes



Wahrnehmung von Temperaturunterschieden mit Gesicht und Knien in Relation zur Oberflächentemperatur. Die eine Raumhälfte mit der Einstrahlzahl $\varphi = 1$ hat etwa 21°C Oberflächentemperatur; die Wahrnehmung der anderen Raumhälfte ist in Relation zu deren Oberflächentemperatur t_U und der Wärmeabgabe von Gesicht (A) und Knien (B) an diese Raumhälfte aufgetragen.

Abb. 2: Wahrnehmung von Wandflächen mit unterschiedlichen Oberflächentemperaturen

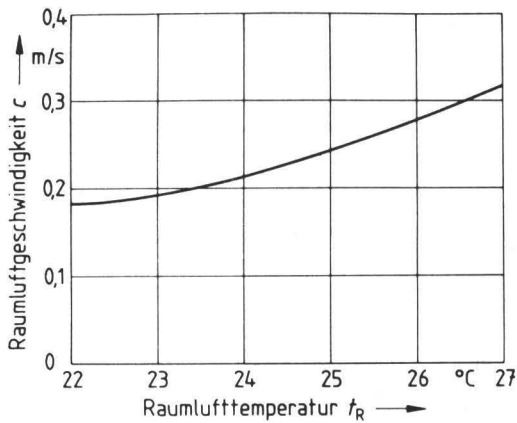


Abb. 3: Zulässigkeit von Raumluftgeschwindigkeiten bei unterschiedlichen Lufttemperaturen nach DIN 1946 Teil 2

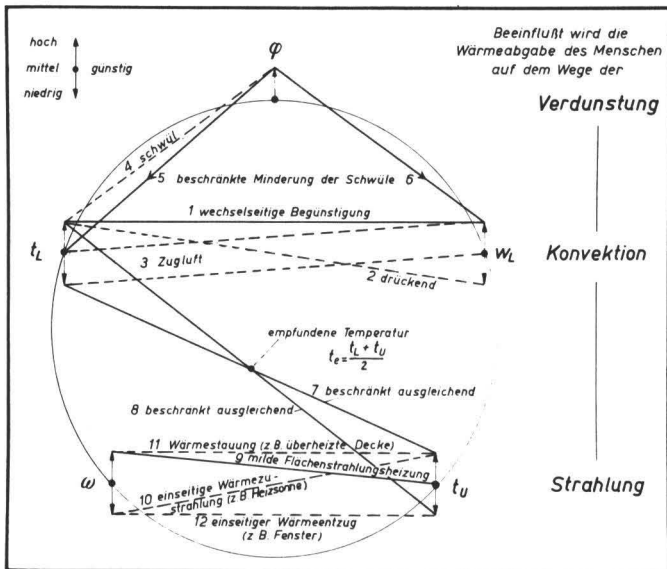
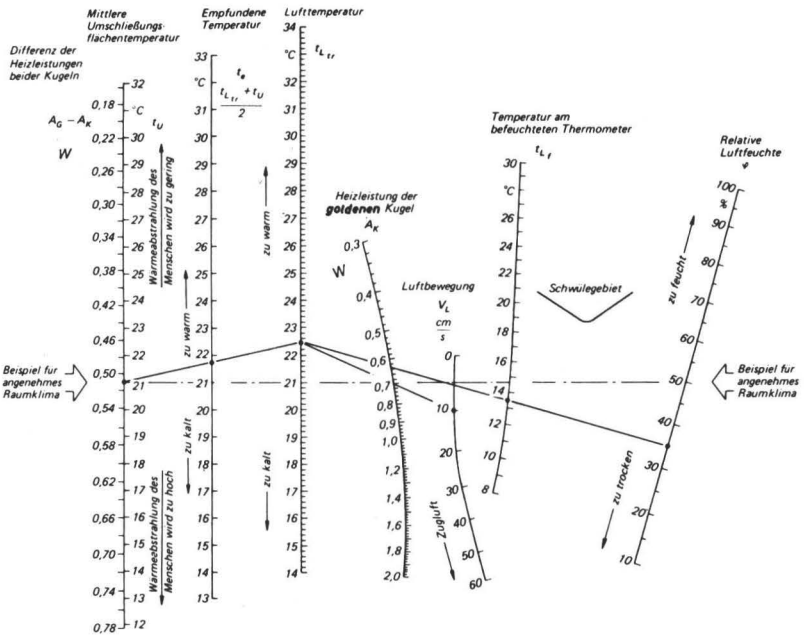
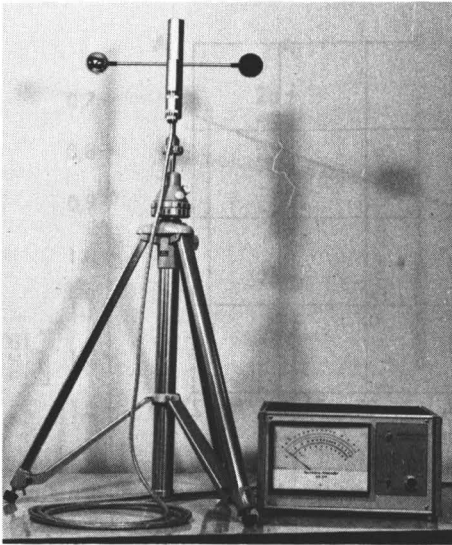


Abb. 4: Darstellung der Raumklimakomponenten mit ihren sich gegenseitig verstärkenden oder kompensierenden Wirkungen

Abb. 5: Raumklima - Analysator



Nomogramm zur Bestimmung des Raumklimas aus den einzelnen Komponenten

gemessen mit dem Raumklima-Analysator

Beispiel: Gemessen seien Lufttemperaturen (auf dem Bild mit t_{Lr} bezeichnet) $t_{Lu} = 22,5^\circ\text{C}$ und $t_r = 13,5^\circ\text{C}$. Geradlinige Verbindung dieser Werte ergibt $\phi = 35\%$. Beträgt z.B. $A_k = 0,7\text{ W}$, ergibt Verbindung dieses

Wertes mit $t_{Lu} = 22,5^\circ\text{C}$ eine Luftgeschwindigkeit von 10 cm/s . Wird gleichzeitig eine Gesamtabkühlung von z.B. $A_c = 1,21\text{ W}$ gemessen, beträgt $A_c - A_k = 0,51\text{ W}$ und damit $t_{Uf} = 21,0^\circ\text{C}$. Verbindung von t_{Uf} mit t_{Lu} ergibt $t_r = 21,8^\circ\text{C}$.

Abb. 6: Auswertungsnomogramm für Messungen mit dem Raumklima-Analysator

Sachgerechte Formulierung und Anwendung von raumluftbelastenden und anderen Schädlingsbekämpfungsmitteln

- Nach experimentellen Erfahrungen im Rahmen der Prüfungen gemäß § 10 c Bundes-Seuchengesetz -

G. Hoffmann

Zusammenfassung

Voraussetzung für die sachgerechte Formulierung und Anwendung von Schädlingsbekämpfungsmitteln ist die Berücksichtigung schädlingsgebundener und nicht schädlingsgebundener Faktoren. Zu ersteren zählen Art und Zahl der Zielspezies, deren Sensitivität gegenüber den einzusetzenden Wirkstoffen, der Verlauf ihres Entwicklungszyklus, Art und Stärke ihrer Mobilität sowie das Nischenverhalten. Die nicht schädlingsgebundenen Faktoren betreffen Klima, Nutzungs-, Belüftungs- und Reinigungsweise bzw. Verschmutzungsgrad und Ausstattung der Räume sowie die Struktur der Oberflächen in den vorbestimmten Anwendungsbereichen. Bei der Wahl der Anzahl der Wirkungssubstanzen ist von den Erfordernissen zu einer oder mehreren Wirkungsweisen (Kontakt- und Atemgift-, Kurzzeit- und Langzeit-, Knock-down- und Austreibeeffekt) sowie vom Wirkungsverlauf (Verlauf der Wirkungskurve) auszugehen. Sowohl Wirkungsweise als auch Wirkungsverlauf werden entscheidend von der sachgemäßen Kombination der synergistischen und der Hilfsstoffe mitgeprägt. Ein weiterer Faktor, der den Bekämpfungserfolg sichert und die ausgebrachten Mittelmengen reduzieren hilft, ist die Auswahl der zu den voraussichtlichen Einsatzbedingungen geeigneten Ausbringungsgeräte. Welche Bedeutung gerade dieser Faktor in Hinblick auf die Minderung von Kontaminationsgefahren für Mensch, Nutz- und Heimtiere sowie den Vorsorgeaufwand, die Steigerung der Wirksamkeit und die Erweiterung des Anwendungsbereichs von Mitteln hat, wird anhand eigener Untersuchungen erläutert.

Voraussetzungen

Die sachgerechte Formulierung und Kennzeichnung von Schädlingsbekämpfungsmitteln, die zur Anwendung in Innenräumen bestimmt sind, ist auf eine Reihe schädlingsgebundener und nicht schädlingsgebundener Faktoren abzustellen. Dazu zählen entwicklungsbiologische Erfordernisse und die physikalisch-chemischen Eigenschaften des fertigen Präparates ebenso wie seine Verträglichkeit für unterschiedliche Materialien, ferner die Nutzungsweise, der Umfang und die Art der Ausstattung sowie das Klima der Räume im vorbestimmten Einsatzbereich, die Verhinderung der direkten und indirekten Belastung von Mensch, Nutz- und Heimtieren und die Möglichkeit zur Dekontamination behandelte Flächen. Eine belastungsminimierende Vorgehensweise setzt darüber hinaus voraus, daß der Formulierer sich über gerätetechnische und über an die zu bekämpfende Schädlingspalette gebundenen Faktoren einen Überblick verschafft. Die Ermittlung entsprechender Daten mit Realitätsbezug ist aber nur möglich, wenn neben der labortechnischen eine mehrfach zu wiederholende Prüfung des Mittels unter verschiedenen Praxisbedingungen erfolgt.

Dabei sind in biologischer Hinsicht ausreichende Erkenntnisse zu sammeln über

1. die mögliche Indikationsbreite des Mittels nach Schädlingsarten, ggf. auch -stadien und -stämmen (s. Abb. 1),
2. den Sensibilitätsstatus der im vermeintlichen/kommerziellen Absatzgebiet vorkommenden und voraussichtlich von dem Mittel tangierten wichtigsten Schädlingspezies,
3. den zeitlichen Ablauf ihres Zyklus unter den vorgegebenen Ernährungs- und raumklimatischen Bedingungen,
4. die Art ihrer Mobilität (Kriechen, Fliegen, passive Verschleppung sowie über
5. ihr Nischenverhalten.

Sensitivität der Schädlinge (Spezies) und Mittelaufwand

Konkret bedeutet die o.g. Forderung zu Nr. 4, daß die mit dem Mittel zu bekämpfenden Schädlingspezies definiert und deren Normsensitivität bekannt sein muß. Hinsichtlich der Wahl der pro m^2 bzw. pro m^3 auszubringenden Mittelquantitäten ist unter Berücksichtigung der Aufbringungsmaterialarten stets jene Spezies oder jenes Stadium maßgebend, das die höchste "Norm"-Empfindlichkeit im Sinne einer größeren Widerstandsfähigkeit gegenüber den verwendeten Wirkstoffen aufweist. Das bedeutet z.B. für ein Präparat, das gegen Wanzen und Schaben angewendet werden soll, daß die Empfindlichkeit der Wanzen entscheidend ist, weil sie im allgemeinen niedriger liegt als die der Schaben.

Als relativ gering empfindlich gegen die meisten insektiziden Substanzen gelten Spinnentiere wie Milben und Zecken. Um diesen Nachteil auszuräumen, werden in letzter Zeit auch für den Hygienebereich rein bzw. überwiegend akarizide Mittel mit Langzeiteffekt wie jene auf Flumethrin-Basis entwickelt, die in einigen Fällen sowohl am Haustier als auch außerhalb dessen eingesetzt werden können.

Bei weiteren Fortschritten auf diesem Sektor wäre es möglich, alsbald zu einer Reduktion der Mengen der als Akarizide im Siedlungsbereich eingesetzten Insektizide zu kommen.

Gezielte Wirkstoff- und Mittelauswahl nach

1. Dampfdruck der Wirkstoffe

Eine Reduktion der Mengen ausgebrachter Insektizide und Akarizide wäre zur Verminderung der Kontaminationsgefahr insbesondere bei Präparaten zu begrüßen, die schon bei den üblichen raumklimatischen Verhältnissen einen hohen bis mäßigen Dampfdruck aufweisen. Hierzu zählen der Kurzzeitwirkstoff Dichlorvos, die Langzeitwirkstoffe Lindan, Diazinon und Propoxur sowie unter bestimmten Voraussetzungen, z.B. hohe Raumtemperatur, auch Propetamphos und Chlorpyrifos. Daß solche Raumluftbelastungen selbst bei 18 - 21°C auftreten können, wurde von uns erst unlängst mit unterschiedlich empfindlichen, standardisierten Stubenfliegenstämmen (*Musca domestica*) im Rahmen einer Chlorpyrifos-Lackprüfung demonstriert. Dabei starben komplex-resistente Fliegen selbst noch bei permanenter Frischluftzufuhr über das abgeklappte Fenster ab.

In Fällen, in denen trotzdem auf in die Luft übergehende Wirkstoffe zurückgegriffen werden muß, sollen die entsprechenden Mittel nur für die Brutnischenentwesung, z.B. bei Schaben- oder Wanzenbefall verwendet werden.

Wirkstoffe mit sehr hohem Dampfdruck, etwa Dichlorvos werden im übrigen mit gutem Erfolg auch in Raumsprays gegen fliegende Schädlinge wie Fliegen und Mücken eingesetzt.

2. Erforderliche Kontaktflächengröße

Nischen-, Spot- und Streifenanwendung sind aus toxikologischen Erwägungen immer der Ganzraumbehandlung vorzuziehen. Läßt sich die Ganzraumbehandlung nicht umgehen, so sind Mittel auf der Basis von Wirkstoffen mit niedrigem Dampfdruck wie Permethrin, Deltamethrin, Methoxychlor oder Jodfenphos anzuwenden. Da bei Mitteln mit diesen Wirkstoffen nicht unter Einsatz einer Atemgiftwirkung gearbeitet

tet wird, ist die Ausbringung bei geöffneten Türen und Fenstern möglich, ausgenommen Nebel, Stäube und Rauch. Die Folgen sind ein schneller Abzug flüchtiger Hilfsstoffe wie der Lösungsmittel und die relativ schnelle Wiederbenutzbarkeit der Räume. Brutnischen, etwa die von Schaben, Wanzen oder Zecken müssen mit den herkömmlichen Ausbringungsgeräten im Sprüh- und Spritzverfahren, u.U. unter Anwendung einer höheren Aufwandmenge und eines höheren Druckes behandelt werden. Einsparungen von Mitteln sind dort im allgemeinen nur auf glatten, nicht sorptiven Flächen wie Metall, Fliesen und Kunststoff möglich.

a) Absorption und Rekrystallisation von Wirkstoffen

Für sorptives Material ist zu beachten, daß einige Wirkstoffe wie Permethrin oder Chlorpyrifos erst nach mehreren und anschließend über einige Wochen auf die Oberfläche auskristallisieren. Im Falle des Erreichens speziesspezifischer letaler Dosen über eine ausreichende Zeitspanne ist dieser Prozeß für die Bekämpfung durchaus nutzbar. Zu bedenken ist aber, daß auf mit geeigneten Mitteln zunächst dekontaminierten Flächen die nachträgliche Auskristallisation zur nachteiligen Beeinflussung von Lebensmitteln oder über die dermale Resorption zur direkten Gefährdung von Personen oder Haustieren führen kann. Im Falle eines sehr langsamen Ablaufs dieses Vorgangs und bei gleichzeitigem längerem Auftreten sublethaler Dosen besteht insbesondere bei Schädlingen mit kurzer Zyklusdauer und hohem Vermehrungspotential, z.B. bei Fliegen und Schaben, die Gefahr der Selektion resistenter Stämme.

b) Wirkstoffstabilität

Bei der Verwendung von Phosphorsäureestern wie Chlorpyrifos, Fenitrothion, Dimethoat und Dichlorvos, Carbamaten wie Dioxacarb und Bendiocarb, den Pyrethroiden Cypermethrin, Tetramethrin sowie dem Pyrethrumextrakt oder den chlorierten Kohlenwasserstoffen Lindan und Chlordan ist ferner einzukalkulieren, daß sie auf alkalischen Flächen wie Kalkmörtel und Eternit rasch inaktiviert werden. In Viehhaltungen, z.B. in Legeställen, kommt es u.U. auch zur Inaktivierung auf nicht alkalischen Oberflächen. Dies geschieht dann, wenn über Kotbänke oder die Tiefstreumethode übermäßig NH_3 entwickelt wird. Hohe Luftfeuchtigkeit und Wärme beschleunigen den Inaktivierungsprozeß zusätzlich. Für derartige Voraussetzungen gibt es die Möglichkeit, durch Einformulieren von pH-Regulatoren wie organischen Säuren die Alkalistabilität eines Mittels zu erhöhen und alkalistabilere Wirkstoffe wie die Organophosphate Diazinon, Tetrachlorvinphos, Propetamphos oder Fenthion, die Carbamate Propoxur und Carbophenothion oder das Pyrethroid Deltamethrin zu verwenden. Ferner spielen noch die Licht- und die Oxidationsstabilität der Wirkstoffe eine wesentliche Rolle. Auch diese nachteiligen Eigenschaften sind soweit in Grenzen zu halten, daß eine effektive Bekämpfung von Hygieneschädlingen möglich bleibt. Das ist

u.a. durch Beigabe von Hilfsstoffen wie Mineralöl, z.B. zum Kurzzeit-Wirkstoff Kadethrin oder von Synergisten wie Piperonylbutoxid oder durch sinnvolle Kombination von Wirkstoffen, etwa von Pyrethrum mit Permethrin oder von Dichlorvos mit Methoxychlor erreichbar.

3. Wirkstoffkombinationen und Mehrfacheffekte

a) Substitution und Synergismus

In Kombinationspräparaten werden Wirkstoffe wie der Pyrethrumextrakt, das Kadethrin oder das Propoxur nicht nur wegen ihres eigentlichen insektiziden bzw. akariziden Initialeffekts sondern z.T. nur wegen ihrer Knock-down (K.O.)-Wirkung und der Flushing (Austreibung)-Wirkung eingesetzt. Wirkstoffe mit relativ langsam einsetzendem insektizidem Initialeffekt bzw. nicht vorhandenem oder nicht ausreichend vorhandenem Knock-down-Effekt wie Propetamphos, Pli-fenat und Permethrin können also auf diese Weise sinnvoll ergänzt werden. Im Falle der Seuchengefahr ergibt sich hieraus die Möglichkeit zur schnellen Ausschaltung des mobilen Vektorenpotentials.

Der Synergismus ist durch eine Wirkungssteigerung gekennzeichnet, wobei der Synergist selbst nicht insektizid oder akarizid zu sein braucht. Nicht bzw. nur schwach insektizide Synergisten sind z.B. Sesamex, S 421 und Piperonylbutoxid. Der Synergismus kann sich auf einen (z.B. Knock-down-) oder mehrere Effekte, etwa Knock-down- und Austreibeeffekt erstrecken. Ferner kann die Stärke des Synergismus einer Substanz innerhalb einer Insektizidgruppe wie den Pyrethroiden oder den Organophosphaten von Wirkstoff zu Wirkstoff erheblich differieren.

b) Antagonismus

Nicht in allen Fällen ergibt sich jedoch aus der Kombination z.B. eines synergisierten Pyrethroids mit gutem Initialeffekt und einem Langzeitwirkstoff eine wirksamere Kombination. Im Gegenteil, einzelne Wirkstoffe und Synergisten können sich zueinander sogar antagonistisch verhalten. Beispiel hierzu ist die Kombination Pyrethrum + Piperonylbutoxid + Malathion oder Diazinon. Relativ nutzlos ist auch die Kombination von Wirkstoffen mit gleichem Wirkungsverlauf wie Chlorpyrifos und Propoxur oder Deltamethrin und Diazinon bzw. der Zusatz des Synergisten S 421 zu Wirkstoffen mit großer Langzeitwirkung wie Chlorpyrifos.

c) Langzeiteffekt

Die Auswahl der Langzeitwirkstoffe ist wegen i.d.R. fehlender Ovizidie (= 100%ige Gelegetalität) mit Blick auf die Zyklusdauer der Zielspezies zu treffen. Damit wird sichergestellt, daß die Residualwirkung des Mittelbelages noch

zur Tötung der nachschlüpfenden Larven ausreicht. Wird dieser Effekt nicht erzielt, sollte aus Gründen der Verhinderung der Resistenzforcierung und der langzeitigeren Belastung der Räume sowie ggf. auch ihrer Nutzer auf Wirkstoffe ausgewichen werden, die nur kurzfristig, d.h. bis max. 8 Tage 100%ig effektiv sind und danach einen steilen Abfall ihres Wirkungsgrades aufweisen. Über die anschließende, sachgerecht ausgeführte Zweitbehandlung ist fast immer der Restbefall tilgbar.

4. Larvizidie und Adultizidie (Insekti- bzw. Akarizidie)

Es darf ferner nicht übersehen werden, daß die Sensitivitätsgrade von Larven und Nymphen sowie die der Adulten, z.B. bei Zecken, Milben bzw. Fliegen, gegen denselben Wirkstoff sich häufig erheblich voneinander unterscheiden. Adultizidie und Larvizidie eines Wirkstoffs, insbesondere aber einer Formulierung müssen also weder gleichzeitig vorhanden noch qualitativ identisch sein. Entsprechendes gilt auch für die akarizide und insektizide Wirkung.

5. Bekämpfungsort und Formulierung

Auf sorbierenden und Staub ausgesetzten Oberflächen sind sorptionsgefährdete Wirkstoffe effektiver einzusetzen, wenn sie in Spritzpulvern statt in Emulsionen oder Lösungen zum Einsatz kommen. Der Vorteil ist, daß bei dieser Verfahrensweise oftmals eine einmalige Behandlung eines Raumes ausreicht. Allerdings müssen die Aufbringungsflächen über die erforderliche Residualzeit weitgehendst trocken bleiben. Anderenfalls bestünde die Gefahr der hydrolytischen Inaktivierung bzw. die des Abfließens der Wirkstoffe und damit, etwa in Küchen, Krankenstationen und Schlachtereien, die ihres Übergangs auf Lebensmittel, Bedarfsgegenstände oder direkt auf Personen.

6. Anzahl und Ausdehnung der Mitteldepots

Wieviele Mitteldepots innerhalb eines Raumes zu setzen sind, hängt von der Art der Bewegung der Schädlinge ab. Für die Tötung von sehr schnell beweglichen Arthropoden reicht bei einem Kontaktmittel eine kleine Anzahl von Depots ($4 - 10/\text{cm}^2$) aus. Bei wenig beweglichen Tieren müssen mehr installiert werden, etwa $50 - 100/\text{cm}^2$. Relativ stationäre Schädlinge sind gezielt in ihren Brutnischen bzw. an den Rastorten mit einem möglichst geschlossenen Belag ($300 \text{ Depots}/\text{cm}^2$) oder alternativ unter zusätzlichem Einsatz eines auch als Atemgift wirkenden Stoffes, z.B. von Dichlorvos zu bekämpfen.

7. Auswahl der Hilfs- und Zusatzstoffe

Entscheidend für den Erfolg eines Mittels ist außerdem die zweckmäßige Auswahl der Hilfs- und Zusatzstoffe unter Berücksichtigung der vorgesehenen Ausbringungstechnik. So sind fast alle unter Verdünnung mit Wasser anzuwendenden Mittel mit Tensiden versehen, die als Emulgatoren, Dispergier- und Netzmittel neben ihrer eigentlichen physikalisch-chemischen Formulierungsfunktion häufig zusätzlich die Aufgabe erfüllen, den Übergang des Wirkstoffs in das Gliedertier zu beschleunigen.

Auch die in den Emulsionskonzentraten, gebrauchsfertigen und ULV-Produkten eingesetzten Lösungsmittel aus der Gruppe aromatischer Kohlenwasserstoffe (Fraktionen C_8-C_{12}) (wie Xylolgemische) oder Naphthaline (Shellsole, Spezialbenzine), Ketone, Alkohole (wie Isopropanol) Glykole (wie Diäthylenglykol) und der chlorierten Lösungsmittel (wie Methylenchlorid) können selbst eine beschränkt insektizide oder ovizide Wirkung, z.B. auf der Basis eines Exsikkationseffektes besitzen. Am häufigsten werden, soweit bekannt, in den derzeit auf dem Markt befindlichen Sprüh-, Spritz- und Nebelmitteln Methylenchlorid, Xylol, Shellsol T, Shellsol A und Spezialbenzine als Lösungsmittel eingesetzt. Bei den Emulgatoren herrscht eine noch größere, kaum übersehbare Vielfalt. Weitere in solchen Flüssigmitteln verwendeten Hilfsstoffe dienen u.a. als Stabilisatoren, Viskositätsregulatoren (z.B. in ULV-Präparaten), Antikorrosiva wie das Epichlorhydrin sowie als Duft- und Farbstoffe.

Eine entsprechende Diversifikation unter den Hilfsstoffen ist auch bei anderen Aufbereitungen wie Suspensionsmitteln, Lacken, Streichmitteln mit Köder-effekt, Ködern, Granulaten, Stäuben, Verdampfungssystemen und Räuchermitteln zu beobachten.

8. Ausbringungstechnik

Das komplizierte System der Formulierungsmöglichkeiten muß ferner nach der verfügbaren, möglichst optimalen Ausbringungstechnik ausgerichtet werden. Nicht selten ist es so, daß Präparate ihre volle Wirksamkeit nur entwickeln, wenn sie mit bestimmten Geräten in genau definierter Weise ausgebracht werden. Anders gesagt, eine Änderung der Formulierung bedingt nicht selten die Änderung der Ausbringungstechnik. Zu letzterer zählt neben dem Gerät (z.B. Spritze, Nebelapparat) auch die mit diesem erzielbare Tröpfchengröße und -menge/cm² bzw. /cm³ sowie die gleichmäßige Verteilung und die Aufbringungsgeschwindigkeit der Tröpfchen. Nur wenn das Verhältnis "Formulierung zu Ausbringungsmechanismus" stimmt und das Raumklima einschließlich der Luftzirkulation sowie die zu behandelnden Oberflächenstrukturen berücksichtigt wer-

den, ist eine volle Wirksamkeit bei minimierter Ausbringungsquantität zu erzielen.

BEISPIEL:

Am folgenden Beispiel sei gezeigt, wie durch die Änderung der Ausbringungstechnik ein gebrauchsfertiges, nur als Insektizid gehandeltes Sprühmittel mit dem Langzeitpyrethroid Permethrin für die Bekämpfung von Spinnentieren (Schildzecken) brauchbar gemacht wurde und wie es mit derselben Technik gelang, bei mehreren Handelspräparaten die vorgegebenen Mittelmengen um bis zu 33% ohne Wirkungseinbuße zu unterbieten. Das wirkungsverbessernde Prinzip des hierbei eingesetzten ROFA-CDA-ULV-Muster-Gerätes der Fa. Mantis, Hamburg, (Abb. 2a u. b) besteht in der Erzeugung definierter Größen und der gleichmäßigen Verteilung der Tröpfchen (Abb. 3).

Bedeutung gewinnt dieses Sprühverfahren vor allem für Bereiche wie Hospitäler, Großküchen, Tierquarantänestationen, in denen nunmehr die Bekämpfung von Zecken, ggf. auch von Milben und selbstverständlich der zu den Kerbtieren zählenden Vektoren wie Schaben ohne länger andauernde Belastung der Raumluft durch insektizide oder akarizide Wirkstoffe möglich ist.

Der Vorteil der relativ konstanten Tröpfchengröße liegt für geschlossene Räume in der Tatsache, daß Tröpfchen dieser Größe i.d.R. die wandnahe Luftströmung durchdringen, ohne wie diejenigen, die kleiner als 38 - 40 µm sind, derart verdichtet zu werden, daß sie sich in Wolkenform niederschlagen (Abb. 4). Auf diese Weise entstehen kleine mittelfreie Flächen, auf die die Schädlinge ausweichen können. Bei über 45 µm großen Tropfen tritt demgegenüber als unerwünschter Effekt ein Rückprall der Tropfen von den Anspritzflächen auf. Infolge der ungleichmäßigen bzw. zu groben Verteilung kommt es bei sonst schädlingsgerechter Aufwandmenge und Konzentration, häufig auch zu einem Abfließen des Mittels (Abb. 5) bzw. durch den Tropfenrückprall u.U. zu einer zu schwachen Kontamination von Wänden und Decken und zum Zusammenfließen des Mittels auf horizontalen Flächen.

Einsatz von Emulsionskonzentraten

Die Ergebnisse mit 5 unterschiedlich zusammengesetzten Emulsionskonzentraten (Handelspräparaten) auf der Basis von Chlorpyrifos + Dichlorvos und in je einem Falle auf der von Pyrethrum, Diazinon, Propoxur sowie Permethrin + Pyrethrum ergaben außerdem, daß durch den Einsatz dieses Systems unter Beibehaltung eines ausreichenden Befalltilgungspotentials für nicht zu den Spinnentieren gehörige Schädlinge Mittelmengenreduktionen zwischen 8 und 33% erreichbar sind. Da die Prüfungen unter für die Persistenz der Mittelfilme ungünsti-

gen Verhältnissen, z.B. häufiger Feuchtreinigung mit warmem Wasser und Spülmitteln in wärmeren Räumen wie Küchen und Bäckereien durchgeführt und mehrfach wiederholt wurden, ist davon auszugehen, daß realistische Werte ermittelt werden konnten.

Einsatz gebrauchsfertiger Sprühmittel

In einer weiteren Versuchsreihe wurde belegt, daß das Verfahren nicht nur für Konzentrate sondern auch für die Ausbringung von gebrauchsfertigen Sprühpräparaten geeignet ist. Wie bereits angedeutet wurde, gelang es, mittels dieses Ausbringungsverfahrens, die Wirkstoffkombination Pyrethrum + Permethrin auch für den Einsatz gegen die Braune Hundezecke (*Rhipicephalus sanguineus*) (Abb. 1), d.h. im Sinne eines Akarizids. brauchbar zu machen. Dies geschah dazu noch unter ungünstigen Verhältnissen wie teilweise stärkerer Verschmutzung sowie starker Alkalität der im übrigen porösen, rissigen Oberflächen von Wänden, Decken und Böden. Bei einer relativ niedrigen Aufwandmenge von 26 ml/m^2 und einer 2%igen Konzentration des Permethrins war es möglich, einen Befall mit der Braunen Hundezecke innerhalb von 7 Tagen zu beseitigen, eine Weiterentwicklung dieser Zecken in den Räumen (Tierheime und -kliniken) und den Neubefall mit schädlichen Gliedertieren über mindestens 3 Monate zu verhindern.

Andere Vorteile dieser Verfahrensweise sind:

1. die auf max. 12 gegenüber 24-120 Stunden beim bisher eingesetzten Dichlorvos-haltigen Mittel verkürzte Wartefrist bis zur Wiederbenutzbarkeit der behandelten Räume,
2. die relativ niedrige Aufwandmenge,
3. die unter Raumtemperaturen extrem niedrige Verdampfungsrate dieser Pyrethroide und
4. die lange Persistenz der Mittelfilme auf verschiedenen Oberflächen sowie
5. die leichte Handhabung des Gerätes

Zu bedenken ist aber, daß derart persistente Beläge komplexe Resistenzen insbesondere auch bei Vektoren mit relativ schnellem Zyklusdurchlauf wie Stubenfliegen, Mücken und Schaben fördern können.

Literatur

Bentz, H.: Grundlagen der Pharmazie und Arzneiverordnung für Veterinärmediziner. S. Hirzel Verlag, Leipzig, 1978

Blodinger, J.: Formulierung veterinärmedizinischer Arzneimittel. M. Dekker Inc. New York, Basel, 1983

- Busvine, J.R.: A critical Review of the Techniques for Testing Insecticides. 2. Aufl. Commonwealth Agricultural Bureaux London, 1971
- Busvine, J.R.: Insects and Hygiene. 3. Aufl. Chapman & Hall London, New York, 1980
- Büchel, K.H.: Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfung. Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1977
- Fiedler, H.P.: Lexikon der Hilfsstoffe. 2. Aufl. Editio Cantor Aulendorf, 1981
- Hartley, G.S. und Graham-Bryce, I.J.: Physical Principles of Pesticide Behaviour. Vol. I u. II. Academic Press London New York, Toronto, Sydney, San Francisco, 1980
- Lewis, D.H.: Controlled Release of Pesticides and Pharmaceuticals. Plenum Press New York, London, 1981
- Miyamoto, J. und Kearney, P.C.: Pesticide Chemistry. Human Welfare and the Environment. Vol. I.- IV. Pergamon Press Oxford, New York, Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt, 1983
- Perkow, W.: Wirksubstanzen der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel. 2. Aufl. Lose-Blatt-Sammlung, Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg, 1983
- Steininger, F.: Gasen, Nebeln, Sprühen, Gießen und fraktionierte Verfahren in Schädlingsbekämpfung und Holzschutz. Hospital-Hyg. Gesundheitswesen und Desinfekt. 68 (1976) 82 - 85
- Valkenburg van, W.: Pesticide Formulations. Marcel Dekker Inc. New York, 1973
- Wegler, R.: Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel. Bd. 1, 3, 6, und 7. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1970, 1973, 1981a u. b
- Worthing, C.E.: The Pesticide Manual. A World Compendium. 6. Aufl. British Crop Protection Council London, 1979



Abb. 1: Stadien der Braunen Hundezecke (von re. nach li.): 1. Ei (0,8 mm); 2. replетиerte, mobile ("vollgesogene") Exemplare: a) Larve (2,2 mm), b) Nymphe (2,6 mm), c) Weibchen (6,3 mm)



Abb. 2a: ROFA-CDA-ULV-Gerät (Aufnahme Fa. Mantis, Hamburg)



Abb. 2b: Tröpfchenabgang an der Rotations-scheibe des Gerätes (Aufnahme Fa. Mantis, Hamburg)



Abb. 3: Gleichmäßige Tröpfchenverteilung nach dem Einsatz des ROFA-CDA-RLV-Gerätes (Aufnahme Fa. Mantis, Hamburg)

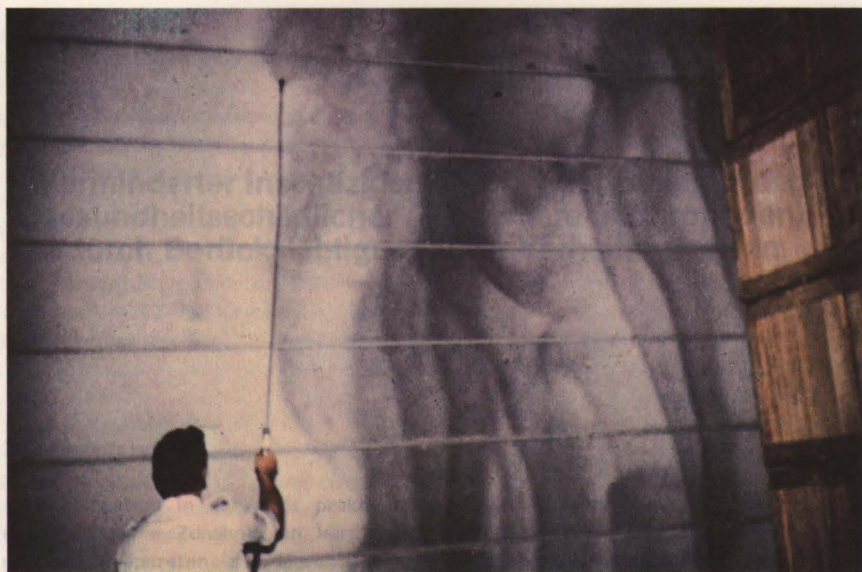


Abb. 4: Sprühwolkenbildung bei herkömmlicher Sprühung (Aufnahme Fa. Mantis, Hamburg)



Abb. 5: Abfließen des Mittels bei grober, ungleichmäßiger Verteilung (Aufnahme Fa. Mantis, Hamburg)



Verminderter Insektizideinsatz bei der Bekämpfung gesundheitsschädlicher Gliedertiere (Arthropoden) durch Berücksichtigung ihrer Verhaltensweisen

I. Iglisch

Zusammenfassung

Die Situation in der z.Z. praktizierten Schädlingsbekämpfung ist gekennzeichnet durch eine Zunahme an kurzfristig oder auch längerfristig wirksamen chemischen Präparaten zur Durchführung von Bekämpfungsmaßnahmen, durch einen Resistenzanstieg der zu bekämpfenden tierischen Organismen bei gleichzeitiger Zunahme ihrer Populationsstärken sowie durch Zunahme von Schadwirkungen, die mit Einsatz von Bekämpfungsmitteln im Raum, wie im Freiland verbunden sind und heute, stärker denn je, in Erscheinung treten.

Als Folge der Zunahme schädlicher Wirkungen durch Bekämpfungsmittel sind in steigendem Maße toxikologische Aufwendungen erforderlich, die sich dem zunehmenden Bedarf an chemischen Präparaten hinsichtlich deren Risikoabschätzung zu widmen haben, wobei der nicht zu erreichenden, dauerhaften Minderung von tierischen Schadorganismen, die nach wie vor in unterschiedlichen Populationsstärken aufzutreten pflegen, kaum noch eine nennenswerte Beachtung geschenkt wird. Die Entwicklung chemischer Präparate und die sie zu bewertende Toxikologie beginnen somit ein kostenaufwendiges Eigenleben zu führen.

Die Zielsetzung in der Schädlingsbekämpfung ist die Dezimierung der Populationsstärke eines tierischen Schädlings im Raum oder im Freiland auf ein erträgliches Maß unterhalb der jeweiligen Schadensschwelle bzw. im Falle der Entwesung, bei Gefahr der Übertragung von Krankheitserregern, das Erreichen der Tilgung, d.h. des Nullstandes.

Dieses gesetzte Ziel kann erreicht werden a) mit einem weiterhin steigenden, hohen Aufwand bei der Entwicklung von immer neuen chemischen Präparaten und einem ebenso hohen Aufwand an Toxikologie bei gleichzeitiger Tolerierung zumindest sich kaum verringernder oder auch neuartiger, nicht schnell durchschaubarer Schadwirkungen. Es kann b) erreicht werden durch Maßnahmen, die darauf abzielen, die jeweiligen örtlichen Gegebenheiten für eine Massenerntfal-

tung von Schadorganismen in Raum- und Freilandbiotopen ungünstig zu gestalten bzw. die Verhaltensweisen von schädlich werdenden Tierarten, wie das "Wärmeempfindungsvermögen" von *Musca domestica*, das "Transportverhalten" von *Monomorium pharaonis*, das "Geruchswahrnehmungsvermögen" von *Drosophila funebris*, das "Ruheverhalten" von *Blattella germanica* und das "Schlupfverhalten" von *Aedes*-Larven, bei Bekämpfungen entsprechend zu berücksichtigen.

Hierbei öffnen sich Möglichkeiten, hinsichtlich der Anwendungstechnik, die Ausbringung chemischer Mittel zu minimieren und der Resistenzgefahr entgegenzuwirken, mit dem Gewinn einer wesentlichen zeitlichen Verlängerung des Einsatzes gut wirksamer und toxikologisch mindergefährlich einzustufender Präparate sowie Herabsetzung des toxikologischen Aufwandes. Im günstigsten Fall kann auf den Einsatz von chemischen Mitteln völlig verzichtet werden, wodurch der Toxikologie die stärkste Entlastung zukäme.

Eigendynamik der Anwendung chemischer Bekämpfungsmittel

Die Möglichkeit zur Massenentfaltung, die innerhalb von Arthropoden-Arten gegeben ist, läßt verschiedene Betrachtungen zu, je nachdem, ob solche Tierarten innerhalb ihrer natürlichen oder anthropogen bedingten biozönotischen Zusammenhänge oder außerhalb derselben als Einzelindividuen gesehen werden. Erstere Betrachtungsweise führt zum Verständnis des Phänomens der Massenentfaltung aus ökologischer Sicht, während letztere an diesem Phänomen ausschließlich die Berechtigung abzuleiten pflegt, an Stärke zunehmende Populationen solcher Tierarten zu dezimieren, ohne nach den Ursachen ihrer Massenentwicklungen zu forschen [13].

In der aktuellen Schädlingsbekämpfung wird die Populationsdynamik einer Tierart normalerweise nur unter dem einseitigen Aspekt verfolgt: "Mit Hilfe von (meist chemischen) Mitteln eine an Individuen zunehmende Population unterhalb einer jeweils festzulegenden Schadensschwelle zu dezimieren (Vorrats-, Forst-, und Pflanzenschutz) oder im günstigsten Fall eine zeitlich bedingte Tilgung zu erreichen (Material- und Gesundheitsschutz)".

Hierbei ergibt sich in der Regel ein Rhythmus zwischen ansteigender Populationsdichte bis zur Bekämpfungsmaßnahme und einer zunächst an Individuen stark reduzierten Population (bis hin zu sehr wenigen Individuen!), die jedoch eine Art 'Keimzelle' für eine neu anwachsende Population bildet und später zur erneuten Bekämpfungsmaßnahme zwingt (Abb. 1; Ziffer 2).

Es wird jedoch übersehen, daß diese sich laufend wiederholenden Bekämpfungsmaßnahmen keinem zyklischen Rhythmus folgen, sondern den Gesetzen eines azyklisch verlaufenden 'Rhythmus' unterliegen, der sich spiralartig darstellen läßt, und zwar insofern, als nach jeder Bekämpfungsmaßnahme (Abb. 1; Ziffer 2) die Keimzelle einer neu anwachsenden Population individuenreicher als die vorangehende sein kann (Abb. 1; Ziffer 1). Besonders stark tritt die-

se Tatsache dann in Erscheinung, wenn über längere Zeit das gleiche Bekämpfungsmittel verwendet wird.

Dieser sichtbaren, d.h. in der Praxis erkennbaren "Spirale des Anstieges von Populationsstärken" (Abb. 1; Ziffer 1) laufen weitere, nicht oder nur mittelbar erkennbare "Spiralen" parallel. Eine derselben zeigt sich in dem, was unter dem Begriff 'Resistenz' zusammengefaßt werden kann.

Die einer Arthropoden-Art eigene Fähigkeit, Widerstandskräfte gegenüber Umwelteinflüssen zu entfalten, ist zunächst eine latente Eigenschaft, die innerhalb von Populationen dann zum Tragen kommt, wenn diese über einen längeren Zeitraum den gleichartigen Einflüssen ausgesetzt sind, zu denen chemische Mittel mit insektizider und acarizider Wirkung gehören. Die Zunahme solcher Widerstandskräfte kommt innerhalb der nach Bekämpfungsmaßnahmen an Individuen reicher verbleibenden Keimzellen neu anwachsender Populationen zum Ausdruck.

Was sich hier, in der Fähigkeit gegen Fremdeinflüsse Widerstandskräfte entfalten zu können, zunächst populations- bzw. arterhaltend auswirkte, beginnt sich bei anhaltenden, gleichartigen Bekämpfungsmaßnahmen zu verselbständigen und stellt schließlich eine eigene Größe dar, mit der zu rechnen ist! Diese Zunahme an Widerstandskräften oder der Resistenzanstieg verläuft ebenfalls spiralartig (Abb. 1; Ziffer 3), und es wird versucht, ihm mit der Entwicklung immer neuer, wirksamerer Präparate auf der Basis entsprechender chemischer Wirkstoffe zu begegnen [24], womit auf eine andere "Spirale", die der Zunahme chemischer Präparate hingewiesen sei (Abb. 2; Ziffer 1).

Eine weitere "Spirale" entwickelt sich nun nicht aus einer Fähigkeit heraus, sondern sie entsteht aufgrund einer Unfähigkeit. Wie jeder gesunde Organismus dazu fähig ist, schädigende Einflüsse bis zu einem ihm eigenen Schwellenwert zu verkraften, so sind z.B. auch eine Biozönose, ein Biotop und Ökotope in der Lage, auf sie einwirkende Schadwirkungen, wie sie von Schädlingsbekämpfungsmitteln ausgehen können, zu kompensieren, bis ein jeweils für die betreffende Lebensgemeinschaft spezifischer Schwellenwert erreicht ist. Oberhalb desselben nehmen bis dahin subletal verlaufende Schadwirkungen sichtbaren Charakter an [15, 23]. Die latente Zunahme und das Inerscheintreten von Schadwirkungen (Abb. 1; Ziffer 4) beruht auf der Unfähigkeit von Ökosystemen, schädigende Einflüsse endlos ausgleichen zu können. Die Erfahrung hat gelehrt, daß auch hinsichtlich der Zunahme von Schadwirkungen ein spiralartiger Verlauf zu verzeichnen ist.

Während beim Resistenzanstieg gegebenenfalls noch eine rückläufige Tendenz zu erzielen ist, bestehen berechtigte Zweifel hinsichtlich einer möglichen Rückläufigkeit von bereits zu vorgeschrittenen Schadauswirkungen in Ökosystemen bei zu intensiver und langzeitiger Anwendung chemischer Schädlingsbekämpfungsmittel.

In dem hier aufgezeigten Geschehen der auseinander hervorgehenden und ineinander verflochtenen Zunahmen von Populationsstärken tierischer Organismen

(Arthropogen), Schädlingsbekämpfungsmitteln, Resistenz und schädlichen Auswirkungen chemischer Präparate, ist die Tendenz spürbar, daß alles dem freien Handeln zu entgleiten droht und undurchschaubar wird, sowie Ursache und Wirkung schließlich nicht mehr sauber voneinander getrennt gesehen werden können, so daß die hier gewählte Bezeichnung "Teufelsspirale" das gesamte komplexe Gefüge (Abb. 1) zu charakterisieren vermag.

Die Forderung, weiterhin immer neue, wirksamere Präparate (d.h. Wirkstoffe einschließlich der Beistoffe!) zu entwickeln und zur Anwendung zu bringen, wobei der Hinweis auf größere Umweltfreundlichkeit solcher Präparate dann lediglich ein Lippenbekenntnis sein dürfte, wenn gleichzeitig das größere Wirkungsspektrum und die hervorragende, über Wochen anhaltende Wirkung solcher Mittel angepriesen wird [24], führt zwangsläufig zu immer umfangreicher werdenden Untersuchungen der Toxizität von Schädlingsbekämpfungsmitteln. Hierbei gewinnt die Erkenntnis zunehmend an Aktualität, daß sich solche Untersuchungen nicht auf den Wirkstoff allein beschränken dürfen, sondern auf diesen im Zusammenwirken mit allen Beistoffen der jeweiligen handelsfertigen Aufbereitung ausgedehnt werden müssen [7].

Hier ist eine weitere "Spirale" im Entstehen, und zwar die der Zunahme toxikologischer Aufwendungen (Abb. 2; Ziffer 2). Sie ist mit einem ungewöhnlich hohen Kostenaufwand verbunden und bindet Aktivitäten auf einem Tätigkeitsfeld, das sich als notwendige Folge der chemisch orientierten Schädlingsbekämpfung entwickelt hat und in vieler Hinsicht noch weiterhin in Entwicklung ist, wenn allein an die noch zaghaften Anfänge einer dringend notwendigen Inhalationstoxikologie von solchen Stoffkombinationen in Innenräumen gedacht wird [31].

Die "Spiralen", die der Toxikologie und die der Zunahme an Bekämpfungsmitteln (vorwiegend chemische Präparate!) stehen heute im Vordergrund des Interesses, d.h. hier werden Kapazitäten, wie Arbeitskräfte und finanzielle Mittel in besonders hohem Maße gebunden, wobei mehr und mehr übersehen wird, daß beide "Spiralen" Abkömmlinge, d.h. entstanden aus einer dritten "Spirale" sind, und zwar der der Zunahme von Schädlingspopulationen (Abb. 2; Ziffer 3).

So liegt aus derzeitiger Blickrichtung heraus die Entwicklung von Bekämpfungsmitteln in erster Priorität (Abb. 2; Ziffer 1) und als Folgerscheinung derselben die Toxikologie in zweiter (Abb. 2; Ziffer 2), während der Verursacher beider Forschungsbereiche, nämlich die Massenentfaltung tierischer Populationen in die dritte Priorität gelangt ist (Abb. 2; Ziffer 3). Dies bedeutet, daß sich derzeitige Bestrebungen in der Schädlingsbekämpfung überwiegend in einem Tätigkeitsbereich abspielen, der sekundärer Natur ist, und daß dem eigentlichen Primären kaum noch Interesse geschenkt wird.

Auch hierin äußert sich etwas 'Teuflisches', indem nämlich Folgerscheinungen eines Ursächlichen zur Ursache selbst erhoben werden, diese schließlich ein Eigenleben mit in sich durchaus richtigen Gesetzmäßigkeiten gewinnen, wo-

mit dann ihre selbständige Existenzberechtigung begründet wird [3]. So finden diese beiden Forschungsgebiete, Entwicklung chemischer Schädlingsbekämpfungsmittel und Toxikologie, allein nur noch aus sich heraus ihre Begründung, während die Erforschung des ihnen zugrundeliegenden Phänomens, das der Massenentfaltung tierischer Populationen, weder Gegenstand des Interesses mehr ist, noch offenbar sein darf, weil - mögen es vordergründige wirtschaftliche Erwägungen sein - die beiden anderen Forschungsrichtungen nicht in ihrer Existenz gefährdet werden dürfen?

Wie anders ist es zu deuten, daß kaum ein Bruchteil an finanziellen Mitteln der Erforschung der Gesetzmäßigkeiten des Phänomens der Massenentfaltung von Arthropoden-Arten zum Zweck der Reduzierung chemischer Präparate zugestanden wird? Heute zur Verfügung stehende finanzielle Mittel fließen eindeutig bevorzugt in die Mittelentwicklung, Mittelprüfung und toxikologische Bewertung, und die sog. freie Forschung im Universitätsbereich widmet sich im biologischen Bereich bevorzugt chemischen Phänomenen.

Dennoch gilt der Erforschung des Phänomens der Massenentfaltung tierischer Populationen die erste (Abb. 2; Ziffer 1!), der sich daraus ergebenden Entwicklung von Bekämpfungsmitteln die zweite (Abb. 2; Ziffer 2!) und der schließlich daraus resultierenden, notwendigen Toxikologie die dritte Priorität (Abb. 2; Ziffer 3!).

Diese Reihenfolge der Prioritäten steht deshalb in einem kausalen Zusammenhang, weil die Entwicklung chemischer Bekämpfungsmittel um ihrer Entwicklung willen unsinnig und hinsichtlich der durch die mitbewirkten Schädigungen unverantwortlich wäre. Gleiches gälte für toxikologische Aufwendungen, wie personeller und materieller Art, aber auch hinsichtlich erforderlicher Versuchstiere für möglicherweise gar nicht notwendige Bekämpfungsmittel. Analoges gilt auch für biochemische Substanzen, wie Häutungs- bzw. Juvenilhormone, Chemosterilantien u.a. sowie für mikrobiologische Präparate, die mit Pilzsporen, Bakterien (mit von Bakterien gebildeten Toxinen!) und Viren arbeiten, weil diese ebenfalls, wenn auch zu andersartigen, zur Zeit noch wenig abschätzbaren Risiken führen könnten, als sie inzwischen bekanntermaßen von chemischen Stoffen auszugehen pflegen.

Eine Einschränkung in der Entwicklung von Bekämpfungsmitteln oder eine Verminderung ihres Einsatzes setzt jedoch voraus, daß Massenentfaltungen tierischer Organismen auch auf andere Weise wirksam begegnet werden kann, als ausschließlich mit chemischen, biochemischen und biologischen Präparaten.

Phänomen der Massenentfaltung bei Arthropoden-Arten

Wird einerseits die Zunahme an Individuen der Population einer Arthropoden-Art beobachtet, allein deshalb, weil eine zunehmende Populationsdichte schließlich nicht mehr zu übersehen ist, so kann andererseits, zumindest gedanklich,

die Entwicklungsrichtung eines Populationsanstieges auch rückwärts bis hin zu seinem Ausgangspunkt verfolgt werden (Abb. 2, Ap.). Eine solche Rückbetrachtung mag zunächst ungewöhnlich oder gar unsinnig erscheinen, da es zur Gewohnheit geworden ist, Populationen, deren Individuendichten einen bestimmten Schwellenwert zu überschreiten drohen oder bereits überschritten haben, erfolgreich mit Hilfe chemischer Mittel unter denselben wieder hinunterzudrücken (Abb. 1; Ziffer 2), ohne daß wesentliche Überlegungen hinsichtlich dieser äußerst widernatürlichen Eingriffe in gewisse harmonische Zusammenhänge von Lebensgemeinschaften und schließlich auch ihrer Folgen angestellt werden (Abb. 1; Ziffer 1, 3 u. 4).

Die Rückverfolgung eines solchen Entwicklungsprozesses führt in einen Bereich, der zunächst wenig Anhaltspunkte zum Ergreifen von Maßnahmen zu bieten scheint, mit denen der Prozeß der Massenentfaltung von Arthropoden-Arten aufgehalten oder gar von vornherein unterbunden werden könnte. Vor allem aber entzieht sich das Geschehen innerhalb dieses Bereiches, d.h. des Wechselspiels, das zwischen Populationen und Umwelt stattfindet (Abb. 2, W.), jeder detaillierten Schematisierung und damit auch der Entwicklung allgemeingültiger Modellvorstellungen mit wenigen festen Parametern, wie sie heute für Problemlösungen aufgrund ihrer relativ leichten Über- und Durchschaubarkeit als Hilfsmittel Bedeutung haben [27].

Der hier gemeinte Bereich (Abb. 2, W) ist dagegen ein von einer außerordentlichen Vielfalt an veränderlichen Parametern geprägter, und ein Vorgehen gegen die Massenentfaltung einer Arthropoden-Art hat u.a. auch stets den jeweils andersartigen, örtlichen Gegebenheiten Rechnung zu tragen.

Ist der Zusammenhang zwischen 'Schadorganismus' und 'Wirkstoff' bzw. Bekämpfungsmittel ein noch relativ leicht durchschaubarer und logisch erfaßbarer, so ist das Phänomen der Massenentfaltungen tierischer Organismen in seinen kausalen Zusammenhängen wesentlich unüber- und undurchschaubarer, auch wenn sich Massenentfaltungen der verschiedensten Arthropoden-Arten in ihrer Endphase, d.h. in der Masse am jeweiligen Ort auftretender Individuen, z.B. hinsichtlich ihrer lästigen Eigenschaften, gleichen [13]. Dahinter können sich jedoch sehr unterschiedliche Entwicklungsprozesse, Vermehrungsvorgänge und weitere Parameter biologischer Prägung verbergen, die der je Tierart eigenen Lebensdynamik sowie ihrem spezifischen Wechselspiel mit der Umwelt folgen (Abb. 2, W.). Zusätzlich sind immer lokal bedingte Einflüsse mit zu berücksichtigen.

So können, einseitig vom Aspekt ihrer lästigen Wirkung her betrachtet, Massenentfaltungen von so u n g l e i c h e n Insektenarten, wie *Drosophila funebris* (z.B. in klimatisierten Schweinemastbetrieben), *Monomorium pharaonis* (z.B. in Krankenhäusern), *Blattella germanica* (z.B. in Tierhaltungen, Großküchenbetrieben, Krankenhäusern), *Musca domestica* (z.B. in Viehställen) und *Aedes*-Species (in Freilandbiotopen, wie Erholungsgebieten), in ihren Endphasen sehr g l e i c h w e r t i g nebeneinander stehen.

Da Individuen von Populationen der genannten Insektenarten ursprünglich, d.h. im Normalfall, z.B. gegenüber den heute weltweit benutzten Phosphorsäureester "Chlorpyrifos" (syn. Dursban) zunächst alle empfindlich reagieren, so lassen sich auch anfänglich ihre Populationen mit Hilfe von Mitteln auf dieser Wirkstoffbasis sehr wohl reduzieren. Das "Resistenzphänomen" verhindert dann für gewöhnlich eine dauerhafte Verminderung erneut zunehmender Populationsdichten.

H i e r a u s w i r d d e u t l i c h , d a ß d e r I n s e k t i z i d a n w e n d u n g d a s G l e i c h f ö r m i g e d e s ä u ß e r e n E r s c h e i n u n g s b i l d e s d e r M a s s e n e n t f a l t u n g e n z u g r u n d e l i e g t .

Das gleichförmige, äußere Erscheinungsbild von Massenentfaltungen - bei o.g. Insektenarten mit lästigwerdender Eigenschaft -, kann in Bezug auf die "Eigenschaft" entsprechend den Gegebenheiten und der betreffenden Arthropoden-Arten variieren, je nachdem, ob z.B. der gesundheitsschädliche, pflanzen- oder pflanzengutzerstörende oder materialvernichtende Aspekt dominiert.

In der Endphase von Massenentfaltungen tritt in gewisser Gleichförmigkeit ein "Gewordenes" in Erscheinung, dem aber ein an Mannigfaltigkeit reiches "Prozeßhaftes" vorangegangen ist, auf das in einer kurzen Betrachtung der Entwicklung und Entwicklungsvoraussetzungen von o.a. Insektenarten hingewiesen sei:

Drosophila funebris

Voraussetzungen für die Entwicklung dieser 'Essigfliegenart' sind in Gärung befindliche, pflanzliche Stoffe, die offenbar auch in Vermischung mit Kot und Urin von Haustieren ein geeignetes Nährsubstrat für die Larven abgeben. Ein permanentes Überangebot an einem derartigen Nährstoffgemisch, wie es z.B. in klimatisierten Schweinezucht- und Schweinemästställen (gelegentlich auch in 'SPF'-Tierhaltungen!) bei Pelletfütterung anfallen kann, ist mit Grundlage für die Massenentwicklung von Larven dieser Fliegenart.

Für eine starke Raumbesiedlung durch die Geschlechtstiere (Imagines) dieser Fliegenart sind weniger Nährstoffe für die Adulten, als vor allem gleichmäßige, klimatische Bedingungen, wie bestimmte Temperatur-, Feuchtigkeits-, Licht- und Luftströmungsverhältnisse Voraussetzung. Durch solche äußeren, abiotischen Bedingungen, wie auch durch Duftkonzentrationen gärender Stoffe und von Haustieren ausgehende Transpirations- sowie Wärmekonzentrationsgefälle werden die bevorzugten Aufenthaltsplätze der Fliegen bestimmt und über die Sinneswahrnehmung von diesen gefunden.

So ist hervorzuheben, daß die Imagines von *D. funebris* über ein ausgeprägtes, allerdings spezifisches G e r u c h s w a h r n e h m u n g s v e r m ö g e n verfügen.

Liegen beide Komponenten, d.h. das Nährmedium für die Larven und das Raumklima einschließlich der Geruchsfaktoren für die Adulten räumlich unmit-

telbar beieinander, so beginnt die Massenentfaltung, wobei die 'Keimzelle' im Extremfall eine begattete, weibliche Imago sein kann.

Lästig werden lediglich die Geschlechtstiere, während die Larven wesentlich mit am Abbau der in Zersetzung befindlichen organischen Substanz beteiligt sind, und somit, wie alle Bodendipteren, wichtige Funktionen im Naturstoffwechselhaushalt übernehmen [15, 23], denn hier setzt durch die Fliegenlarven bereits im Stall eine Art der Vorkompostierung der anfallenden Abfallstoffe ein.

Monomorium pharaonis

Wie bei *Drosophila funebris*, so werden auch bei der Pharaoameise adulte Tiere lästig, nur sind solche bei Fliegen- und Ameisenarten nicht gleichartig zu bewerten. Sind bei Fliegen die Adulten geschlechtsbestimmte Tiere, so haben Ameisen außer solchen noch geschlechtsunbestimmte, die als 'Arbeiterinnen' bezeichnet werden, und sie sind es, die in Massen aufzutreten pflegen. Die Geschlechtstiere von *M. pharaonis* treten zum Zeitpunkt der Begattung nicht in Erscheinung, während sie bei anderen Ameisenarten zum Begattungsflug kurzfristig hervortreten und gegebenenfalls auch lästig werden können.

Bei Ameisenarten (sog. soziale Insekten) ist immer das "Volk" zu betrachten, niemals die Arbeiterin allein, die als Individuum lediglich ein Teilchen desselben darstellt. Das Ameisenvolk benötigt für seine Entwicklung Nisthöhlräume mit konstanten klimatischen Bedingungen, während Pharaoameisenarbeiterinnen derartige Räume verlassen, und auf Nahrungssuche sowie zur Wasseraufnahme in Bereiche einzudringen vermögen, deren mikro- und makroklimatischen Verhältnisse völlig andersartig sein können.

Die Ameisenlarven haben nicht die Möglichkeit der eigenen Bewegungsorientierung im Raum, bzw. innerhalb eines Substrates, sondern sie müssen bewegt, bzw. gepflegt werden. Analoges gilt auch für die weiblichen Geschlechtstiere, die allerdings bei *M. pharaonis* und ähnlichen Ameisenarten (z.B. *Iridomyrmex humilis*) mit zahlreichen 'Königinnen' im Volk, gelegentlich auch zwischen den auf Nahrungssuche befindlichen Arbeiterinnen außerhalb der Niststätten zu beobachten sind.

Für die Vermehrung sorgen, einmal begattet, wie bei den Dipteren, die weiblichen Geschlechtstiere, jedoch mit dem wesentlichen Unterschied, daß die weibliche Fliegen-Imago im Vergleich zur Ameisenkönigin kurzlebig ist und als Einzelindividuum eine unvergleichlich geringe Zahl an Eiern ablegt. Dieses ungleiche Verhältnis der Eizahlen pro Individuum beider Insektenarten wird durch die hohe Zahl der weiblichen Geschlechtstiere je Generation bei den Dipteren ausgeglichen.

Die Pharaoameisen sind aufgrund der Flugunfähigkeit ihrer weiblichen Geschlechtstiere nicht in der Lage sich aktiv über weite Entfernungen hin auszubreiten. Ihre Ausbreitung im Raum vermögen sie jedoch durch Abspaltung von

Zweigvölkern sicherzustellen. Solche Prozesse laufen bei *M. pharaonis* innerhalb nicht zugänglicher Bereiche der befallenen Gebäude ab.

Die 'Keimzelle' für die Entwicklung eines Ameisenvolkes ist stets nur ein begattetes weibliches Geschlechtstier. Bei *M. pharaonis* tritt die Variante der Vesselbständigkeit von Zweigvölkern auf.

Der Massenentfaltung geht bei geringem Anfangsbefall ein sehr langsamer Vermehrungsprozeß, möglicherweise über Jahre voraus, bis ein explosionsartig erscheinendes Massenaufreten von Arbeitstieren einsetzt. Die Individuenzahlen können dann Millionenhöhe erreichen!

Das 'soziale' Verhalten dieser Insektenarten ist geprägt durch die Verteilung von Aufgaben innerhalb eines Volkes auf Individuen einer Gruppe. So sind die Fähigkeiten der Arbeitstiere, feste Nahrungspartikel zwischen den Mandibeln zu halten und weiche sowie flüssige Nahrungstoffe in ihrem Kropf (Vormagen) aufzunehmen, bzw. zu speichern und ihr Verhalten, solche Nahrungstoffe über weite Wegstrecken zu transportieren, u.U. über den Vorgang der "Mundzumundfütterung" durch zahlreiche Individuen passieren zu lassen, hervorzuheben. Dieses **T r a n s p o r t v e r h a l t e n** ist ein Charakteristikum auch für *M. pharaonis*.

Blattella germanica

Obgleich die jeweilige 'Keimzelle' zur Massenentfaltung bei *D. funebris*, bei *M. pharaonis* und bei *Bl. germanica* ein begattetes weibliches Geschlechtstier ist, bzw. sein kann, so sind die beim Massenaufreten lästig werdenden Individuen hinsichtlich ihrer Stellung im Lebenszyklus und ihrer Funktion für die Artentfaltung wenig vergleichbar. Bei *D. funebris* sind es die männlichen und weiblichen Geschlechtstiere, bei *M. pharaonis* die geschlechtslosen Arbeitstiere und bei *Bl. germanica* außer den beiden Geschlechtern noch alle Jugendstadien. Dies hat zur Folge, daß z.B. bei einer Kontaktinsektizidanwendung die Larven der Fliegen, die Larven und die Geschlechtstiere der Ameisen (außerdem ein großer Teil der Arbeitstiere eines Volkes im Nest) und die in ihren 'Ruheräumen' verharrenden Individuen (Adulte und Jugendstadien) der Schaben sowie ihre Ootheken (besonders bei *Blatta orientalis*!) nicht mit erfaßt werden.

Für Schabenarten sind 'Ruheräume', d.h. engste Spalten oder Hohlräume tagsüber fast eine Lebensnotwendigkeit, die sich auf ihrem Bedürfnis nach Körperkontakt beim Ruheverhalten zurückführen läßt. In Abhängigkeit von den natürlichen Lichtverhältnissen im Raum wechseln Ruhe- und Aktivitätsphasen dieser Insekten in rhythmischer Folge. Bei Helligkeit verharren Schaben im Dunkeln und während dieser äußeren Ruhepause laufen Verdauungs- und Wachstumsprozesse ab.

Schaben kann man als "Wiederkäuer" im Insektenbereich bezeichnen, weil sie aufgenommene Nahrungspartikel im erweiterten Oesophagus speichern und ins-

besondere während der Ruhepause mit der Nahrungszerkleinerung beginnen. Erst beim Vorliegen eines homogenen Nahrungsbreis wird dieser schubweise in den Mitteldarm abgegeben. Anders als bei Säugetieren liegt hier das Kauorgan, der sog. Kaumagen, zwischen dem Oesophagus und dem Mitteldarm [1].

Im Gegensatz zum im Nisthohlraum befindlichen Ameisenvolk nehmen Schaben innerhalb ihrer Ruhehöhlräume keine Nahrung auf, sondern stets nur außerhalb solcher Aufenthaltsplätze, und zwar zu Zeiten ihrer nächtlichen Aktivitätsphasen [6, 21].

Die 'Keimzelle' für eine Massenentfaltung kann bei Schabenarten ein begattetes weibliches Geschlechtstier sein oder aber - besonders bei *Blatta orientalis* - auch eine eingeschleppte Ootheke, da sich in dieser Embryonen beider Geschlechter entwickeln. Mit einer solchen 'Keimzelle' ist, im Gegensatz zu der von Ameisen, in relativ kurzer Zeit die Massenentfaltung erreicht, sofern Nahrungs-, Raumklima- und Ruheraumverhältnisse optimale Entwicklungsvoraussetzungen bieten. So kann für *Bl. germanica* die Vermehrung explosionsartig erfolgen. Bei 30°C Raumtemperatur und hoher Luftfeuchtigkeit bringt ein weibliches Tier im Verlauf einer Legeperiode von etwa 40 Tagen sechs Ootheken mit je 35 Embryonen hervor. Die Entwicklung der schlüpfenden etwa 200 Jungtiere ist nach sechseinhalb Monaten beendet. Unter der Annahme, daß die Hälfte derselben weiblichen Geschlechts sind, die ebenfalls sechs Ootheken in einer Legeperiode erzeugen, sind nach einem weiteren halben Jahr rechnerisch etwa 21000 Tiere im Raum anwesend.

Ein bisher wenig beachtetes Verhalten bei Schabenarten ist ihr fast bewegungsloses Verharren tagsüber in sog. 'Ruheräumen', so daß hier von einem für Schaben charakteristischen **R u h e v e r h a l t e n** gesprochen werden kann.

Mustea domestica

Vom Prinzip her verläuft die Entwicklung von *M. domestica* analog zu der von *D. funebris* [16]. Dennoch finden sich im Verhalten der Adulten beider Fliegenarten Unterschiede. So zeigt sich bei *M. domestica* außer dem Geruchsauch ein ausgeprägtes **W ä r m e e m p f i n d u n g s v e r m ö g e n**.

Es sind Dipteren, die sich bevorzugt auf wärmeabstrahlende tierische Körper niederlassen oder entsprechende Materialien aufsuchen, wie u.a. von der Sonne beschienene und Wärme zurückstrahlende Holztüren oder gekalkte Mauern von Viehställen. So ist zu beobachten, wie sich die Masse dieser Fliegenindividuen an sonnigen, heißen Tagen gegen Mittag außerhalb der Stallungen an derartigen, wärmeexponierten Plätzen aufhält und zum Spätnachmittag wieder das Innere der Ställe aufsucht. Dort findet man sie frühmorgens vor Sonnenaufgang auf den Haustieren, an Wärmelampen und in all den Bereichen des Stallraumes bevorzugt in Ruhe sitzend, in denen gestaute Wärme vorherrscht, d.h. kein oder nur ein geringer Luftaustausch stattfindet.

Zu den Voraussetzungen für einen Massenaufenthalt von *M. domestica* im Raum gehören u.a. günstige raumklimatische Bedingungen, wobei es z.B. weniger auf eine hohe Luftfeuchtigkeit, als weit mehr auf Wärme in Kombination mit geringer Luftbewegung ankommt.

Da *M. domestica* unter den Fliegenarten zu den Pendlern gehört, die zwischen Innenraum und Raumumgebung wechseln, so ist hier häufig der Massenaufenthalt der Adulten von der Massenentwicklung der Larven räumlich zu trennen, denn letztere findet bevorzugt außerhalb des von den Adulten beflogenen Raumes statt. Raumhygiene im Sinne der Sauberhaltung bedeutet deshalb nicht unbedingt, daß derartige Räume zum Aufenthalt für *M. domestica* ungeeignet wären. Analoges trifft auch für Schaben zu.

Die 'Keimzelle' für ein Massenaufreten von *M. domestica* ist auch hier in der begatteten weiblichen Imago zu sehen, jedoch darf ein solches Individuum niemals für sich allein, aus der Population herausisoliert und von der natürlichen oder auch anthropogenen Umwelt getrennt beobachtet werden, soll das Phänomen der Massenentfaltung durchschaut werden.

Aedes-Species

Bedürfen die weiblichen Adulten von *M. domestica* der eiweißhaltigen Stoffe, wie solche u.a. in Milchprodukten für sie verwertbar vorhanden sind, zur Reifung der Ovarien, so benötigen Culiciden-Arten - bis auf wenige Ausnahmen - hierfür Blut. Theoretisch gesehen ließen sich durch *Aedes*-Arten hervorgerufene Stechmückenplagen verhindern, könnten ihnen die Blutspender (Wirtstiere einschließlich des Menschen) entzogen werden. Die 'Keimzelle' für eine Massenentfaltung ist hier weniger in der begatteten weiblichen Imago zu sehen, als eher in einer solchen, die Blut aufzunehmen vermochte.

Eine unabdingbare Voraussetzung für das Massenaufreten der Adulten ist das Vorhandensein von geeigneten Gewässern, in denen die larvale Entwicklung abzulaufen vermag. Die Annahme, daß flächenmäßig große und auch tiefe Gewässer aufgrund ihres großen Wasservolumens ideale Entwicklungsstätten für Culiciden-Larven seien, erweist sich als Irrtum, und die zunächst durchaus logisch erscheinende, einfache Kausalität: "Viel Wasser gleich viel Mückenlarven" entspricht nicht der Realität, weil die Verhaltensweisen von Culiciden durch andere Parameter bestimmt werden.

Ein solcher Parameter ist für *Aedes*-Arten in dem rhythmischen Wechsel des Wasserpegels, d.h. im Vorgang von Überflutung und im Extremfall der Austrocknung der Brutgewässer zu sehen [8, 12]. Im Folgen solcher oder evolutiv gesehen im Anpassen an solche natürlichen Rhythmen zeigt sich bei Mückenarten aus der Gattung *Aedes* ein bestimmtes **E i a b l a g e v e r h a l t e n** der weiblichen Adulten und ein bestimmtes **S c h l u p f v e r h a l t e n** der Eilarven. Beide Verhaltensweisen korrelieren insofern, als die Eiablage nie-

mals auf die Oberfläche eines stehenden oder fließenden Gewässers, sondern immer ins feuchte Erdreich erfolgt, und der Schlupfvorgang stets nur nach Überflutung dieser in bestimmten Bodenbereichen abgelegten Eier einsetzt, sofern bestimmte Wassertemperaturen erreicht sind.

Regulierung von Massenentfaltungen

Das Phänomen der Massenentfaltung würde niemals in Erscheinung treten, wäre es nicht innerhalb von Arthropoden-Arten veranlagt. Im Stoffwechselhaushalt der Natur erhält die große Tiergruppe der Arthropoden gerade aufgrund der Fähigkeit, Massenentfaltungen auf Individuenebene hervorzubringen, ihre funktionelle Bedeutung, die in der Evolution ihren Ursprung findet, so daß diesem Phänomen vom Grundsätzlichen her nichts Widernatürliches anhaftet.

Der Siedlungsbereich kann als ein funktionell ganzheitliches Gebilde erkannt werden, das sich aus "Raum, Mensch (Haustier) und Hygiene" zusammenfügt. Unter Hygiene sind in diesem Zusammenhang alle Maßnahmen zu verstehen, die Krankheiten verhüten, bzw. das Wohlbefinden bewirken oder gar steigern.

Das Bestreben, innerhalb des Siedlungsbereiches eine entsprechende Harmonie zwischen dem, was Raum, Mensch (Haustier) und Hygiene im Einzelnen sind, herzustellen, ist ein ständiger Prozeß, der leicht gestört werden kann. Analoges gilt auch für die Landschaft, dem Ökotopt als Ganzheit, im Zusammenwirken mit dem, was unter Landschaftshygiene zu verstehen ist [15].

Im Siedlungsbereich kann bereits dann von einer Störung des Ganzen gesprochen werden, wenn die Massenentfaltung von lästigen, plageerregenden oder krankheitsübertragenden Arthropoden stattgefunden hat. In der Landschaft ist diesbezüglich zwischen noch naturnahen Biotopen und Kulturgebieten streng zu unterscheiden, weil Massenentfaltungen von Arthropoden in Naturbiotopen nichts Widernatürliches sein müssen, im Gegensatz zu Kulturbiotopen. Werden dann zur Bekämpfung von in Massen vorhandenen Arthropoden bedenkenlos, bzw. ausschließlich chemische Mittel eingesetzt (heute häufig auch schon gegen besseres Wissen!), in der Annahme oder mit der Begründung, sie würden das Wohlbefinden steigern und seien der Gesundheit dienlich (im Ökosystem dem Naturstoffhaushalt [18]), so ist mit einer Verstärkung der Störung zu rechnen.

Im Gegensatz zur Insektizidanwendung, der das Gleichförmige des äußeren Erscheinungsbildes der Massenentfaltungen zugrunde liegt, können Maßnahmen, die in das Prozeßhafte eingreifen (dessen Endergebnis die Massenentfaltung sein kann), als naturgemäß bezeichnet werden, wie sie erstmalig von Iglisch [9, 10] als solche benannt und beschrieben worden sind.

"Naturgemäße Maßnahmen" in der Schädlingsbekämpfung finden zur "Biologischen Schädlingsbekämpfung" besonders dort ihre Abgrenzung, wo letztere mit Insektenpathogenen, wie Bakterien und Viren, als Krankheitserreger der Ziel-

organismen, analog zur "chemischen Schädlingsbekämpfung" verfährt, d.h. sich damit dem Prinzip der Anwendung und Ausbringung von 'Stoffen' nähert. Außerdem wird hierbei der Verhütungsgesichtspunkt nur wenig verfolgt, und die Endphase einer Massenentfaltung ist auch hier für gewöhnlich erst Auslöser des Handelns.

1. Reduzierung der Anwendung von Insektiziden

Es darf nicht verkannt werden, daß in der Schädlingsbekämpfung die Anwendung chemischer Mittel eine beherrschende Rolle einnimmt und für die Gewährleistung dessen, was im Pflanzen-, Material- und Gesundheitsschutz gefordert wird, derzeit unentbehrlich erscheint und vielfach auch noch ist. Weniger wahrgenommen werden aber die Abhängigkeiten und Folgeerscheinungen eines solchen Vorgehens, das analog dem eines Süchtigen vergleichbar ist, der in der Droge die einzige Möglichkeit zur Befriedigung seiner Bedürfnisse erkennt und daraus die Berechtigung ihrer ständigen Zuführung zieht, bzw. einer solchen dann auch bedarf.

In Erkennung von zunehmenden schädigenden Folgen durch den ausschließlichen Einsatz von Insektiziden ist bereits seit über einem Jahrzehnt an der Reduzierung der Anwendung chemischer Mittel gearbeitet worden. Im Konzept des "Integrierten Pflanzenschutzes" fanden diese Arbeiten begrifflich ihren Ausdruck. Für die Pflanzenschutzmittelindustrie war nach Franz [5] dieses Konzept, in das ihre Präparate zwar mit, aber nur als letzte Möglichkeit einbezogen werden, eine Herausforderung, die bisher nur von wenigen weitblickenden Firmen angenommen worden ist.

Ein dem "Integrierten Pflanzenschutz" entsprechendes Konzept ist für den Gesundheitsschutz bisher nicht entwickelt worden. Hier ist auch hinsichtlich einer Bekämpfungserfordernis zwischen lästigen und krankheitsübertragenden Arthropoden zu differenzieren [2]. Für Krankheitsüberträger wird die Tilgung als zu forderndes Ziel angestrebt, während Lästlinge dann noch toleriert werden, wenn ihre Populationsstärke einen bestimmten Schwellenwert nicht überschreiten, analog zum Schadschwellenprinzip im Pflanzenschutz. Allerdings wird im Gesundheitsschutz der Schwellenwert für das Auftreten von Lästlingen weniger ökonomisch als weit mehr psychologisch bestimmt.

Beim Massenaufreten von lästigen Arthropoden bestehen ähnlich wie im Pflanzenschutz Möglichkeiten zur Reduzierung der Aufwandmengen chemischer Mittel, sofern die Verhaltensweisen der Zielorganismen bei Bekämpfungsmaßnahmen Berücksichtigung finden. Für potentiell krankheitsübertragende Arthropoden trifft dies prinzipiell ebenso zu, nur daß hier die Tilgung der Gesamtpopulation eines Befallsherdes in möglichst kurzer Frist als zwingender Parameter in die Überlegung mit einbezogen werden muß.

1.1 Befallsminderung, bzw. -tilgung von *Drosophila funebris* in klimatisierten Schweinemastställen

Für die Fliegenbekämpfung hinsichtlich eines Befalls von klimatisierten Schweinemastställen durch *Drosophila funebris* bietet sich ein Verfahren an, das auf dem "Geruchswahrnehmungsvermögen" der Adulten dieser Insekten basiert. Flächenspritzungen mit Kontaktinsektiziden lassen sich vermeiden, wenn die Aufstellung von möglichst zahlreichen, kleinen Gefäßen, mit etwa 200 ml einer 10%igen Lösung eines trichlorfonhaltigen Mittels in Tafelessig, im Stall verteilt, tiernah möglich ist, ohne daß die Schweine die Behälter erreichen können. Von dem Essigeruch angelockt, werden die Gefäße von den Fliegen gezielt angefliegen und nach Aufnahme der Essig-Wirkstofflösung innerhalb des Bereiches derselben getötet. Entsprechend den Klimaverhältnissen im Stall müssen die Gefäße spätestens alle Woche lediglich mit billigem Essig aufgefüllt werden. Hierbei sind auch inzwischen ein- bis mehrfach ausgetrocknete Gefäße wieder voll funktionsfähig, weil sich das auskristallisierte Trichlorfon sofort wieder im nachgefüllten Essig löst.

Praktische Erfahrungen haben die Wirksamkeit dieses Verfahrens erwiesen, wobei sich die Mittelmengen gegenüber denen üblicher Flächenspritzungen um ein Vielfaches reduzieren ließen, bei gleichzeitiger kontaminationsfreier Ausbringung. Die Ergebnisse zweijähriger Versuche sind zur Publikation im Anzeiger für Pflanzenschutz, Schädlingsbekämpfung und Umweltschutz, Parey-Verlag, vorgesehen.

1.2 Befallstilgung von *Monomorium pharaonis* in Wohnungen

Die Bekämpfung von Ameisenvölkern im Wohnbereich, d.h. nicht die einzelner Individuen, ist biologisch dann eine sinnvolle, wenn entsprechenden Maßnahmen das "Transportverhalten" von Nahrungsstoffen der geschlechtslosen Arbeiterindividuen zugrunde gelegt wird [33].

Ein Schritt zur Mittelreduzierung ist jedoch erst dann vollzogen, wenn der Auslegung von Giftködern eine Befallserhebung vorausgegangen ist, die sich für *Monomorium pharaonis* mittels des "Leberstestes" immer erfolgreich durchführen läßt. Ohne Feststellung der annähernden Anzahl und Lokalisierung der Ameisenherde in einem befallenen Objekt (z.B. Krankenhaus) werden für gewöhnlich überall Giftköder ausgelegt oder zumindest auch dort, wo Ameisenarbeiterinnen gelegentlich gesichtet worden oder vereinzelt anzutreffen sind, ohne daß dabei das verschiedenartige Verhalten dieser 'Transporttiere' bei der Nahrungssuche, beim Wassereintragen und bei der Straßenbildung zu einer erkundeten und angenommenen Nahrungsquelle berücksichtigt wird.

Zu der im Zeitraum von 12 bis 18 Stunden fachkundig ausgelegten Leber, deren Gewebezellen aufgeschlossen sein müssen, werden in der Regel von den Ameisenvölkern Straßen gebildet. Aus der Zahl der Straßenbildungen kann annähernd auf die Anzahl der Völker geschlossen werden. Es genügt dann, an den von Ameisen belauften Köderplätzen die Leber gegen Giftköder auszutauschen.

Die Handhabung einer obligatorischen Ermittlung des Befallsumfanges ist ein Weg zur erheblichen Einsparung insektizidhaltiger Köder, die anderenfalls unnötig im Raum verbleiben und vermeidbare Kontaminationsquellen bilden. Das Ergebnis eines entsprechenden Praxisversuches in einem von *M. pharaonis* befallenen 200 Wohnungen umfassenden Hochhauses ist zur Publikation im "Praktischen Schädlingsbekämpfer", Verlag Eduard F. Beckmann KG, vorgesehen.

1.3 Befallstilgung von *Blattella germanica* in Räumen

Die Anwendung chemischer Mittel zur Bekämpfung von Schabenarten in Räumen ist heute dominierender Teil der Erwerbsquelle von Schädlingsbekämpfungsbetrieben. Die angewandten Verfahren sind ausschließlich darauf abgestimmt, Schaben während ihrer Aktivitätsphasen, d.h. außerhalb ihrer Versteckplätze bzw. "Ruheräume" mit Kontakt-, Atem und Fraßgiften zu erfassen, unter Zuhilfenahme sog. Austreibemitteln (z.B. Pyrethrum), die die Schaben veranlassen, ihre Ruheräume zu verlassen [21]. Trotz aller Bemühungen bei hohem Insektizideinsatz, vor allem durch Spritzverfahren, ist eine Abnahme von Schabenbefallsstellen im Siedlungsbereich weltweit nicht zu verzeichnen.

Ein Weg zur Insektizidreduzierung bei der Schabenbekämpfung besteht darin, das **R u h e v e r h a l t e n** von Schaben tagsüber (maximal 8 bis 12 Std.) innerhalb ihrer Schlupfwinkel zu nutzen. Durch sachgemäße, d.h. fachkundige Anbringung künstlicher, handhabbarer Versteckplätze vor ihren natürlichen im Raum gelingt es, bei Verwendung von insektizidhaltigen Lacken [4], sogar die Tilgung von Schabenpopulationen auch in schwierigen Fällen zu erreichen [26], bei gleichzeitiger Verminderung der üblichen Kontaminationsgefährdungen. Mit dem von Iglisch [20, 22] beschriebenen, in der Praxis erprobten "Plattenverfahren" wird somit eine Langzeitwirkung ohne obligatorische Langzeitanwendung bei minimalem, gezieltem Insektizideinsatz erreicht.

2. Verzicht auf Anwendung von Insektiziden

Der Gedanke an das Ziel eines Verzichtes auf den Einsatz von chemischen Schädlingsbekämpfungsmitteln wird solange berechtigt als Utopie abgetan, wie es nicht möglich ist, aus dem herauszugelangen, was anfangs als Eigengesetzlichkeit der 'Teufelsspirale' (Abb. 1 u. 2) dargestellt worden ist.

Hier gilt es Initiativen zu ergreifen, die ein Verlassen dieser 'Teufelsspirale' ermöglichen, um das verwirklichen zu können, was mit "Vorbeugendem Gesundheitsschutz" nur gemeint sein kann: "Vermeidung chemischer und analoger Schädlingsbekämpfungsmittel, nicht aber deren Anwendung!"

Derartige Initiativen verlangen zunächst eine Rückbesinnung auf das Grundphänomen: "Die Massenentfaltungen bei Arthropoden". Erst die Rückkehr zum Urphänomen und seiner Durchdringung führt zu neuartigen Erkenntnissen, mit deren Hilfe sich Wege eröffnen, wie in Zukunft Massenentfaltungen von Arthropoden dort verhindert werden können, wo sie sich im Siedlungsbereich schädigend auswirken, sie aber dort gefördert werden, wo sie für die Aufrechterhaltung des Naturstoffhaushaltes eine notwendige Voraussetzung sind.

2.1 Verhinderung einer Massenentwicklung von *Musca domestica* in Viehställen

Die Bekämpfung von Fliegenarten, wie *M. domestica*, ist ähnlich der Schabenbekämpfung eine Domäne der Chemie und zugleich ein weltweit ungelöstes Problem, weil sich die Resistenzspirale (Abb. 1, Ziffer 3) bei solchen Dipteren-Arten, die jährlich zahlreiche Generationen in kurzer Frist hervorbringen, äußerst rasch entwickelt.

Verfahren zur Fliegenbekämpfung, hier gegen *M. domestica*, auf der Basis chemischer Wirkstoffe, sind überwiegend an Verhaltensweisen der Imago ausgerichtet (Abb. 3), während sich die Anwendung von Larviziden bisher weniger gut hat durchsetzen können. Hygienische Verfahren beschränken sich auf der Sauberhaltung von Räumen, wodurch den Fliegenlarven zur Entwicklung die Nahrungsgrundlage, bzw. das Lebensmilieu teilweise entzogen wird ohne jedoch das Eindringen der Fliegen-Imagines in Räume verhindern zu können (Abb. 3). Hier wäre nur mit Gazevorrichtungen an Fenstern und Türen (schleusenartig) einigermaßen wirksam Abhilfe zu schaffen, sofern auf ständigen Einsatz von Insektiziden verzichtet werden soll.

Der Massenentfaltung von nicht parasitär lebenden Fliegenlarven sollte aufgrund ihrer Bedeutung, die sie für die Stoffumsetzungen im Naturhaushalt haben, grundsätzlich nicht entgegengewirkt werden, während das Massenaufreten, bzw. Massenansammlungen von Fliegen-Imagines, z.B. in Viehställen, durchaus ein regulatorisches Eingreifen erfordert. Hierfür bieten sich bauliche Maßnahmen an, die das "W ä r m e e m p f i n d u n g s v e r m ö g e n" von *M. domestica* mit berücksichtigen.

Weniger die Wahl der Baumaterialien, wie Wärmestrahlung abgebende, als weit mehr die Ausrichtung des Gebäudes, hier eines Viehstalles, zu den Himmelsrichtungen in nördlichen, klimatischen Breiten, ist für eine niedrige oder hohe Befallsdichte während der wärmeren Jahreszeit von Bedeutung.

Beispielsweise wurde auf dem Gelände einer Reitschule in geringer Entfernung eines alten Pferdestalles ein neuer errichtet (Abb. 4), der bereits im er-

sten Sommer nach seiner Fertigstellung und Inbetriebnahme eine vom alten Stall her niemals erlebte Fliegenbefallsdichte aufwies, die den Einsatz von chemischen Mitteln erforderte und für die folgenden Jahre zementierte. Wie aus der Situation dieses Praxisfalles eindeutig zu ersehen ist, hätte im neuen Stall ein obligatorischer Einsatz von Insektiziden vermieden werden können, wie er auch im alten Stall über Jahrzehnte hin niemals erforderlich gewesen war. Die Hauptgründe für den überaus starken Fliegenzuflug lagen in der Innenraumluft, des geringen, natürlichen Luftaustausches einschließlich zahlreicher, lokaler Bereiche, in denen sich warme Luft staute.

Die Ursache für die starke Lufterwärmung im neuen Stall lag in der Nord-südführung seines Dachfirstes, wodurch beide Dachhälften ganztägig von der Sonne beschienen wurden, während beim alten Stall mit seiner Ostwest-Dachfirstführung nur die nach Süden abfallende Dachfläche der Sonneneinstrahlung ausgesetzt war.

Diese um 90° gegeneinander abweichende Ausrichtung der Dachfirste beider Ställe zu den Himmelsrichtungen, betraf somit auch Eingänge (Tore) und Fenster der Giebelseiten. Da in diesem Gebiet die Hauptwindrichtung von West nach Ost führte, wurde die sich im alten Stall erwärmende Luft bei offenen Toren beider Giebelseiten schnell wieder abgeführt, während der neue Stall von der kühleren Außenluft nicht in gleichem Maße durchströmt werden konnte und es zum Stau der aufgeheizten Innenluft kommen mußte (Abb. 4).

Die Mißachtung solcher natürlichen Begrenzungsfaktoren für eine Massensammlung von *M. domestica* führt mit zum Zwang der dauerhaften Insektizidanwendung. Hier ist z.B. beim Bau von Aussiedlerhöfen im Zusammenhang mit Flurbereinigungsmaßnahmen baulich sehr viel versäumt worden. Analoges gilt für vollklimatisierte Schweinemastställe, die diesbezüglich mit hohen Energiekosten betriebene Fremdkörper innerhalb des Siedlungsbereiches darstellen und obligatorisch der Insektizidanwendung zur Niedrighaltung der Fliegenpopulationen bedürfen, mit kaum vermeidbarer Kontamination der Nutztiere.

2.2 Verhinderung einer Massenentfaltung von Aedes-Arten in Freilandbiotopen

Die fundiertesten Erfahrungen für eine insektizidfreie Verhinderung der Massenentfaltung von Arthropoden liegen zur Niedrighaltung von Populationen plagerregender Culiciden, wie Wald- und Wiesenstechmückenarten (*Aedes species*) in nördlichen, klimatischen Breiten vor. Die von Peus [28, 29] inaugurierten, seinerzeit jedoch kaum verstandenen und dadurch nicht aufgegriffenen wasserregulatorischen Maßnahmen zur Dezimierung von *Aedes*-Arten, die auf dem "E i a b l a g e v e r h a l t e n" der Adulten und auf dem "S c h l u p f v e r h a l t e n" der Eilarven im Zusammenhang mit rythmischen Pegelschwankungen der stehenden Brutgewässer beruhen, haben insofern an Bedeutung gewonnen, als sie ohne Anwendung von Insektiziden, bei

gleichzeitiger Erhaltung einer gesunden, wenn auch umgestalteten, so doch reizvollen Landschaft, verfahrenstechnisch durchführbar sind [9, 11, 12, 17].

Wenn auch heute den wasserregulatorischen Verfahren [30], worunter nicht solche der bloßen Entwässerung von Feuchtbiotopen verstanden werden dürfen [17], wesentlich mehr Verständnis und Interesse entgegengebracht werden, als noch vor 50 Jahren, so wird eine weite Realisierung derselben, von unbedeutenden Ansätzen abgesehen, vorerst noch durch Bestrebungen der "Biologischen Schädlingsbekämpfung" verhindert. Durch den weitestgehenden Verzicht auf den Einsatz von chemischen Mitteln gegen Aedes-Arten in der Bundesrepublik Deutschland, der nicht zuletzt aufgrund des zunehmenden Verständnisses für ökologische Zusammenhänge mit bewirkt wurde, wird nunmehr versucht, die entstandene Lücke, mit der Entwicklung und Anwendung von mikrobiologischen Präparaten auszufüllen [32]. Es wird jedoch hierbei übersehen, daß auch Exotoxine gammabestrahler, d.h. 100%ig inaktivierter Bakteriensporen oder möglicherweise auch insektenpathogene Viren, wie chemische Präparate, auf die verbleibende Eignung der Brutbiotope zur Massenentfaltung von Aedes-Arten keinen Einfluß haben. Dies hätte voraussichtlich den ständigen Einsatz mikrobiologischer Präparate zur Folge, denn auch hier lassen sich Resistenzen nicht von vornherein ausschließen, was vom Ansatz her keinen Unterschied zur Anwendung chemischer Mittel erkennen läßt.

Durch mikrobiologische Präparate mögliche, langfristig herbeigeführte Kontaminationsrisiken werden heute weitestgehend ausgeschlossen. Entsprechende Gegenargumente, die u.a. auf den bisher zu geringen Beobachtungszeitraum **k o n t r o l l i e r b a r e r**, mit Mikroorganismen und Viren behandelte Biotope verweisen, werden aufgrund bisher vorliegender kurzfristiger Untersuchungen als unbegründet bezeichnet.

Hieraus wird deutlich, daß auch Maßnahmen der "Biologischen Schädlingsbekämpfung" nicht dazu geeignet sind, das zu erreichen, was künftig notwendig sein wird, nämlich die Landschaftsneugestaltung als regulatorische Maßnahme zur Verhinderung der Massenentfaltung von Culiciden-Arten im Sinne eines "vorbeugenden Gesundheitsschutzes" [11, 19, 25].

Einen besonderen Stellenwert erhalten solche Maßnahmen heute bereits in den Gebieten, deren Raumstruktur von Erholungsgebieten geprägt ist und sich eine Insektizidanwendung aufgrund eingelagerter Natur- und z.B. auch Vogelschutzgebiete verbietet [19]. Hierzu liegen aus dem Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes praktisch orientierte Stellungnahmen aus den Jahren 1967 bis 1978 vor, die mit Genehmigung der Auftraggeber eingesehen werden können (vgl. Literaturanhang).

Literatur

1. Beier, M.: Blattariae (Schaben). Walter De Gruyter, Berlin - New York, Handb. Zool. 4(2) 2/13, Lfg. 22 (1974) 1 - 127
2. BSeuchG: Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung übertragbarer Krankheiten beim Menschen in der Neufassung vom 18.12.1979 BGBl. I (1979) S.2262
3. Cramer, H.H.: Insekten und Insektizide in der menschlichen Umwelt. In Döhring und Iglisch: Probleme der Insekten- und Zeckenbekämpfung. Erich Schmidt-Verlag, Berlin (1978) 59 - 71
4. Entwesungsmittelliste: Liste der vom Bundesgesundheitsamt geprüften und anerkannten Entwesungsmittel und -verfahren zur Bekämpfung tierischer Schädlinge (Gliedertiere: Arthropoden) Bundesgesundhbl. 26 (1983) 176 - 184
5. Franz, J.M.: Hindernisse bei der Verwirklichung des Integrierten Pflanzenschutzes. Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. 4 (1983) 159 - 165
6. Fuchs, M.E.A., Greib, A. und Sann, G.: Tagesrhythmik, Aktivitätshöhe und Aktivitätsmenge bei der Orientalischen Schabe (*Blatta orientalis*). Z. angew. Ent. 94 (1982) 42 - 45
7. Hoffmann, G.: Prüfung von Entwesungsmitteln auf Brauchbarkeit nach dem Bundes-Seuchengesetz. In Aurand, Seifert u. Wegner: Luftqualität in Innenräumen. G. Fischer Verlag, Stuttgart - New York (1982) 349 - 357
8. Iglisch, I.: Stechmückenplagen in Großstädten. Teil I: Zur Lebensweise der Stechmücken und zur Prognose eines Massenauftritts. Bundesgesundhbl. 14 (1971) 53 - 60
9. Iglisch, I.: Schädlingsbekämpfung bei Erhaltung einer gesunden und reizvollen Erholungslandschaft am Beispiel des Stechmückenproblems. Anz. Schädlingskd. Pflanzen - Umweltschutz 47 (1974) 161 - 165
10. Iglisch, I.: Ein naturgemäßes Verfahren zur Bekämpfung von Stechmücken (Diptera: Culicidae). Z. angew. Ent. 77(4) (1975) 346 - 347
11. Iglisch, I.: Das landschaftsgestaltende Element in der Schädlingsbekämpfung am Beispiel des Stechmückenproblems im Oberrheingebiet. Anz. Schädlingskd. Pflanzen- u. Umweltschutz 48 (1975) 91 - 95

12. Iglisch, I.: Stechmücken in unserer Landschaft. Mitt. dtsh. ent. Ges. 34 (1976) 73 - 83
13. Iglisch, I.: Ökologie als Basis der Insektenbekämpfung. In Döhring u. Iglisch: Probleme der Insekten- und Zeckenbekämpfung. Erich Schmidt Verlag, Berlin (1978) 148 - 156
14. Iglisch, I.: Insektizide zur Bekämpfung von Stechmücken (Culicidae) im Freiland. In Döhring u. Iglisch: Probleme der Insekten- und Zeckenbekämpfung. Erich Schmidt Verlag, Berlin (1978) 76 - 79
15. Iglisch, I.: Landschaftshygienische Probleme bei Massenentfaltungen von tierischen Schädlingen. Natur u. Landschaft 55 (1980) 286 - 290
16. Iglisch, I.: Gemeinsamkeiten von Fliegenarten in Viehhaltungen als Grundlage für den Einsatz von sinnvollen Bekämpfungsverfahren. Der Prakt. Schädlingsbekämpfer 32 (1980) 101 - 105
17. Iglisch, I.: Zur Ökologie und über Methoden in der Stechmückenbekämpfung. Anz. Schädlingskd. Pflanzenschutz, Umweltschutz 53 (1980) 1 - 5
18. Iglisch, I.: Schutz des Naturhaushalts im Chemikaliengesetz angesprochen. Umschau i. Wissenschaft u. Technik 80(15) (1980) 479
19. Iglisch, I.: Praktische Maßnahmen zur Bestandsregulierung von Stechmücken (Culicidae) mit wasserbaulichen Maßnahmen am Beispiel von Sylt. Z. angew. Zoologie 68 (1981) 231 - 247
20. Iglisch, I.: Ein neues Verfahren zur Tilgung von Schaben (Blattidae) mit insektizidhaltigem Lack in Tierhaltungen unter Vermeidung der Kontamination des Tier- Viehbestandes. Bundesgesundhbl. 26 (1983) 157 - 161
21. Iglisch, I.: Zur Möglichkeit der Bekämpfung von Schaben (Blattidae) am Ort ihrer Ruhephase. Der Prakt. Schädlingsbekämpfer 35 (1983) 73 - 78
22. Iglisch, I.: Schädlingsbekämpfung im Krankenhaus. In Steuer: Krankenhaushygiene, 2. Auflg. Gustav Fischer Verlag Stuttgart - New York, (1983) 279 - 286

23. Iglisch, I. u. Hansen, P.-D.: Entwicklung von Testmodellen zur Prüfung der Toxizität von Umweltchemikalien an terrestrischen Tieren unter Bedingungen im Laboratorium und im Feldversuch. Umweltbundesamt, Berlin, Forschungsbericht 10703014 (1983) 1 - 239
24. Klemp, M.: Eine Neuentwicklung für Grobwanwender. - Interview mit Dr. W. Behrenz, Leiter der Biologischen Forschung für den Bereich Haushalt, Hygiene und Vorratsschutz der Bayer A.G. - Der prakt. Schädlingsbekämpfer 35 (1983) 188 - 189
25. Kriegerowski, L.: Die Dezimierung von Stechmücken mit landschaftsgestaltenden Maßnahmen am Beispiel eines (West)-Berliner Feuchtgebietes. Natur u. Landschaft 55 (1980) 291 - 295
26. Muhr, A.C.: Existenzgefährdung eines Schweinemastbetriebes durch *Blattella germanica*. SWISS VET 1 (1984) 47 - 52
27. Müller, P.: Populationsbiologische Aspekte der Arthropodenbekämpfung. Angew. Parasitol. 24 (1983) 76 - 86
28. Peus, F.: Die Stechmückenplage im Spreewald und die Möglichkeiten ihrer Bekämpfung. Z. Gesundheitstechnik und Städtehygiene 24 (1932) 133 - 142 u. 181 - 202
29. Peus, F.: Die Stechmückenplage und ihre Bekämpfung. II. Teil. Die *Aedes*-Mücken. Z.f. Hygienische Zoologie 32 (1940) 49 - 79
30. Peus, F.: Die "Rheinschnaken" (Diptera, Culicidae), Arten, Lebensweise, Ökologie, Massenfaltung, Gegenwehr. Z.f. Angew. Zoologie 62 (1975) 231 - 242
31. Sagner, G. u. Schöndube, M.: Bestimmung und toxikologische Bewertung von Dichlorvos-Raumluft-Konzentrationen nach Ausbringung von Nebelmitteln. In Aurand, Seifert u. Wegner: Luftqualität in Innenräumen, G. Fischer Verlag, Stuttgart - New York (1982) 359 - 368
32. Schnetter, W., Engler-Fritz, S., Aly, C. u. Becker, N.: Anwendung von *Bacillus thuringiensis*-Präparaten gegen Stechmücken am Oberrhein. Mitt. dtisch. Ges. allg. angew. Ent. 4 (1983) 18 - 25
33. Sy, M.: Die Pharaoameise - eine gefährliche Ungezieferart im Lebensmittelbetrieb. Schriftenreihe Schweiz. Ges. f. Lebensmittelhygiene 2 (1974) 47 - 53

Literaturanhang "Stellungnahmen zur Stechmückenbekämpfung ohne Anwendung von Insektiziden"

Iglisch, I.: Gutachtliche Äußerung zur Stechmückenplage in dem Naturpark Kotenforst und zu ihrer Bekämpfung. Im Auftrag des Ordnungsamtes Duisburg, Akz. 8464 - BIB - C208/67 (1967)

Iglisch, I.: Bericht über die Besichtigung des Gebietes "Langelage" hinsichtlich des Auftretens von plagerregenden Stechmücken und Bremsen. Im Auftrag der Gutsverwaltung Langelage, Akz. 8483 - BIB - C33/74 (1974)

Iglisch, I.: Bericht über den gegenwärtigen Stand des Stechmückenproblems im Oberrheingebiet und über Möglichkeiten zur Bekämpfung von Stechmücken. Im Auftrag des Ministeriums für Soziales, Gesundheit u. Sport Rheinland-Pfalz Akz. 8464 - BIB - C93/74 (1974)

Iglisch, I.: Stellungnahme zum Problem der Schnakenbekämpfung im Oberrheingebiet. Im Auftrag des BMI, Akz. 8464 - BI9 - C56/76 (1976)

Iglisch, I.: Stellungnahme zur großräumigen Stechmückenbekämpfung in der Oberrheinebene aus rechtlicher und ökologischer Sicht. Im Auftrag des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt Baden-Württemberg Akz. 8464 BI9 - C 63/76 (1976)

Iglisch, I. u. Döhring, E.: Stellungnahme zur großräumigen Stechmückenbekämpfung im oberen Rheintal zwischen Karlsruhe und Worms und zu Gesundheitsschäden durch die dabei in Aussicht genommenen chemischen Mittel. Im Auftrag des BMJFG Akz. 8460 - BI10 - C 116/76 (1976)

Iglisch, I.: Bericht über die Besichtigung von Radolfzell am Bodensee und seiner Umgebung am 10. bis 14. Mai 1976 hinsichtlich des Vorkommens von plagerregenden Stechmücken und ihrer Bekämpfung. Im Auftrag der Stadt Radolfzell Akz. 8464 - BI9 - C76/76 (1976)

Iglisch, I.: Bericht über die Besichtigung von Westerland auf der Nordseeinsel Sylt und seiner Umgebung vom 16. bis 20. Juli 1977 hinsichtlich der Massentwicklung von Stechmücken und ihrer Bekämpfung. Im Auftrag der Ordnungsbehörde Stadt Westerland Akz. BI9 - 8464 - C136/77 (1978)

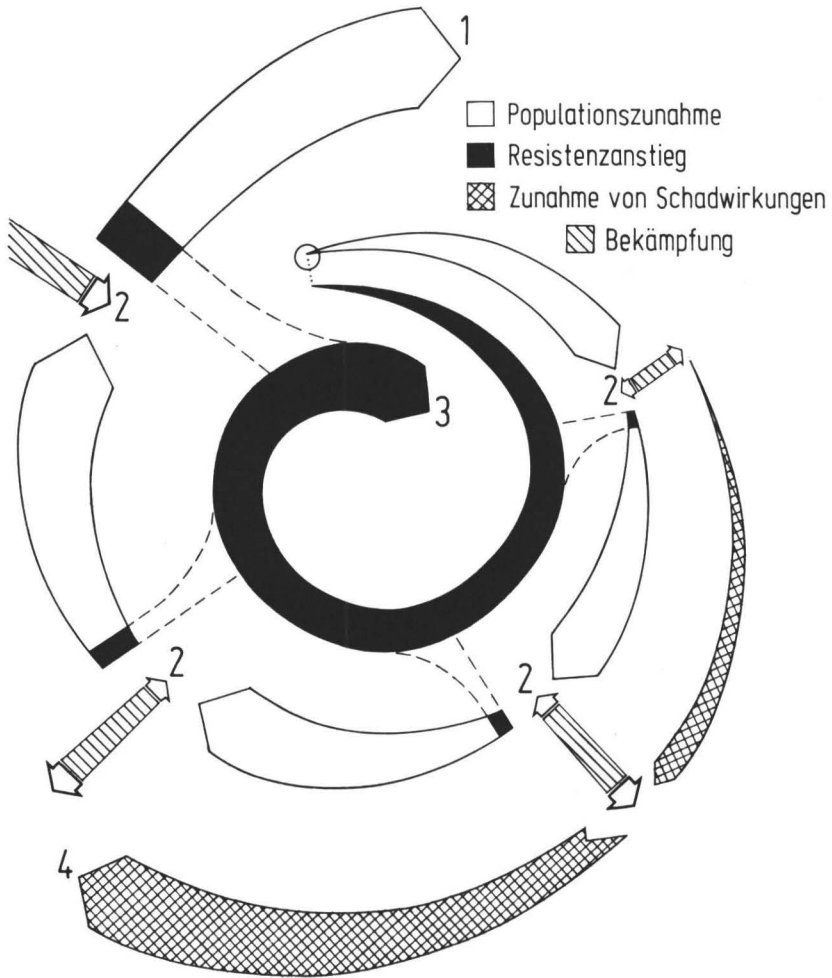


Abb. 1: 'Teufelsspirale' der Zunahme von resistenten Schädlingspopulationen, chemischen Präparaten und schädlichen Wirkungen derselben.

- 1 = Zunahme der Populationsstärke von Schadorganismen je Generation
- 2 = Zunahme an chemischen Präparaten durch ständige Bekämpfungsmaßnahmen
- 3 = Zunahme der Resistenz zu bekämpfender Schadorganismen
- 4 = Zunahme an schädlichen Wirkungen durch chemische Präparate

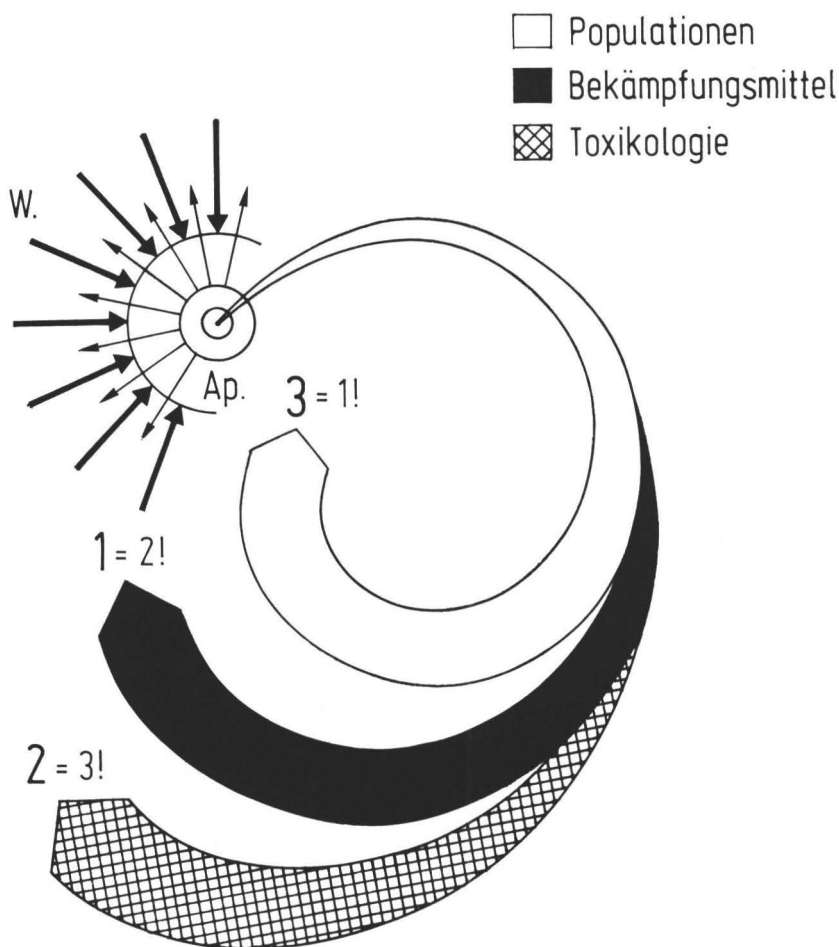


Abb. 2: 'Teufelsspirale' der Zunahme von Bekämpfungsmitteln und toxikologischen Aufwendungen

- 1.(=2!) = Zunahme an Bekämpfungsmitteln, derzeit in 1. Priorität
 - 2.(=3!) = Zunahme toxikologischer Aufwendungen, derzeit in 2. Priorität
 - 3.(=1!) = Zunahme der Dichte von Schädlingspopulationen, derzeit in 3. Priorität
- W = Wechselspiel zwischen Population und Umwelt je Tierart
 Ap = Ausgangspunkt der Zunahme an Individuen einer Population

BAULICHE VERÄNDERUNGEN

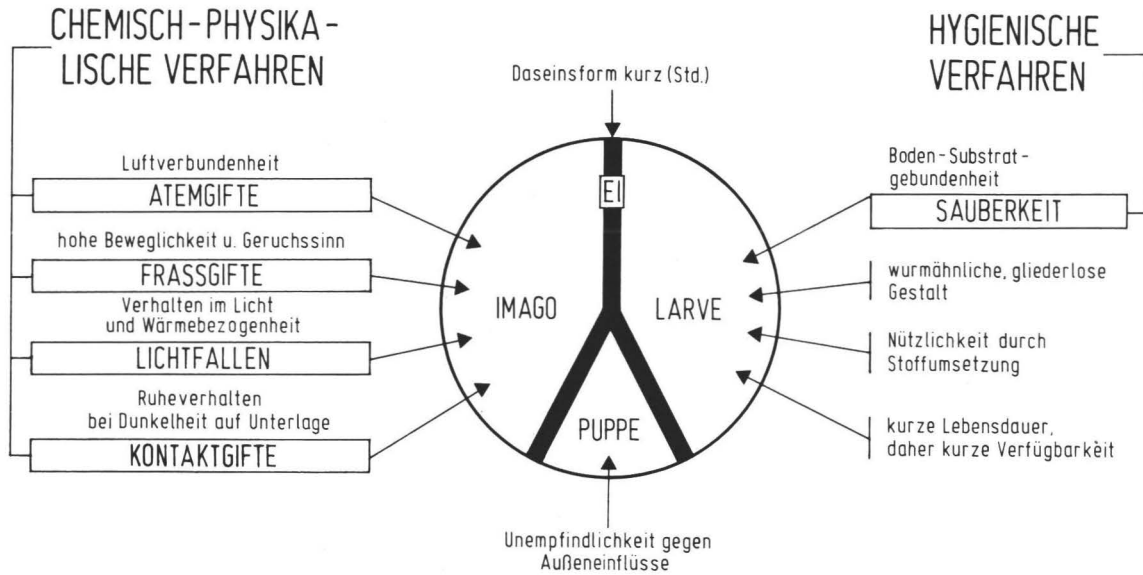
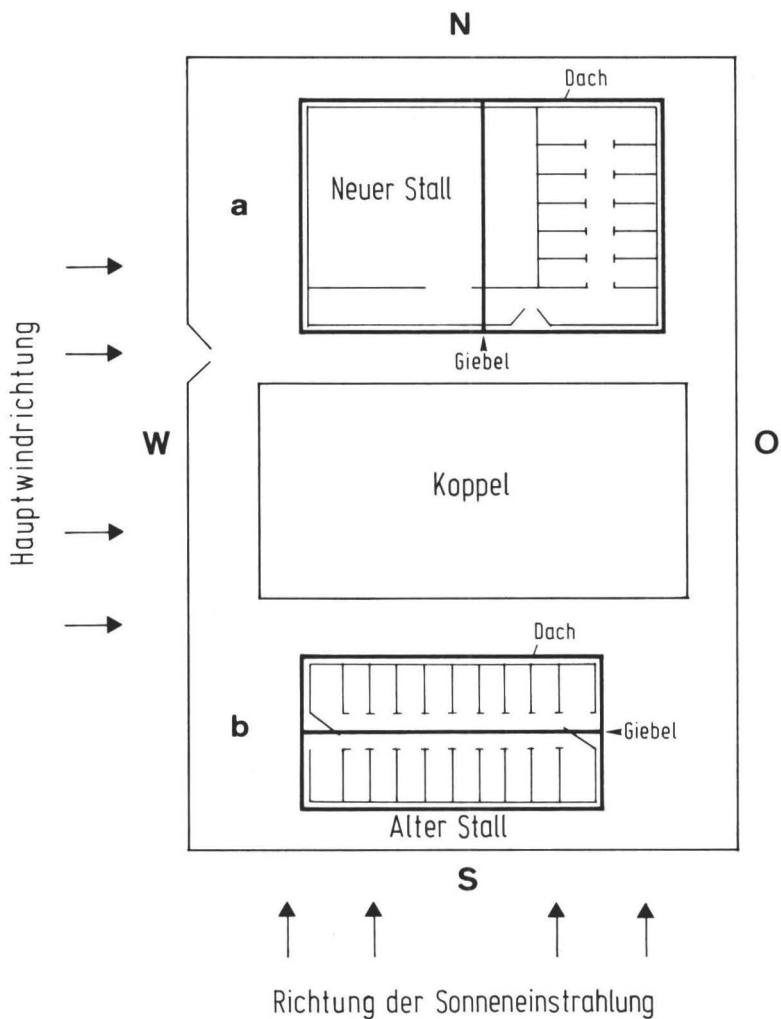


Abb. 3: An Lebensäußerungen von Musca domestica orientierte Bekämpfungsmaßnahmen



a = starker Fliegenbefall

b = geringer Fliegenbefall

Abb. 4: Zur unterschiedlichen Ausrichtung der Dachfirste zweier Pferdeställe zu den Himmelsrichtungen sowie zur Hauptwindrichtung hinsichtlich eines niedrigen oder starken Befalls von *Musca domestica*

Kann Umweltlärm die Gesundheit gefährden?

H. Ising

Einführung

Mehr als 20% der mitteleuropäischen Bevölkerung werden durch Lärm stark belästigt.

Die psychischen Belästigungsreaktionen - z.B. Anspannung, Aggressivität, Resignation u.a. - sind von biochemischen und physiologischen Streßreaktionen begleitet. Das Lärmwirkungsschema Abbildung 1 zeigt die Wirkungszusammenhänge, die wir innerhalb von 10 Jahren an Menschen und Versuchstieren nachweisen konnten.

Psychischer Lärmstreß führt zu einer erhöhten Freisetzung verschiedener Hormone - z.B. Adrenalin und Noradrenalin. Die biochemischen Streßreaktionen verringern die Durchmesser der kleinen Blutgefäße und häufig auch die Pumpleistung des Herzens. Je nach dem Verhältnis dieser beiden Effekte zueinander, kann der Blutdruck konstant bleiben, ansteigen oder fallen. Langfristig kann besonders bei entsprechend veranlagten Personen die Gefahr für chronischen Bluthochdruck und andere Herzkreislaufkrankheiten erhöht werden [2, 7].

Experimentelle Befunde

Hormonfreisetzung und Blutdruck

Im folgenden wird dieses Wirkungsschema anhand einiger Ergebnisse aus Untersuchungen an Menschen belegt. Abb. 2 zeigt Reaktionen von 41 gesunden Männern auf Verkehrslärm mit 60 dB (A) Dauerschallpegel [6]. Diese Gruppe wurde während einer Fortbildungsveranstaltung zwei Tage lang untersucht, wobei an einem Tag der Verkehrslärm über Lautsprecher eingespielt wurde. Der Lärm bewirkte eine schnellere Ermüdung bei gleichzeitiger Erhöhung der psychischen Gespanntheit. Die Noradrenalinausscheidung wurde signifikant erhöht.

Die Blutdruckänderungen unter Lärmbelastung waren sowohl positiv als auch negativ.

Um die Blutdruckreaktionen zu erklären, werden in Abb. 3 die Reaktionen von Patientinnen im Alter von etwa 70 Jahren auf Verkehrslärm mit 65 dB (A) Mittelungspegel gezeigt [6].

Aufgetragen sind die Zeitverläufe des systolischen und diastolischen Blutdruckes am Kontrolltag und am Tag mit Lärmbelastung. Die dargestellten Beispiele zeigen oben 3 Patientinnen mit deutlichen Blutdruckanstiegen unter Lärm. Im unteren Teil sind drei Beispiele mit deutlichen Blutdruckabfällen demonstriert. Das Histogramm zeigt die systolischen Blutdruckdifferenzen: Blutdruckmittelwert am Kontrolltag minus Langzeitmittelwert und Mittelwert am Lärmtag minus Langzeitmittelwert. Das Histogramm des Lärmtages ist deutlich breiter als das des Kontrolltages. Das heißt, am Lärmtag treten sowohl starke Blutdruckabfälle als auch starke Blutdruckanstiege auf.

Diese Untersuchungen zeigen, daß Verkehrslärmimmissionen bei einem Teil der Bevölkerung zu deutlichen Blutdruckreaktionen führen. Die Blutdruckveränderungen sind aber nicht einheitlich, so daß die Bildung eines Gruppenmittelwertes diese Effekte teilweise verdeckt. Nach unseren Erfahrungen tendieren mehr Männer als Frauen zu Blutdruckanstiegen. Bei der Tendenz zu Blutdruckabfällen überwiegen die Frauen. Personen, die unter Lärmbelastung zu aggressivem Verhalten neigen, scheinen eher mit Blutdruckanstieg zu reagieren, während Resignation eher mit Blutdruckabfall verbunden zu sein scheint.

Ein erheblicher Teil der widersprüchlichen Ergebnisse der Literatur über lärmbedingte Blutdruckreaktionen ist auf folgenden methodischen Unterschied zurückzuführen: Bei Angabe von Gruppenmittelwerten des Blutdruckes ist häufig kein statistisch gesicherter Lärmeffekt nachweisbar; wird dagegen der Prozentsatz der Personen mit Bluthochdruck bestimmt, so konnte überwiegend eine lärmbedingte Erhöhung der Hypertonierate nachgewiesen werden [6].

Mineralstoffwechsel

Die endokrinen Streßreaktionen (Hormonfreisetzung) stehen in einer Wechselwirkungsbeziehung zu Elektrolytstoffwechseländerungen. Unter Streß steigt in den Blutgefäßwänden und im Herzen der Kalziumgehalt, während der Magnesiumgehalt sinkt. Dadurch wird kurzfristig die extrazelluläre Magnesiumkonzentration erhöht, ein Effekt, der die Vasokonstriktion dämpft. Da hierbei aber verstärkt Magnesium ausgeschieden wird, verliert der Körper bei chronischer Lärmbelastung zunehmend die Fähigkeit zu dieser streßdämpfenden Magnesiumfreisetzung. Andererseits bewirkt die Erhöhung der Kalziumkonzentration in den Gefäßmuskeln eine Verstärkung und Verlängerung der gefäßverengenden Wirkung von Streßhormonen.

Der Magnesiumverlust bei Lärmbelastung wurde an 57 jungen Männern nachgewiesen, die zwei Tage lang bei Lötarbeiten untersucht wurden. An einem Tag wurde Verkehrslärm über Lautsprecher mit 85 dB (A) Dauerschallpegel wiedergegeben. Wie in Tab. 1 dargestellt, nahm der intrazelluläre Magnesium-Gehalt - in den Erythrozyten - ab, die extrazelluläre Magnesium-Konzentration - im Blutserum - stieg, und die Magnesium-Ausscheidung im Urin erhöhte sich um 15% [3].

Abb. 4 zeigt, daß bei so veränderten intrazellulären Elektrolyten die gleiche Lärmbelastung zu erhöhten Hormonfreisetzungen und Blutdruckreaktionen führt. Eine Gruppe von Lärmarbeitern wurde zwei Tage lang untersucht, wobei sie an einem Tag Gehörschützer trug. Die ohne Lärmschutz erhöhten Noradrenalin- und Blutdruckwerte der Gesamtgruppe sind in der Bildmitte dargestellt. Die oben dargestellten Reaktionen der Teilgruppe mit hohem Magnesium-Gehalt in den Erythrozyten sind deutlich geringer als die unten dargestellten Lärmreaktionen der Teilgruppe mit geringerem intrazellulärem Magnesium-Gehalt [4].

In Abb. 5 wird gezeigt, wie bei Noradrenalininjektion die Blutgefäße einer Ratte und eines Menschen mit solchen intrazellulären Elektrolytverschiebungen reagieren. Die Kurve (A) zeigt die Blutdruckreaktion einer 12 Wochen lang lärm-belasteten Ratte. Bei dem Kontrolltier, Kurve (B), fällt der Blutdruck wesentlich schneller ab als bei dem belasteten Tier.

Die Kurve (C) rechts oben zeigt den Gefäßwiderstand eines Menschen ohne Magnesium-Behandlung, während die untere Kurve (D) unter Magnesium-Infusion gemessen wurde. Es ist deutlich zu erkennen, daß die extrazelluläre Magnesium-Zunahme die Gefäßreaktionen dämpft und eine schnellere Rückkehr zum Ausgangswert bewirkt.

Langfristige Gesundheitsgefahr

Tierexperimentell konnten wir zeigen, daß Mg-Mangel und Lärmbelastung die beschriebenen Elektrolytverschiebungen im Herzen und in der Gefäßmuskulatur verursacht - siehe Abb. 6 [5]. Altura et al. [1] wiesen an chronisch belasteten Versuchstieren eine signifikante Verringerung der Durchmesser von Arteriole-n und Venolen nach, die zu einer chronischen Erhöhung des Blutdruckes (Mittel-druck) um 20 - 30 mm Hg führte - siehe Abb. 7.

Chronischer Bluthochdruck ist bekanntlich einer der wichtigsten Risikofaktoren für Herzinfarkt und andere Herz-Kreislaufkrankheiten. Nach Stamler und Epstein [8] führt eine Erhöhung des diastolischen Blutdruckes von 80 ± 5 mm Hg auf 90 ± 5 mm Hg zu einer Zunahme der Herzinfarktrate um 67% bei 30 bis 59jährigen Männern - siehe Abb. 8. Deshalb kommt auch einer möglicherweise geringfügigen lärmbedingten Erhöhung des Blutdruckes bei einem Teil der Bevölkerung erhebliche gesundheitspolitische Bedeutung zu.

Um die langfristigen gesundheitlichen Auswirkungen von Lärmbelastung quantitativ zu erfassen, erheben wir die Lärmbelastung im Rahmen einer prospektiven kardiovaskulären Studie des Medical Research Council in Cardiff - Abb. 9 - bei der an über 4000 Männern innerhalb von sechs Jahren die Morbidität und Mortalität zusammen mit einer großen Anzahl von Risikofaktoren erhoben wird. Mit ersten Korrelationsergebnissen zwischen Lärmbelastung und Risikofaktoren kann 1985 gerechnet werden.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß langfristige psychische Lärmbelastigungen für einen Teil der Bevölkerung eine Gesundheitsgefahr darstellen, deren Ausmaß z.Z. noch nicht abgeschätzt werden kann.

Literatur

1. Altura, B.M., Altura, B.T., Gebrewold, A., Ising, H., Günther, T.: Magnesium deficiency can induce hypertension: Correlation to microcirculatory changes in situ. *Science*, Vol 223 (1984) 1315 - 1317
2. Eiff, A.W.v. und Neus, H.: Verkehrslärm und Hypertonie-Risiko. *Münch. med. Wschr.* 122 (1980) 24, 894 - 896
3. Ising, H., Dienel, D., Günther, T., Markert, B.: Health effects of traffic noise. *Int. Arch. Occup. Environ Health* 47 (1980a) 179 - 190
4. Ising, H., Günther, T., Melchert, H.U.: Nachweis und Wirkungsmechanismen der blutdrucksteigernden Wirkung von Arbeitslärm. *Zentralblatt Arbeitsmed.* 30 (1980b) 6, 194 - 203
5. Ising, H., Günther, T., Handrock, M., Michalak, R., Schwarze, J., Vormann, J., Wüster, G.-A.: Magnesium und Lärmwirkungen. *Magnesium-Bulletin* 1a (1981) 155 - 164
6. Ising, H.: Streßreaktionen und Gesundheitsrisiko bei Verkehrslärmbelastung. *WaBoLu-Bericht 2/1983*, D. Reimer Verlag, Berlin
7. Schulze, B., Ullmann, R., Mörstedt, R., Baumbach, W., Halle, S., Liebmann, G., Schnieke, Chr., Gläser, O.: Verkehrslärm und kardiovaskuläres Risiko - Eine epidemiologische Studie. *Dt. Gesundh.-Wesen* 38 (1983) H. 15, 596 - 600
8. Stamler, J. and Epstein, F.: Coronary heart disease: Risk factors as guides to preventive actions. *Prev. med.* 1 (1972) 27

Tabelle 1 Änderungen der angegebenen Lärmwirkungsparameter während 7-stündiger Arbeit von 57 Testpersonen in Ruhe und bei Verkehrslärm (Leq = 85 dB (A)).



Parameter	Lärmwirkung
Psychische Spannung	+ 0,5 Grad auf 5-stufiger Skala ⁺⁺⁺
Adrenalin	+ 27 % ⁺⁺
Noradrenalin	+ 8,5 %
c - AMP	+ 4,3 % ⁺
Ery - Mg	- 1,5 % ⁺
Serum - Mg	+ 2,4 % ⁺⁺
Urin - Mg	+ 15 % ⁺⁺

Signifikanzniveaus (Wilcoxon Test)

+ = 5 %; ++ = 1 %; +++ = 0,1 %

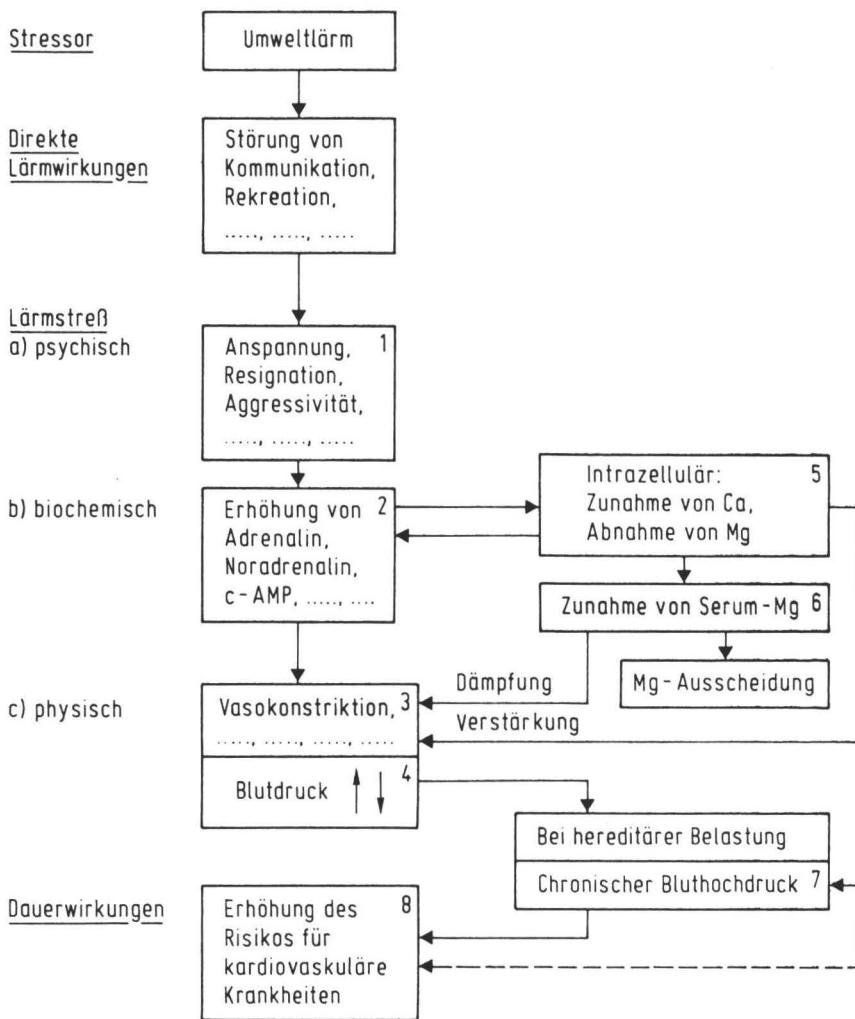


Abb. 1: Lärmwirkungsschema

Die Ziffern auf den folgenden Abbildungen zeigen die jeweils untersuchten Wirkungszusammenhänge

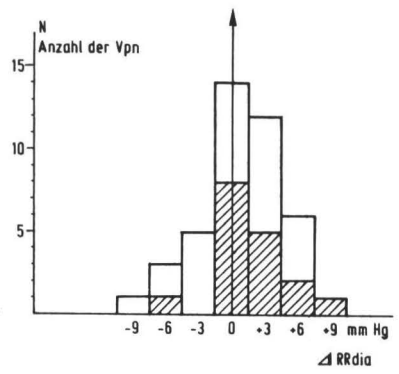
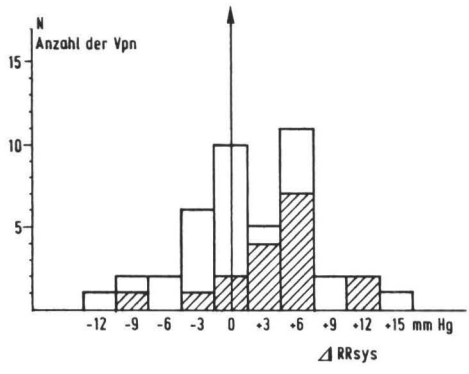
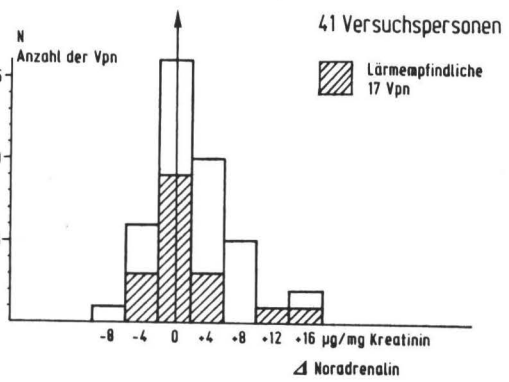
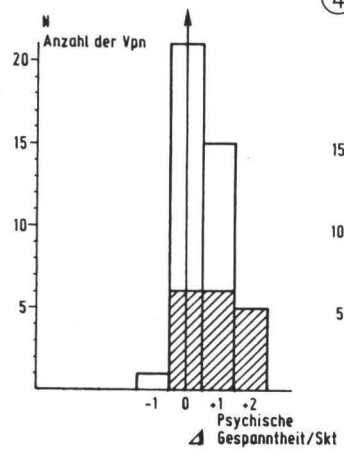
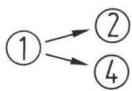


Abb. 2: oben Häufigkeitsverteilungen der lärmbedingten (60 dB(A)) Änderungen der psychischen Gespanntheit und der Noradrenalinausscheidung
unten Häufigkeitsverteilungen der Blutdruckänderungen bei Unterricht mit 60 dB(A)-Verkehrslärm bezogen auf den ungestörten Unterricht

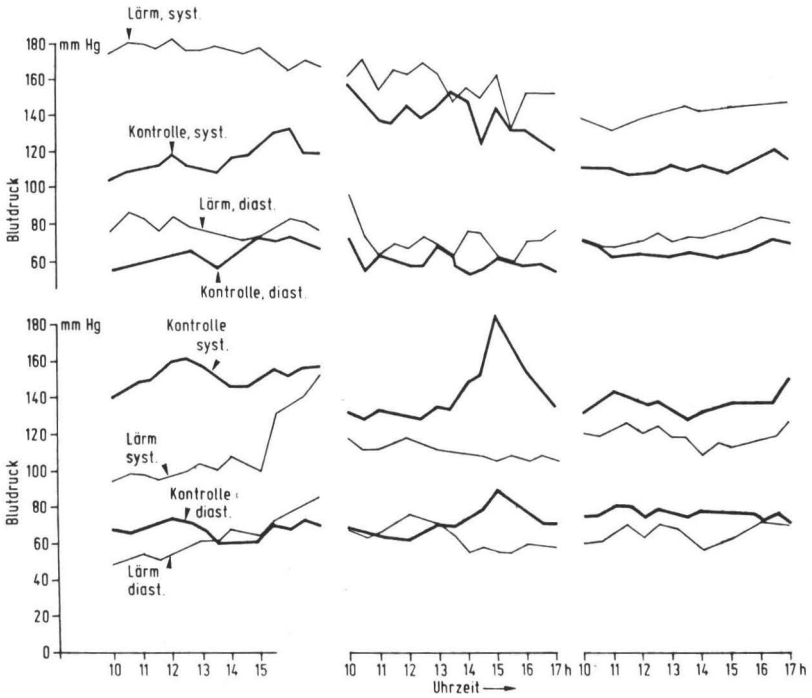


Abb. 3 a: Tagesverläufe der Blutdruckwerte am Lärmtag ($L_{Am} = 65$ dB) und am Kontrolltag bei drei Patienten mit Blutdruckanstieg (VP 50/2/35) und drei Patienten mit Blutdruckabfall (VP 46/36/28) bei Lärmbelastung

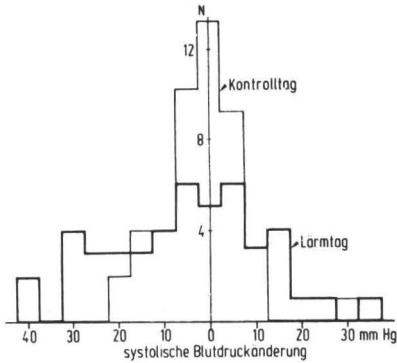
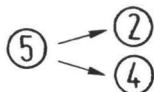


Abb. 3 b: Verteilungen der systolischen Blutdruckänderungen am Kontrolltag und am Lärmtag bezogen jeweils auf die Langzeitmittelwerte des Blutdruckes



$\Delta NA = 4,6 \mu\text{g}/8 \text{ h}$

$\Delta P_s = 5 \text{ mm Hg}$

ΔP_d

Teilgruppe (n = 7) mit
hohem Ery-Mg
(6,2 - 8,6 mmol/kg TG)

$\Delta NA = 7,1 \mu\text{g}/8 \text{ h}$

$\Delta P_s = 8 \text{ mm Hg}$

ΔP_d

Gesamtgruppe (n = 14)

$\Delta NA = 8,5 \mu\text{g}/8 \text{ h}$

$\Delta P_s = 11 \text{ mm Hg}$

ΔP_d

Teilgruppe (n = 7) mit
niedrigem Ery-Mg
(4,9 - 6,1 mmol/kg TG)

Abb. 4: Erhöhungen von Noradrenalin (ΔNA) und Blutdruck (ΔP_s u. ΔP_d) bei Lärmarbeit (95 - 102 dB(A)) gegenüber Arbeit mit Lärmschutz in Abhängigkeit vom Mg-Gehalt der Erythrozyten (Ery-Mg)

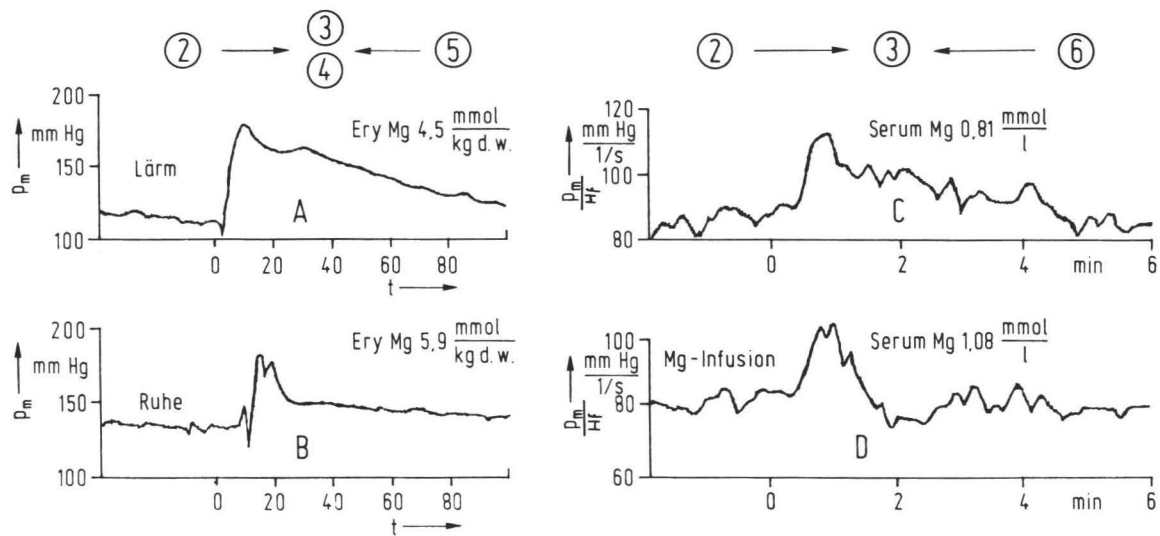


Abb. 5: Kreislaufreaktionen auf Noradrenalininjektionen

Mittlerer Blutdruck von zwei verschieden behandelten Ratten

A: 12 Wochen Lärm (Leq = 95 dB, 16 h/d)

B: Kontrolle

Peripherer Widerstand eines Menschen (Mitteldruck div. durch Herzfrequenz, Schlagvol. = const.)

C: unbehandelt

D: während Mg-Infusion

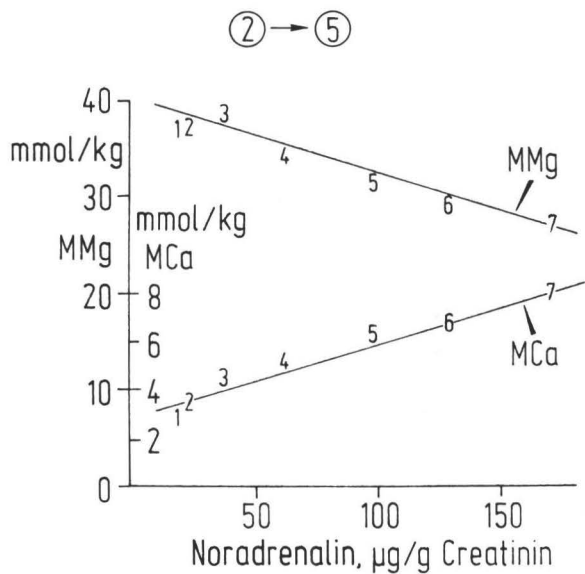


Abb. 6: Mg- und Ca-Konzentrationen im Myocard von Ratten als Funktion der Noradrenalinausscheidung

Behandlung der experimentellen Gruppen

Gruppe	Mg im Futter mmol/kg	Mg im Wasser mmol/l	Lärm
1	83	0.4	-
2	3.8	2.0	-
3	3.8	2.0	Verkehrslärm
4	1.6	2.0	Verkehrslärm
5	1.6	-	-
6	1.6	-	Verkehrslärm
7	1.6	-	Verkehrslärm und dauerndes Rauschen

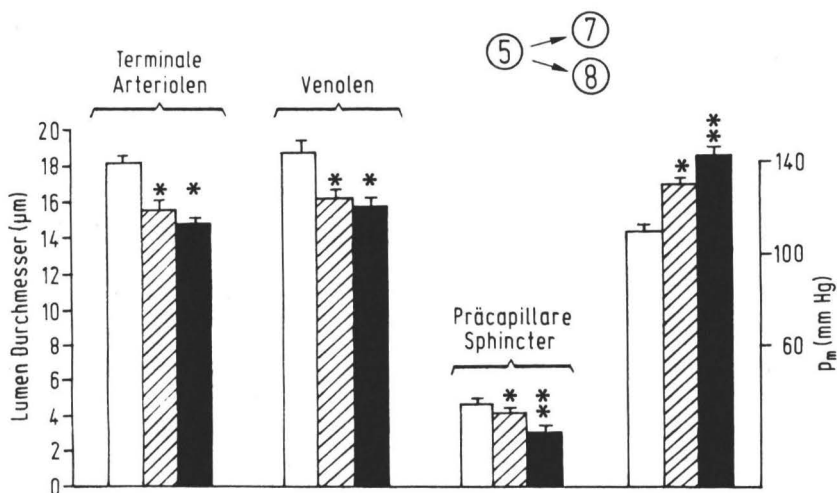


Abb. 7: 12 Wochen Mg-Mangel verringerte bei Ratten die Lumen-Durchmesser der terminalen Arteriolen, Venolen und präcapillaren Sphincter und erhöhte den Blutdruck.

- : Kontrolle - Serum Mg $0,98 \frac{\text{mmol}}{\text{l}}$, (n = 12)
- ▨ : milder Mg-Mangel - Serum Mg $0,66 \frac{\text{mmol}}{\text{l}}$, (n = 12)
- : stärkerer Mg-Mangel - Serum Mg $0,27 \frac{\text{mmol}}{\text{l}}$, (n = 8)
- * : signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe ($p \leq 0,01$)
- ** : signifikanter Unterschied zur Gruppe mit mildem Mg-Mangel ($p \leq 0,01$)

⑦ → ⑧

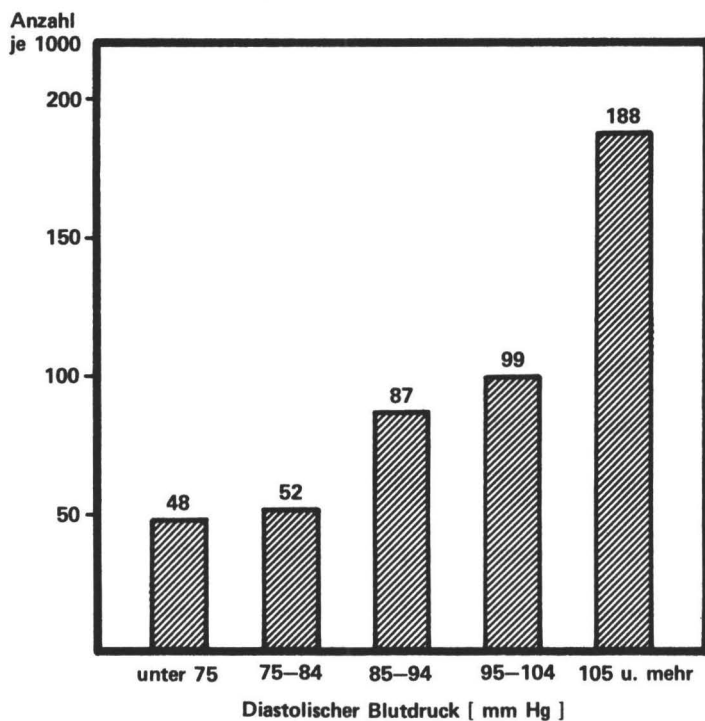


Abb. 8: Anzahl von Herzinfarkten je 1000 Männer im Alter von 30 bis 59 Jahren innerhalb von 10 Jahren in Abhängigkeit vom diastolischen Blutdruck (nach Stamler und Epstein, 1972)

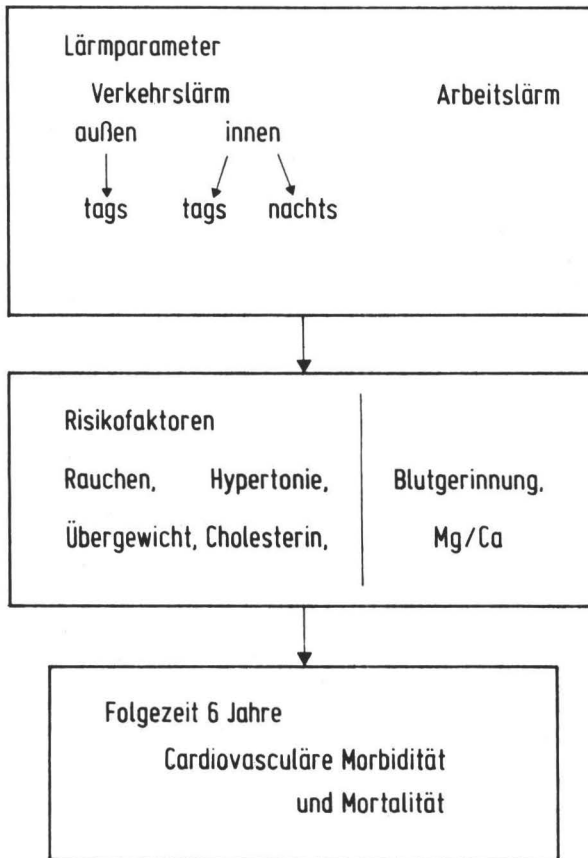


Abb. 9: Konzept des Forschungsprojektes

"Der Lärm im Risikofaktorenkonzept cardiovasculärer Krankheiten"

Bei mehr als 4000 Männern wurde die Lärmbelastung in der Wohnung und am Arbeitsplatz erhoben. Z.Zt. wird der Zusammenhang der Lärmbelastung mit Risikofaktoren und neu auftretende Herz-Kreislaufkrankheiten untersucht.

Lärm im Risikofaktorenkonzept kardiovaskulärer Krankheiten

W. Babisch

Die Beantwortung der Frage, ob extraaurale Lärmwirkungen eine Gesundheitsgefährdung darstellen oder nicht, ist ein Schwerpunkt der gegenwärtigen Lärmwirkungsforschung. Anfängliche Versuche, spezifische extraaurale Lärmwirkungen zu determinieren, mündeten in der Erkenntnis, daß es solche nicht gibt. Vielmehr reagiert der menschliche Organismus auf akute Belärmung mit einer allgemeinen vegetativen Erregung, deren meßbare physiologische Parameter inter- und intraindividuell erheblich schwanken können. Zu den in akuten Belastungsexperimenten häufig nachgewiesenen physiologischen und biochemischen Reaktionen gehören u.a. Anstiege oder Abfälle bei Blutdruck, Herzfrequenz, Atemfrequenz, Herzschlagvolumen, Herzminutenvolumen, Finger- und Kopfpulsamplitude, elektrischer Muskelspannung und Elektrolytstoffwechsel sowie Anstiege bei Katecholaminen, Lipoproteinen, freien Fettsäuren, Cholesterin und Blutzuckerspiegel, um nur einige zu nennen. Besonders bei den physiologischen Variablen ist die Reaktionsrichtung uneindeutig.

Obere kritische Schallpegelgrenzen für die vegetative Verarbeitung von akuten Schallreizen werden bei ca. 100 dB(A) [1] angenommen und unterscheiden sich demnach nicht grundlegend von den Schallpegelgrenzen oberhalb derer bei langen Expositionsdauern auch aurale Gesundheitsschäden (Lärmschwerhörigkeit) zu erwarten sind. Bis zu diesen kritischen Pegeln reagiert der Organismus mit Schwankungen innerhalb der Normalbereiche physiologischer Gleichgewichte.

Für die rein physiologisch orientierte Lärmforschung wird Lärm in diesem Sinn als unschädlich angesehen, solange keine direkten pathologischen Funktionsänderungen am Organismus nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu steht die psychologische Lärmwirkungsforschung, die gezeigt hat [2], daß erhebliche subjektive Belästigungs- und Gestörtheitsreaktionen bei einer hinreichend großen Anzahl von Menschen bereits bei sehr viel niedrigeren Pegeln (ca. 60 dB(A)) vorliegen können. Man könnte demzufolge bereits bei derartigen Lärmpegeln von einer Gesundheitsgefährdung sprechen, dies in Anlehnung an die Definition

der WHO [3], wonach Gesundheit einen Zustand optimalen physischen, psychischen und sozialen Wohlbefindens beschreibt. Beide polarisierten Betrachtungsweisen werden dem Problem nicht gerecht, da Lärmwirkungen nicht losgelöst von einer Vielzahl intervenierender Einflüsse gesehen werden können. Es sind nicht nur die Reaktionen bei akuter Lärmexposition zu betrachten sondern auch eventuelle indirekte Nachwirkungen des Belärmtwordenseins. Kognitive Einflüsse können hier eine wesentliche Rolle spielen. Im übrigen werden Langzeitfolgen chronischer Lärmbelastung in akuten Experimenten nicht erfaßt.

Grundsätzlich gilt, daß der menschliche Organismus auf Schall/Lärm mit unspezifischen Streßreaktionen reagiert, wie sie auch durch andere Stressoren hervorgerufen werden. Lärm wird daher als unspezifischer (Umwelt-) Stressor bezeichnet. Es ist bekannt, daß somatische Lärmwirkungen auch dann auftreten können, wenn eine subjektive Gewöhnung an Lärm vorliegt. Ebenso kommt es vor, daß trotz starker subjektiver Beeinträchtigungen durch Lärm keinerlei somatische Lärmwirkungen festgestellt werden. Dies führt auf die Frage nach subjektiver Gewöhnbarkeit bzw. körperlicher Adaption an Lärm.

Abb. 1 zeigt zwei prinzipielle unabhängige Wirkungswege für Geräuschinformationsverarbeitung. Der eine, hier neurophysiologische Informationsverarbeitung genannt, soll die akute Schallverarbeitung ohne kognitive Einflüsse beschreiben, während der andere, als psychophysiologische Informationsverarbeitung bezeichnete, diese erfassen soll und demzufolge auch bei nicht akuter Reizung durch einen Lärmimpuls aktiviert sein kann. Beide Wahrnehmungswege können zu einer unspezifischen Erregung des Zentralnervensystems führen. Aufgrund von Wechselwirkungen zwischen beiden wird bei niedrigen Lärmintensitäten bisweilen eine (physiologische) Habituationfähigkeit angenommen.

Hinsichtlich möglicher Langzeitfolgen durch Lärmbelastung führen auch Habituation-Betrachtungen zu keinen endgültigen Aussagen. Im physiologischen Sinn beruhen Adaptionsprozesse auf intakten Regelkreismechanismen, die zu einer Normalisierung eines zuvor durch einen Reiz erhöhten biologischen Signals (z.B. Amplitude, Frequenz) führen. Anpassung in diesem Sinn stellt jedoch immer eine aktive Leistung des Organismus dar, die besonders bei chronischer Belastung zu körperlichen Kosten (Ermüdung) führen könnte.

Lassen Sie mich noch einmal zusammenfassen:

Psychophysiologische Ansätze in der Lärmwirkungsforschung können Wirkungsmechanismen bei akuter Belastung aufzeigen, dies jedoch nur bedingt, wie die Betrachtung geregelter Größen zeigt. Nicht nur die akustischen Eigenschaften Intensität, Spektrum, Zeitverlauf und Dauer determinieren die Lärmwirkungen, sondern auch eine Vielzahl intervenierender Variablen der psychischen physiologischen, biochemischen aber auch der sozialen und hereditären Disposition können die Lärmwirkungen moderieren. Jegliche Streßforschung, und damit auch die Lärmwirkungsforschung, muß der Multidimensionalität des Problems Rechnung tragen. Ohne klinische Forschungsansätze unter Zuhilfenahme epidemio-

logischer Methoden können keine endgültigen Aussagen über eine mögliche Gesundheitsgefährdung durch Lärmbelastung gemacht werden. Bei der Untersuchung von Langzeitfolgen ist neben dem Arbeitslärm besonders der Verkehrslärm von Bedeutung. Wenn er auch nur mittlere Lärmintensitäten repräsentiert, so liegt die mögliche Gefahrenwirkung in der Verbreitung und Chronizität.

Aus dem Bereich des Arbeitslärms sind uns eine Anzahl von Studien bekannt, die in Querschnitts- und Interventionsvergleichen lärmbelastete mit weniger stark lärmbelasteten Probanden verglichen haben. Auf diese Studie soll nicht weiter eingegangen werden, da bei den hier betrachteten Schallintensitäten aus audiologischen Gründen ohnehin Schutzmaßnahmen zu fordern wären. Die Befunde lassen sich jedoch zusammenfassen: Sofern Befunde nachgewiesen wurden, handelte es sich um manifeste physiologische und biochemische Veränderungen, die in ihrer Reaktionsrichtung im wesentlichen den akuten Lärmwirkungen entsprechen. Die Ruheblutdruckwerte zeigten wiederholt eine einheitliche Tendenz zu manifesten Anstiegen bei lärmbelasteten Personen.

Diese Anstiege sind im Sinne von Vasokonstriktion zu interpretieren (vgl. Referat Dr. Ising). Lärm wird daher verstärkt unter dem Gesichtspunkt der Risikoerhöhung für kardiovaskuläre Erkrankungen betrachtet (vgl. Hypothalamustheorie [4]).

Aus dem Umweltlärbereich sind zur Zeit fünf epidemiologische Studien bekannt, die die Auswirkungen langzeitlicher Fluglärmbelastung [5, 6] sowie Straßenverkehrs-lärmbelastung [7, 8, 9] untersuchten. Die Studiendesigns und die Ergebnisse werden hier tabellarisch in den Tabellen 1 und 2 verkürzt wiedergegeben. Trotz möglicher methodischer Einwände zeigt sich zusammenfassend ein starker Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen Umweltlärmbelastung und Herz-/Kreislaufkrankungen.

Bei der Planung zukünftiger epidemiologischer Studien ist zu entscheiden, ob Quer- oder Längsschnittuntersuchungen durchgeführt werden sollen. Retrospektive Querschnittstudien liefern nur dann einen kausalen Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und gesundheitlichen Parametern, wenn gleichzeitig ein Bezug zur Belastungsdauer hergestellt werden kann, und andere Einflüsse weitgehend ausgeschlossen werden können. Es besteht das grundsätzliche Problem der Vollständigkeit des zu untersuchenden Kollektivs.

Besser geeignet, jedoch wesentlich aufwendiger, sind prospektive Längsschnittstudien. Hier werden neue Inzidenzen (z.B. Ischämische Herzkrankheit, Hypertonie) bei vormals gesunden Probanden untersucht, und mögliche intervenierende Variablen können erheblich besser kontrolliert werden. Aus den vorgestellten Umweltlärmstudien folgen einige wichtige Grundsätze für die zukünftige Planung:

- Zufallsstichproben oder Totalerhebungen
- Hohe Response-Rate
- Hinreichend große Kollektive
- Akustisch einwandfreie Beurteilungskriterien

- Standardisierte Anamnese und Diagnostik
- Sozio- ökonomische Vergleichbarkeit und Vergleichskollektive
- Intervenierende Variable erfassen
- Risikogruppen identifizieren
- u.a.

Im folgenden wird ein Forschungsvorhaben vorgestellt, an dem das "WaBoLu" mit Unterstützung durch die EG und das UBA seit eineinhalb Jahren beteiligt ist.

In Großbritannien führen das "Medical Research Council" und die "Avon Health Authorities" in zwei Populationen bei Cardiff und in Bristol epidemiologische Studien zur Determinierung von Risikofaktoren für ischämische (koronare) Herzkrankheiten durch. Diese Studien sind unter dem gemeinsamen Namen "The Caerphilly And Speedwell Collaborative Heart Disease Studies" bekannt. Methodisch kommen dort sowohl Querschnittsuntersuchungen als auch prospektive Langzeituntersuchungen zur Anwendung. Das Caerphilly-Kollektiv basiert auf einer Totalerhebung aller 45 - 59 Jahre alten männlichen Bewohner der Stadt. Bei einer Response-Rate von 84% konnten ca. 2400 Probanden für die Eingangsuntersuchungen rekrutiert werden. Das Speedwell-Kollektiv ist eine Zufallsstichprobe aller 45 - 59jährigen Männer, die bei den 16 Praktischen Ärzten in einem Teilgebiet der Stadt Bristol registriert sind. Hier konnten ca. 2300 Probanden für die Eingangsuntersuchungen gewonnen werden, was einer Response-Rate von 90% entspricht.

Die Studiendesigns und Untersuchungspläne beider Teilstudien sind in ihren wesentlichen Merkmalen identisch. Das gleiche gilt für sämtliche verwendeten Fragebögen, anamnestischen und diagnostischen Beurteilungskriterien, die standardisiert sind. Innerhalb der beiden Teilkollektive werden die Probanden auch bei den Wiederholungsuntersuchungen von denselben Ärzten in mobilen ad. hoc Kliniken untersucht. Hinsichtlich eines möglichen diagnostischen Fehlers, z.B. bei den Blutdruckmessungen, werden regelmäßig vergleichende Tests der insgesamt drei beteiligten Ärzte durchgeführt. Sämtliche biochemischen und hämatologischen Untersuchungen werden im wesentlichen von denselben Laboratorien vorgenommen.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind die Eingangsuntersuchungen für sämtliche Probanden abgeschlossen. In Dreijahresrhythmen erfolgen Wiederholungsuntersuchungen, wobei erst nach sechs Jahren das komplette Untersuchungsprogramm wieder angesagt ist. Dies beruht auf den vorgenommenen Stichprobenberechnungen, die nach sechs Jahren von ca. 250 - 300 neuen IHD-Inzidenzen ausgehen.

Neben einer Vielzahl von bekannten und vermuteten Risikofaktoren für ischämische Herzkrankheiten werden auch eine Anzahl von möglichen intervenierenden Variablen miterhoben, so daß alle Voraussetzungen für multivariate Analysen gegeben sind.

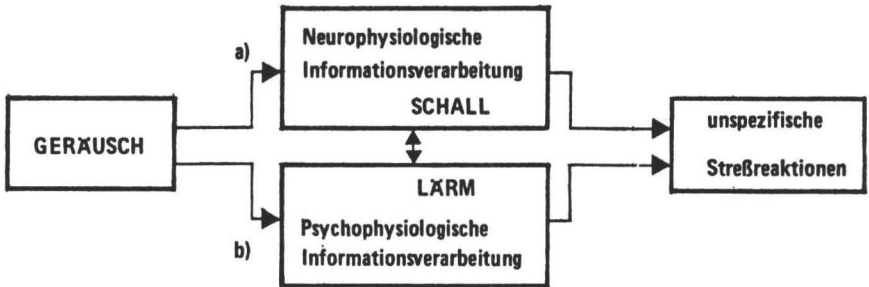
Das "WaBoLu" ist in beiden Studien u.a. mit der Erfassung der individuellen Lärmbelastung (Verkehrslärm, Arbeitslärm) der Probanden beauftragt und wird die zum Lärmwirkungskomplex gehörenden rechnergestützten Analysen durchführen. Es wurden umfangreiche Verkehrslärmmessungen außerhalb und innerhalb der Wohnungen durchgeführt, und mit Hilfe eines in Teiluntersuchungen durch Tragen persönlicher Arbeitslärmmonitore validierten Fragebogens sollen auch die Arbeitslärmbelastungen ermittelt werden. Durch die Erfassung von Verkehrs- und Arbeitslärm lassen sich synergistische Fragestellungen untersuchen. Bei einer Spannweite der Außenlärmpegel zwischen $L_{\text{Tag}} = 50 - 70 \text{ dB(A)}$ lassen sich neben Extremgruppenvergleichen auch quasi-kontinuierliche Betrachtungen im Interesse von Pegel-Wirkungs-Beziehungen anschließen. Die kombinierte Betrachtungsweise von Quer- und Längsschnittuntersuchungen sollte hinreichend sichere Kausalzusammenhänge zwischen der Lärmexposition und deren chronischer Wirkung liefern, sofern diese existieren. Hierzu ist ausdrücklich zu bemerken, daß auch geringe Veränderungen physiologischer und biochemischer Parameter im Normalbereich bei epidemiologischer Betrachtungsweise eine Erhöhung eines Risikos für Erkrankungen bedeuten.

Die Abbildungen 2 und 3 veranschaulichen die Arbeitshypothesen in den "Caerphilly And Speedwell Collaborative Heart Disease Studies". Strukturell ist zwischen Stimulus-, Moderator- und Reaktionsvariablen zu unterscheiden. Die Tabelle 3 gibt weitere Informationen über die erhobenen Meßgrößen.

Literatur

1. Jansen, G., Klosterkötter, W.: Lärm und Lärmwirkungen; Bundesministerium des Innern; Bonn, 1980
2. Finke, H.O., Guski, R., Rohrmann, B.: Betroffenheit einer Stadt durch Lärm; Umweltforschungsplan des Bundesministers des Innern, Forschungsbericht 80-10501301; Umweltbundesamt, 1980
3. Medizinische Leitsätze zur Lärmbekämpfung; zusammengestellt und neu bearbeitet von einem Sachverständigenrat im Auftrag der internationalen Vereinigung gegen den Lärm (AFCB) unter Leitung von Dr. med. F. von Halle-Tischendorf; Bad Godesberg, 1966
4. Eiff, Ä.-W. von, et al.: Verkehrslärm und Hypertonierisiko, 2. Mitteilung, Hypothalamus-Theorie der essentiellen Hypertonie; Münch. med. Wschr. 123, 1981
5. DFG-Forschungsbericht Fluglärmwirkungen - Hauptbericht; Deutsche Forschungsgemeinschaft; Harald Boldt Verlag, 1974

6. Knipschild, P.: Medical Effects of Aircraft Noise; Part V-VIII; Ont. Arch. Occup. Environ. Hlth. 40, 1977
7. Knipschild, P., Sallé, H.; Road Traffic Noise and Cardiovascular Disease, A Population Study in The Netherlands; Int. Arch. Occup. Environ. Hlth. 44, 1979
8. Eiff, A.-W. von, Neus, H.: Feststellung der erheblichen Belästigung durch Verkehrslärm mit Mitteln der Streßforschung (Bonner Verkehrslärmstudie); Umweltforschungsplan des Bundesminister des Innern, Forschungsbericht 81-10501303; Umweltbundesamt, 1981
9. Schulze, B., et al.: Verkehrslärm und kardiovaskuläres Risiko - Eine epidemiologische Studie; Dt. Gesundh.-Wesen 38, H. 15, 1983



a) Schall als physiologischer Stressor

b) Lärm als emotionaler Stressor

Abb. 1: Modell Geräuschinformationsverarbeitung

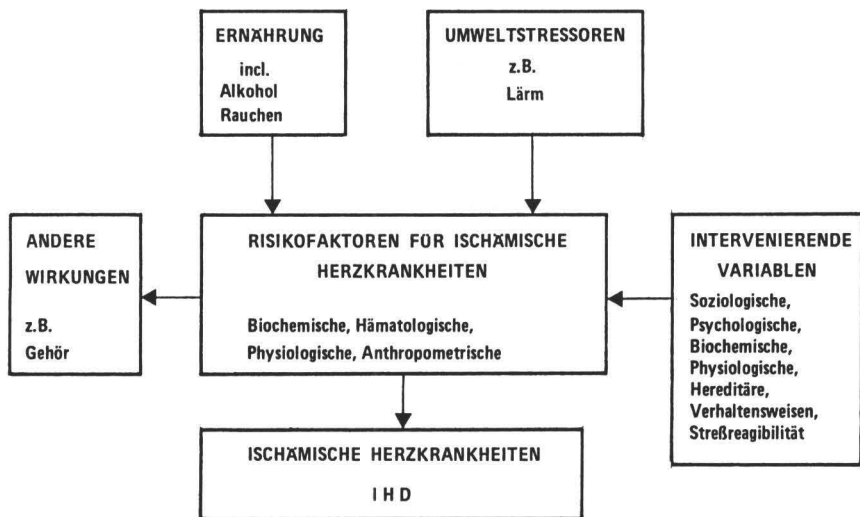


Abb. 2: Allgemeines Studienkonzept der „Caerphilly and Speedwell Collaborative Heart Disease Studies“

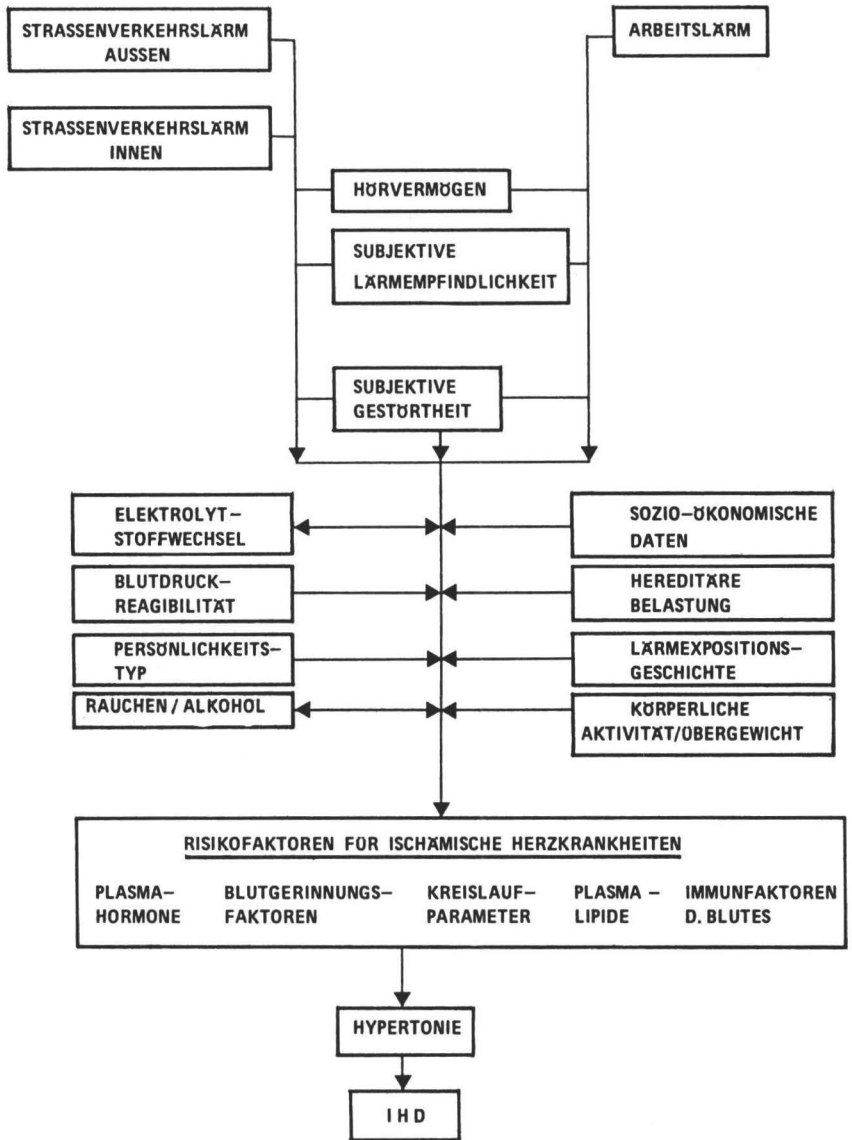


Abb. 3: Lärnwirkungshypothesen in den „Caerphilly and Speedwell Collaborative Heart Disease Studies“

Tabelle 1:

FLUGLÄRMSTUDIEN

	MÜNCHEN D 1974 v.Eiff, Guski, Jansen et. al	AMSTERDAM NL 1977 Knipschild et. al
TYP	Querschnittsstudie	Querschnittsstudie
STICHPROBE	n = 357 männl. + weibl. Alter: 21-60 Jahre	n = 5828 männl. + weibl. Alter: 35-64 Jahre
RESPONSE	72 %	40 %
DESIGN	Zufallsstichprobe aus 32 Gemeinden; 4 Cluster unterschiedlicher Fluglärmbelastung; Überflugpegel 75-110 dB(A), Anzahl 20-80 pro 24 h	Totalerhebung in 8 Gemeinden; 2 Gruppen unterschiedlicher Fluglärmbelastung; laut: > 58 dB(A), 38 % leise: < 58 dB(A), 62 % (Mittelungspegel pro Tag)
ZIELGRÖSSEN	Anamnese Klinischer Status Blut- u. Urinuntersuchung	Anamnese Klinischer Status
ERGEBNISSE	In lauten Gebieten signifikant mehr: - allgemeine Gestörtheitsreaktionen (70/21 %) ^x - subjektive Durchschlafstörungen bei Männern (23/6 %) In lauten Gebieten tendenziell mehr: - Hörverluste (31.2/28.5 dB) - Ruheblutdruck (pSyst. 6, pDiast. 3.5 mm Hg), nur das leiseste Gebiet fällt raus Allgemein: 1/3 der subjektiven Reaktionen Stimulus-bedingt, 1/3 durch Satz sozialer, psychischer, somatischer Modulatoren	In lauten Gebieten signifikant mehr: - Behandlungen auf Herzkrankheiten (2.5/1.8 %) - Behandlungen auf Hypertonie (10.7/7.3 %) - Einnahme von Herz/Kreislaufmedikamenten (7.5/5.5 %) - Pathologische Herzform (2.5/1.6 %) - Bluthochdruck (6.7/3.9 %) (Kriterium 175/100 mm Hg) - Linearer Zusammenhang zwischen Fluglärmbelastung und Behandlung auf Hypertonie In lauten Gebieten tendenziell mehr: - Übergewicht (57/53 %) - Rauchgewohnheit (27/25 %)
NACHTEIL	Kleines Kollektiv	Geringe Response-Rate, sozioökonomischer Status ungleich, intervenierende Variablen nicht vollständig kontrolliert, möglicherweise unterschiedliches Gesundheitsbewusstsein in beiden Gruppen

^x Der Schrägstrich trennt hier und im folgenden Angaben, die sich auf das laute/leise Gebiet beziehen

Z U S A T Z S T U D I E N (FLUGLÄRM)

TYP	Interventionsstudie	Querschnittsstudie
STICHPROBE	Zufallsstichprobe wie oben; Belastungstests u.a. mit "Weißem Rauschen" (85/100 dB)	Extremgruppenvergleich bezüglich der Patienten aus stark und schwach fluglärm-belasteten Gebieten
ZIELGRÖSSEN	Physiologische Reaktionen im akuten Lärmtest	Kontaktraten Patienten/Ärzte innerhalb einer Woche (n=19715) Krtliche Diagnosen Wohnorte der Patienten
ERGEBNISSE	Unter Lärm: - Verringerung von Kopf- und Fingerpulsamplitude (Konstriktion der Blutgefäße) - Erhöhung der elektrischen Muskelaktivität am Unterarm - Abnahme der Herzfrequenz - Zunahme von Fehlern bei motorischem Zielverfolgungstest unabhängig von Fluglärmbelastung, allerdings - positive Korrelation eines zusammenfassenden Kennwertes mit Fluglärmbelastung (signifikant)	In lauten Gebieten signifikant mehr: - Totale Kontaktrate (78/53 %) wegen: - Geistig-somatischer Störungen - Magen/Darm-Beschwerden - Rückenschmerzen - Herz/Kreislauf-Erkrankungen (bei Ausschluss der über 67-jährigen)
NACHTEIL		Unterschiedliche Ärzte, Kontaktraten nicht unbedingt repräsentativ für Kontakt-ereignis (Arztbesuche woanders) sozio-ökonomischer Status ungleich (Gesundheitsbewusstsein, Besuchsverhalten)

TYP		Retrospektive Längsschnittstudie
STICHPROBE		Sämtliche Apotheken in 2 unterschiedlich fluglärm-belasteten Gemeinden
DESIGN		Trendanalysen über 6 Jahre retrospektiv
ZIELGRÖSSE		Verbrauch verschreibungs-pflichtiger Medikamente
ERGEBNISSE		Im leisen Gebiet kein Trend Im lauten Gebiet Trend-Anstiege in Abhängigkeit von der Fluglärmentwicklung bei: - Magensäuremitteln - Herz/Kreislaufmitteln (Verdoppelung in 6 Jahren) - Beruhigungsmittel, Schlafmittel

Tabelle 2:

STRASSEN - VERKEHRSLÄRMSTUDIEN

	DOETINCHEM NL 1979	BONN D 1981	--- DDR 1983
TYP	Knipschild et.al	v.Eiff	Schulze et.al
STICHPROBE	Querschnittsstudie n = 1741 weibl. Alter: 40-49 Jahre	Querschnittsstudie n = 931 männl. + weibl. Alter: 20-5† Jahre	Querschnittsstudie n = 700 männl. + weibl. Alter: 20-75 Jahre
RESPONSE	86 %	60 %	entfällt
DESIGN	Totalerhebung in der Stadt; 2 Gruppen unterschiedlicher Verkehrslärmbelastung gemäss städtischen Schätzungen des Verkehrsaufkommens. Aus Stichproben; laut: Ldn 62.5 dB(A) leise: Ldn 62.5 dB(A), (23%) (77%)	Zufallsstichprobe aus 2 unterschiedlich verkehrslärm-belasteten Gebieten, laut: Ld=66-73, leise: Ld max. 50 dB(A), aus Lärm-karten (Verkehrszählungen); Wohn-dauer 3 Jahre; Extremgruppenver-gleich	Über 5 Jahre re-trospektive Erhe-bung bezügl. der An-wohner zweier un-ter-schiedlich lärm-be-lasteten Straßen aus 2 verschiedenen Städten; laut: Ld=75 dB(AI), leise: Ld=67 dB(AI) (1 m vor Haus); beide Straßen im Einzugs-bereich je einer am-bulanten Gesundheits-einrichtung u. Apotheke
ZIELGRÖSSEN	Anamnese klinischer Status	Anamnese	Häufigkeit von Arzt-konsultationen Häufigkeit von Neu-zugängen Ärztliche Diagnosen Medikamentenabgabe retrospektiv über 1 Jahr
ERGEBNISSE	keine	Im lauten Gebiet signifikant mehr: - Gestörtheitsre-aktionen (65/33 %) - Durchschlafstö-rungen (39/18 %) - Rauchgewohnheit - Hypertoniebehand-lungen (22.8/14.6%) - Arbeitslärmbe-lastung lauter u. länger (subjekt.) - weniger sportl. Aktivitäten (28.5/35.8 %) Im lauten Gebiet tendentiell: - mehr Schwerhörig-keit (6/3.3 %) - Abhängigkeit der Hypertonieraten von der Wohndauer	Im lauten Gebiet signifikant mehr: - Gestörtheitsre-aktionen (37/0 %) - Gesamtarztbesuche wegen: - Schlafstörungen - Kopfschmerzen - Herzschmerzen - Multiple vegeta-tive Beschwerden Neuzugänge innerhalb eines Jahres wegen: - Schlafstörung. (10/5) - Hypertonus (12/5) - Ischämische Herz-krankheiten (22/5) Verbrauch von: - Hypnotika (200/52) - Analgetika - Antihypertonika (600/120) - Koronarpharmaka (1012/200)
NACHTEIL	Sozioökonomischer Status ungleich, Responderaten bei-der Gruppen unbe-kannt, nur Außen-lärmkriterium, Lärmkriterium dif-ferenziert mögli-cherweise nicht ge-nügend. Fremde Lärmquellen nicht erfaßt	Ergebnisse aus anamnestischer Be-frragung, Regelmäßig-keit der Arztbe-suche unabwägbar, Lärmmessungen fehlen	Mehrfachbesuche der selben Personen zu-gelassen, Diagno-stischer Faktor (2 verschiedenen Krzte) Stichprobenfehler (unterschiedliche Gemeinden), Akustik unklar

Z U S A T Z S T U D I E N (SRASSENVERKEHRSLÄRM)

TYP		Interventionsstudie	
STICHPROBE		n = 56 männl. Alter: 20-59 Jahre	
DESIGN		Zufallsauswahl aus Hauptstudie (nur gesunde Probanden); Belastungstests u.a. mit Verkehrslärm Lm=72 dB(A), 30 min.	
ZIELGRÖSSEN		Familienanamnese Psychophysiologische Untersuchungen	
ERGEBNISSE		- keine signifikanten Unterschiede zwischen Bewohnern beider Gebiete - Personen mit hereditärer Hypertoniebelastung zeigten bei allgemeiner Belastung und Lärmstress Hyperreaktivität, z.B. signifikant beim Blutdruck (Ruhewerte 117/71 mm Hg): (Psysst.+2.5/0.0, Pdiast.+2.0/0.5 mm Hg)	

Tabelle 3: Stimulus-, Reaktions- und Moderatorvariablen in den "Caerphilly And Speedwell Collaborative Heart Disease Studies"

STIMULUSVARIABLE:

Außenlärm	:	Messung von Tagesgängen (stündliche Mittelungspegel), 20minütige Messungen tagsüber, L _m , L ₁ , L ₁₀ , L ₉₀ , Auswertung in 5 dB-Klassen
Innenlärm	:	Simultanmessungen außen/innen für Unterstichprobe, mittlere Schalpegeldifferenzen für unterschiedliche Wohnraumlagen und Fensteröffnungsverhältnisse, Berechnungen mit Hilfe von Fragebogenangaben
Arbeitslärm	:	Messung über Arbeitsschicht mit persönlichen Lärmdosimetern für Unterstichprobe, Fragebogenvalidierung mit Hilfe standardisierteren Vorgehens mit Handschallpegel- und Lärmdosimetermessungen in Teilstichproben, Auswertung in 5 - 10 dB-Klassen
Subjektive Lärmgestörtheit:		Lärmbelastungsfragebogen
Audiometrie	:	Schnelltest bei 500 Hz und 4000 Hz, Gruppierung nach Hörverlustkriterien 30/50 dB

REAKTIONSVARIABLE

Ischämische Herzkrankheiten	: Angina Pectoris (standard. Fragebogen "Chest Pain" der "London School Of Hygiene+Tropical Medicine"), Koronare Ischämie (EKG), Herzinfarkt-Anamnese; Für Querschnittsanalysen "Probable IHD": Angina und/oder Herzinfarkt-Anamnese und/oder große Q-Zacke im EKG (Minnesota-Code Items 1-1 oder 1-2) "Possible IHD": Im EKG kleine Q-Zacke, T-Welle, ST-Veränderungen (Minnesota-Code Items 1-3, 4-1 bis 4-4, 5-1 bis 5-3, 7-1)
Anamnese	: Fragebögen zum allgemeinen Gesundheitszustand; Herz, Leber, Niere, Magen/Darm, Bluthochdruck, Thrombose, Diabetes, Schilddrüse, Gicht, Operationen
Blutdruck	: Random Zero Muddler Sphygmomanometer, in Ruhe
Lungenfunktion	: McDermott Spirometer
Hämatologie	: Viskosität, Platelet-Counts
Biochemie	: Gesamteiweiß, Albumin, Bilirubin, Alkaline Phosphatase, Aspartische Transaminase, Kreatinin, Harnsäure, T ₃ , T ₄
Plasma Lipide	: Total-Serum Cholesterin, Triglyceride, HDL-Cholesterin, HDL ₂ -Cholesterin, VLDL -Triglyceride
Thrombose-Fakt.	: Fibrinogen, Heparin Thrombin Clotting Time, Anti-Thrombin III, Platelet Factor 4, 5 Hydroxy-Indole, 5HT, Thromboxane B ₂
Plasma Hormone	: Testosteron, Östradiol, Cortisol
Immunfaktoren	: Serum Immunglobuline IgA, IgM, IgG, C ₃ -Genotyp-Test, Antikörperrest auf Kuhmilch-Protein, Xanthinoxidase

MODERATORVARIABLE:

Sozio-ökonomische Variablen	: Fragebogen: Alter, Sozialstatus, Wohnort, Wohndauer
Familien-Anamnese:	Fragebogen: Herzkrankheiten, Hypertonie, Verwandtschaftsgrad
Ernährung	: Alkohol-, Rauchgewohnheit aus Fragebogen
Anthropometrie	: Größe, Gewicht, Körpermaße
Körperliche Aktivität	: Fragebogen: am Arbeitsplatz, in der Freizeit
Blutdruck-reagibilität	: Cold Pressor Test (Sympathische Aktivität des Autonomen Nervensystems)
Psychologische Faktoren	: Typ-A-Behaviour (Framingham S.) Subjektive Lärmempfindlichkeit aus Lärmbelastungsfragebogen
Elektrolyt-Stoffwechsel	: Erythrozyten -Mg, -Ca, -Na, -K

Pathogene Viren im Klärschlamm: Problematik und Quantifizierung

B. Heisig und J. M. Lopez Pila

Einführung

Die Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland ist in den letzten Jahren in zunehmendem Maße umweltbewußter und in bezug auf Umweltbelastungen kritischer geworden. Dies zeigt unter anderem die immer wieder aufflackernde Diskussion über die Umweltbelastung durch landwirtschaftliche Nutzung von Klärschlamm. Immer häufiger wird die Befürchtung laut, daß der Verbraucher landwirtschaftlicher Erzeugnisse gefährdet ist. Durch die weiträumige Verteilung von seuchenhygienisch als bedenklich einzustufendem Schlamm können durchaus sowohl auf dem Boden, als auch auf den Pflanzen, Krankheitserreger über kürzere oder längere Zeit haften bleiben. Besonders bei sehr umweltresistenten Keimen ist somit eine Gefährdung durch die Infektionskette Boden-Pflanze-Tier-Mensch nicht auszuschließen.

In ihrem Umweltprogramm hat die Bundesregierung als Zielsetzung den Anschluß von 90% der Bevölkerung an vollbiologische Kläranlagen bis 1985 festgelegt. Dadurch würde eine geschätzte Menge von 50 Millionen Tonnen Schlamm anfallen. Zur Zeit werden etwa 40% des Schlammes landwirtschaftlich genutzt. Um eine Gefährdung der Bevölkerung auszuschließen, ist es nur sinnvoll, den mit hohem Kostenaufwand gesammelten Klärschlamm vor seiner Verwendung generell zu entsäuhen.

Dieser Forderung ist die Bundesregierung mit der neuen Klärschlammverordnung vom 1.4.1983 nachgekommen. Sie beinhaltet, daß das Aufbringen von seuchenhygienisch bedenklichem Klärschlamm auf Grünflächen und Feldfutteranbauflächen vom 1.4.1983 - 31.12.1986 in der Zeit von Jahresanfang bis zum Abschluß der Nutzung oder Ernte, verboten ist, und ab 1.1.1987 ganzjährig verboten ist. Als seuchenhygienisch unbedenklich gilt der Klärschlamm, der durch chemische oder thermische Konditionierung, thermische Trocknung, Erhitzung, Kompostierung, chemische Stabilisierung oder ein anderes Verfahren so behan-

delt worden ist, daß Krankheitserreger abgetötet werden, oder aufgrund seiner Herkunft nachweislich keiner solchen Behandlung bedarf.

Im Rahmen der durch die Bundesregierung festgesetzten Anlaufzeit der Verordnung bis zum 1.1.1987 ist es eine wissenschaftliche Verpflichtung und Herausforderung, möglichst viele Feld- und Laboratoriumsversuche durchzuführen. Denn nur so können die bestehenden Unklarheiten und offengebliebenen Fragen bei der ohnehin vom Bundesrat beabsichtigten Überprüfung ausgeräumt und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

Nach heutigen Erkenntnissen werden ca. 100 unterschiedliche Viren mit den Faeces ausgeschieden. Sie stammen sowohl von latent infizierten oder auch akut erkrankten Menschen, als auch von bekannten oder oftmals unerkannten Dauerausscheidern. Die faecal ausgeschiedenen Viren verursachen die unterschiedlichsten Krankheitserscheinungen. Sie erstrecken sich von trivial, bis hin zu tödlichen Ausgängen. Durch den natürlichen Verdauungsvorgang sind die Viren im Kot eingebettet und fest an Partikel gebunden. Zahlreiche Studien zeigten, daß Viren auch dann partikelgebunden bleiben, wenn sie den Abwasserreinigungsvorgängen unterzogen werden. So lassen sich die unterschiedlichen Ergebnisse in den Untersuchungen zur Feststellung der Wirkung der Abwasserreinigungsverfahren auf Viren, die weltweit vorgenommen wurden, erklären. Auch unter diesem Aspekt ist die Erarbeitung der Verfahren zur Erfassung partikelgebundener Viren sinnvoll und wünschenswert.

Rohabwasser wird in der Bundesrepublik in Klärwerken durch das zwei- bzw. drei Stufen System gereinigt. Die erste Stufe ist eine rein mechanische Abwasserbehandlung und entfernt gröbere, absetzbare Stoffe. In der biologischen, der zweiten Reinigungsstufe, wird die Fähigkeit von Mikroorganismen ausgenutzt, gelöste, kolloidale oder feste Stoffe abzubauen. An vielen Orten wird noch eine dritte Klärstufe eingeschaltet. Durch chemische Fällung wird der Gehalt an Phosphaten und Nitraten vermindert. So wird eine Düngung und Eutrophierung der Gewässer vermieden und der Vorfluter weniger belastet.

In jeder Reinigungsstufe fällt Klärschlamm als Produkt des Abwasserreinigungsprozesses an. Die gesammelten Rohschlämme werden in der Mehrzahl der Kläranlagen einer anaeroben, alkalischen mesophilen Faulung zur Stabilisierung unterzogen. Dadurch wird der Schlamm in einen Zustand versetzt, der zu keiner erheblichen Belastung der Umwelt führt. Das Volumen kann durch Entwässerung verkleinert und der Schlamm, falls nötig, desinfiziert werden.

Da man davon ausgehen muß, daß ein großer Teil der ausgeschiedenen pathogenen Erreger an Fäkalpartikel angelagert oder in ihnen eingeschlossen ist, gelangen sie durch die verschiedenen Sedimentationsprozesse in die während der Klärung entstehenden Schlämme. Die Schlämme sind also ein Konzentrat an Erregern. Die kontinuierlich betriebene mesophile, anaerobe alkalische Schlammfäulung reduziert die Zahl der Erreger. Da jedoch täglich infizierter Rohschlamm zugegeben wird, kann man bei einer Durchmischung im Faulraum nicht verhindern, daß beim Abzug Schlamm enthalten ist, der nicht länger als 24

Stunden faule und so noch infektiöse Erreger enthält. Auch die aerob stabilisierten Schlämme enthalten noch Krankheitserreger. Eine Ausnahme bildet lediglich die zweistufige, aerob-thermophile Stabilisierung. Sie erzeugt mit hoher Sicherheit einen hygienisch einwandfreien Schlamm. So sind also alle Schlämme, bis auf die des letztgenannten Verfahrens, als seuchenhygienisch bedenklich einzustufen.

Als Voraussetzung für eine zuverlässige Verfahrensauswahl und die spätere routinemäßige Kontrolle des entseuchten Klärschlammes ist jederzeit ein Einblick in die seuchenhygienischen Verhältnisse im Klärschlamm nötig. In bakteriologischer und parasitologischer Sicht besteht hinsichtlich dieser Forderung keine Schwierigkeit, da es eine Reihe von effektiven Methoden gibt, die jederzeit eine Aussage über Art und Menge der vorhandenen Krankheitserreger erlaubt. Auf dem virologischen Gebiet sind die Veröffentlichungen über Methoden der effektiven Isolation von partikelgebundenen Viren in Klärschlamm längst nicht so zahlreich; deshalb ist es in der Virologie notwendig, die Methodik zu optimieren.

Einige Untersuchungen haben gezeigt, daß natürlich vorkommende oder unter Laborbedingungen zugeführte Viren in kürzester Zeit mit Schlammpartikeln assoziieren. Da man davon ausgehen muß, daß der weitaus größte Teil der Viren partikelgebunden bleibt, ist es nur richtig, sie auch dort nachweisen zu wollen. Auf diese Weise kann man den Weg der Viren durch die einzelnen Schlammbehandlungsverfahren beobachten, ihre Inaktivierung beurteilen und Aussagen über die Effektivität einzelner Entseuchungsverfahren machen.

In der Literatur sind eine Anzahl von Verfahren zur quantitativen Virusisolation aus Schlamm beschrieben worden, jedoch erwies sich keines frei von Nachteilen. So verimpften Lund und Ronne [12] 1973 Schlamm direkt im Plaque-Test, nachdem sie zuvor die Bakterien durch Ätherbehandlung abgetötet hatten, jedoch erwies sich die Effizienz als zu gering. Andere entwickelte Methoden beinhalten eine mechanische Aufrührung des Schlammes in Anwesenheit eines Puffers, der die Freisetzung der Viren vom Schlamm fördern sollte. Die so gelösten Viren wurden dann durch Zentrifugation von den Schlammflocken getrennt. Der virushaltige Überstand wurde in Zellkulturverfahren verarbeitet. Falls nur geringe Viruskonzentrationen im Schlamm erwartet wurden, unterzog man den Überstand vor der Verimpfung einer Konzentrierung. Als die gebräuchlichsten physikalischen Methoden wurden die Beschallung mit Ultraschall, das Rühren mit einem Magnetrührer, das Vermischen und/oder Aufschütteln genannt. Diese Methoden wurden entweder einzeln oder in Kombination durchgeführt. Wellings und Mitarbeiter [22] arbeiteten sowohl mit Beschallung, als auch mit Rühren mit einem Magnetrührer. Hierbei zeigte sich, daß beide Methoden gleich effektiv waren, jedoch die Beschallung weniger Zeit in Anspruch nahm. Hurst und Mitarbeiter [9] kombinierten Beschallung, Rühren mit einem Magnetrührer, Vermischung und anschließende Rotation. Um die Ausbeute an gelösten Viren zu vergrößern, setzten sie nach der Beschallung eine 0,05 M Glycin-Lösung

oder Rinderserum zu. Wenn man auf die Vermischung verzichtete, erbrachte Glycin eine höhere Ausbeute als Rinderserum. Im Falle der Vermischung von Schlammflocken in Gegenwart von Glycin war der Ertrag relativ gering. Des weiteren beschrieben sie den Gebrauch des Rotationstabletts oder den des Magnetrührers als gleich effektiv, wobei sich beim Letztgenannten größere Volumina verarbeiten ließen. Bei den meisten Veröffentlichungen wurden protein- oder peptidhaltige Lösungen während, bzw. nach der mechanischen Behandlung zugegeben. Bevorzugt wurden Lösungen mit fötalem Kälberserum, Tryptose-Phosphat, Broth oder Rinderserum. Andere Studien veröffentlichen definierte Lösungen. Malina und Mitarbeiter [13] lösten partikelgebundene Viren mit destilliertem Wasser, Ward und Ashley [20,21] beschallten Schlammflocken in Gegenwart von 0,1 % SDS.

Nach Durchsicht der Literatur zeichnen sich zwei Hauptprobleme ab. 1: Bei der direkten Verimpfung von Schlammproben im Zellkulturverfahren führten toxische Inhaltsstoffe immer wieder zu Schäden bzw. Absterben der Kulturen. 2: Will man die Gefahr der Toxizität umgehen und überführt die Viren auf ein geeignetes adsorbierendes Material, so ist die Frage nach der geeignetsten physikalischen Behandlung und die Auswahl des besten Lösungsmittels zur Desorption der Viren noch immer nicht gelöst.

Erfahrungsgemäß führen Manipulationen von Umweltproben zwecks Isolierung oder Konzentrierung von Viren zu einem Verlust an infektiösen Partikeln, d.h. sie erniedrigen die Wiederfindungsrate. Verfahren, bei denen die Probe in toto in das Testsystem eingesetzt wird, sind daher denjenigen vorzuziehen, die zuerst eine Trennung der Viren von anderen Komponenten erfordern. In unseren Untersuchungen haben wir daher den Vollschlamm für die Bestimmung eingesetzt und dabei versucht, eventuell vorhandene zelltoxische Verbindungen vorher zu entfernen oder für den Fall, daß eine Entfernung nicht stattfand, die toxische Wirkung auf die einzelne Zelle abzumildern.

Wichtigste zelltoxische Inhaltsstoffe im Schlamm sind wahrscheinlich Detergentien, Pestizide, Schwermetalle sowie Toxine und andere toxische Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen. Ein Teil der genannten Verbindungen ist in hohem Maße hydrophob. Es liegt also nahe, durch Extraktion des Schlammes mit geeigneten hydrophoben Mitteln, den Gehalt an Detergentien, Pestiziden, etc. zu mindern. Wir haben diese Extraktion mit Freon durchgeführt. Jedoch auch die Wirkung nicht extrahierbarer Verbindungen läßt sich im Nachweistest zumindest abmildern: Hydrophobe Substanzen üben ihren toxischen Einfluß durch ihre Wechselwirkung mit der Zellmembran (oder mit den inneren membranösen Zellorganellen) aus, andere toxische Inhaltsstoffe, z.B. Schwermetalle, durch ihre Bindung und Inaktivierung von Enzymen, die für die Zelle lebenswichtig sind. In beiden Fällen findet eine Bindung von toxischen Stoffen an die Zelle statt. Es ist also zu erwarten, daß eine Erhöhung der Anzahl eingesetzter Zellen im Nachweistest zu einer "Verdünnung" toxischer Verbindungen und somit zu einer geringeren Belastung der einzelnen Zelle führt. Ein solcher hoher Ein-

satz von Zellen im Nachweisansatz ist beim Plaque-Test oder im "Röhrchenverfahren" jedoch nicht möglich, weil im Kulturgefäß nur eine begrenzte Haftfläche für die eingesetzten Zellen zur Verfügung steht. Cooper [7] beschrieb ein Verfahren für den Virennachweis, das darauf beruhte, Viren zusammen mit einer Zellsuspension in Agar einzubetten. Um die primär infizierte Zelle bildeten sich nach einigen Tagen Foci cytopathischer Zellen aus, die gut sichtbar waren. Diese Foci waren eine dreidimensionale Variante der sich beim Plaque-Test im Zellrasen bildenden Plaques. Daher wurde der Test als 3D-Plaque-Test bezeichnet. Morris und Waite [16] wandten dieses Verfahren für den Nachweis und die Quantifizierung von Viren in Oberflächengewässern an und fanden es effizienter als entweder den Plaque-Test oder das Röhrchenverfahren. Die hohe Effizienz, sowie die Möglichkeit, praktisch eine unbegrenzte Anzahl Zellen pro Volumeneinheit Agar einzubetten, schienen uns für die Aufgabe der Virenbestimmung im Schlamm besonders geeignet.

Eine genaue Beschreibung des Verfahrens und der damit erzielbaren Ergebnisse sind Gegenstand dieser Mitteilung.

Ergebnisse

Verarbeitung von Schlamm zur Virenbestimmung

Die Prozedur zur Bestimmung des Virentiters im Schlamm wird im folgenden kurz skizziert: 2x2 ml Schlamm wurden mit je 20 ml doppelkonzentriertem, 10% FKS enthaltendem MEM, versetzt. Gleichzeitig wurden 10 ml des doppelkonzentrierten MEM mit 1 ml PBS versetzt. Dieser PBS-Ansatz diente als positive Kontrolle. Sie sollte darüber Auskunft geben, ob die Zellen, das Medium, oder die sonstigen zum Test gehörenden Schritte in irgendeiner Weise die Fähigkeit der Zellen herabsetzten, Viren nachzuweisen. Zu diesem Zweck wurde dem PBS-Kontrollansatz ein kleines Volumen Puffer zugesetzt, das ca. 10 Polio-Pfu enthielt. Zu einem der Schlammansätze wurden ebenfalls ca. 20 Polio-Pfu zugesetzt. Damit sollte für jede Bestimmung geprüft werden, ob die möglicherweise im Schlamm vorhandenen toxischen Stoffe den Virennachweis stören. Die zwei Schlamm enthaltenden Proben wurden in je zwei gleiche Teile geteilt. Zu jeder, der nun vier bestehenden Proben, wurde 1 ml Freon zugegeben. Freon ist nicht wasserlöslich und sehr hydrophob. Viele im Schlamm vorhandene lipophile, zelltoxische Verbindungen (Pestizide, chlorierte Kohlenwasserstoffe) neigen dazu, in die Freonphase überzugehen. Damit wird die Probe weniger toxisch und für die Zellen besser verträglich. Je eine Probe mit und ohne zugesetzte Polioviren wurde nun in einer Ultraschallwanne, deren Wasser mit Eis gekühlt worden war, für 10 min ultrabeschallt. Diese Ultraschallbehandlung bezweckte die Homogenisierung des Schlammes und sollte so zu einer besseren Virenfreisetzung führen. In unseren Versuchen war nicht immer eine hö-

here Virenausbeute nachweisbar. Die Ultrabeschallung sollte jedoch beibehalten werden, da sie bei Schlämmen mit einem hohen Anteil fester Bestandteile wahrscheinlich doch die Schlammmhomogenisierung und darüberhinaus die Emulgierung des Freons fördert. Die weitere Behandlung der Proben wird im Zitat 8a genauer beschrieben.

In der Tabelle 1 werden Ergebnisse aus fünf verschiedenen Schlammproben gezeigt, die aus dem Einlauf eines Kessels entnommen wurden. In diesem wird Schlamm thermisch behandelt, um so Viren und Mikroorganismen zu inaktivieren.

Tabelle 2 zeigt Ergebnisse aus fünf Schlammproben nach der thermischen Behandlung. Durch die mitgeführten Proben, die künstlich mit Polioviren angeimpft und in denen sich Plaques bildeten, ist eine toxische Wirkung auf die Zellen und somit ein falsch negatives Ergebnis ausgeschlossen.

Abscheidung von Viren mit Hilfe von Magnetit

In den hier von uns gezeigten Proben machte sich eine toxische Wirkung des Schlammes auf die Zellen nicht bemerkbar. Es kommt jedoch häufig vor, daß die für den Virennachweis verwendeten Zellen durch die Inhaltsstoffe im Schlamm so geschädigt werden, daß keine Plaquebildung einsetzt. In diesem Falle müssen die Viren von den toxischen Bestandteilen des Schlammes getrennt werden. Das erfordert eine Desorption der Viren von den Schlammpartikeln und eine anschließende Trennung der Viren von den gelösten toxischen Stoffen. Die Desorption der Viren von den Schlammpartikeln erfolgt, zumindest teilweise, durch die Wirkung der Serumproteine, die in dem MEM enthalten sind, sowie durch die anschließende niedertourige Zentrifugation. Die Trennung der desorbierten Viren, die sich nun im Überstand befinden, von den toxischen Stoffen könnte zwar mit Hilfe der Ultrazentrifugation erreicht werden, jedoch ist eine weniger aufwendige Methode wünschenswert.

Eine technisch einfache Lösung wäre die erneute Adsorption der Viren an nicht toxischen Partikeln, deren niedertourige Sedimentation in der Zentrifuge zur Trennung vom toxischen Überstand, die Resuspension des virenhaltigen Sedimentes in PBS und die Bestimmung des Virentiters in der PBS-Suspension.

Wir haben Magnetitpulver als Virenadsorbens ausgewählt, ein Material, das bereits mit Erfolg zu solchen Zwecken verwendet worden ist [4]. Die Versuche mit Magnetitpulver wurden mit dem einfachen Plaquetest durchgeführt.

Um die Relation der adsorbierten Polioviren zu der benötigten Magnetitmenge feststellen zu können, wurden sechs mal 4ml Virususpension in sechs Falconröhrchen verteilt. Gleichzeitig wurden in fünf Falconröhrchen entweder 10 mg oder 50 mg, 200 mg oder 500 mg Magnetitpulver gefüllt. Das sechste Falconröhrchen wurde nicht mit Magnetitpulver versetzt. Dieser Ansatz diente als positive Kontrolle und sollte darüber Auskunft geben, ob die mechanischen Manipulationen den Virusnachweis beeinflussen.

Alle Ansätze wurden für 60 min bei 4° C rotiert. Hierdurch sollte eine intensive Vermischung der Virussuspension mit den Magnetitbestandteilen herbeigeführt und die Adsorption der Viren an die Magnetitbestandteile gefördert werden. Die anschließende niedertourige Zentrifugation ermöglichte die Auftrennung der Magnetitfraktionen von den Überständen. Die Überstände der sechs Ansätze wurden dekantiert und gesondert der Virustiterbestimmung im Plaquetest zugeführt. Die Titerhöhe war das direkte Maß für die im Verlauf der Beseitzten Menge Magnetitpulver gebundenen Viren.

Tabelle 3 gibt die Menge adsorbierter Viren in Abhängigkeit von der eingesetzten Menge Magnetitpulver an.

In Tabelle 4 ist die Wiederfindungsrate von Polioviren bei einer Magnetitpulvermenge von 200 mg angegeben. Hierzu wurde ein Ansatz mit 200 mg Magnetitpulver mit 4 ml Virussuspension angesetzt. Die anschließende Behandlung wurde wie oben beschrieben durchgeführt. Das magnetithaltige Sediment wurde anschließend mit 4 ml Pbs versetzt und auf dem Rührtablett für 30 min bei 4° C resuspendiert und der Austestung im Plaquetest zugeführt. Der Titer der letzten Suspension ergab eine Wiederfindungsrate der eingesetzten Viren aus Magnetitpulver von knapp unter 40%.

Diskussion

Bei der Bestimmung von Viren in Roh- oder Klärschlamm macht sich gewöhnlich die große Anzahl Bakterien und Pilze, die darin enthalten sind, für den Nachweis störend bemerkbar. Auch der Zusatz von Antibiotika und Antimykotika zum Zellmedium kann den Bakterien- und Pilzwuchs nicht gänzlich unterbinden. Häufig hat man es auch mit zelltoxischen Schlämmen zu tun, die Schwermetalle, Pestizide, Detergentien etc., enthalten. Bei der Bestimmung mit Hilfe des Quantalverfahrens (Röhrchenmethode) muß die Schlammprobe zuerst steril filtriert werden. Andernfalls würde ein Bakterien- oder Pilzbewuchs ein Auswerten der Röhrchen unmöglich machen. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, daß man die Menge an Filtrat, die man pro Röhrchen verwendet, beliebig klein wählen kann und dadurch die Toxizität schmälert. Nachteilig wirkt sich die bei der Sterilfiltration immer durch Adsorption am Filter stattfindende Virusreduktion aus.

Beim Nachweis mit dem einfachen Plaquetverfahren auf einem Zellrasen ist eine absolute Keimfreiheit der Probe nicht erforderlich. Die vorhandenen Bakterien oder Pilze bilden einzelne, umschriebene Kolonien im Agar, die die Auszählung der Virenplaques im Zellrasen nicht hindern. Auf eine Sterilfiltration der Probe kann daher zugunsten einer niedertourigen Zentrifugation verzichtet werden. Letztere eliminiert den größten Teil der störenden Mikroorganismen ohne zu einem Verlust an Viren zu führen.

Morris und Waite [16] berichteten über Virenisolate aus Flüssen, die als Kläranlagenvorfluter fungierten. Dabei stellten sie fest, daß die 3D-Plaquemethode eine höhere Ausbeute ergab als die einfache Plaquemethode. Wir haben in dieser Arbeit deswegen vorrangig die 3D-Plaquemethode angewandt. Sie verbindet die Vorteile des Röhrchenverfahrens mit denen des einfachen Plaquetestes. Es ist nicht erforderlich, im voraus Petrischalen mit einem Zellrasen vorzubereiten. Es wird lediglich eine Zellsuspension benötigt, die man kurzfristig herstellen kann, so sind Petrischalen mit Gewebekulturqualität nicht erforderlich. Auf der anderen Seite, verzichtet man bei dem 3D-Plaquesverfahren nicht auf die Vorteile des einfachen Plaquesverfahrens: Ein "Überwuchern" von sich schnell vermehrenden Viren, die damit andere in der Probe vorhandene Viren maskieren, findet nicht statt, da man es mit einzelnen, diskreten Plaques zu tun hat. Diese können mit einer Kanüle oder mit einer Pasteurpipette ausgestanzt werden. Die so ausgestanzten Agarzylinder können zur weiteren Identifizierung erneut in einer Flüssigkultur angezüchtet werden.

Auch die Anwesenheit kontaminierender Bakterien oder Pilze ist eher tolerabel als in einer Flüssigprobe, da diese Kontaminanten einzelne, im Agar eingebettete Kolonien erzeugen, die in der Regel die Abzählung der Virenplaques nicht stören. Dieser Gesichtspunkt ist bei Umweltproben wichtig.

Durch die relativ hohe Dichte der Zellen im Agar entsteht eine große Membranoberfläche, die naturgemäß sehr hydrophob ist. Die Bindungskapazität dieser Membranoberfläche zu den Detergentien und Pestiziden, die im Schlamm vorhanden sein können, bewirkt, gemäß ihrer Verteilungskoeffizienten, daß die einzelne Zelle mit einer kleineren Dosis belastet wird. Dieses senkt die Toxizität für die einzelne Zelle und macht somit den Test weniger anfällig für die im Schlamm vorhandenen toxischen Stoffe.

Trotzdem ist zu erwarten, daß bei manchen Schlammproben eine direkte Vermischung von Schlammüberstand und Zellsuspension wegen der hohen Zelltoxizität nicht möglich ist. In diesem Fall ist die Anwendung der im Ergebnisteil besprochenen Trennung von Viren und Schlamm mit Hilfe von Magnetit sinnvoll. Es findet dadurch zwar eine Virusreduktion statt, dies verhindert jedoch nicht prinzipiell die Beurteilung z.B. eines Schlammhygienisierungsprozesses.

Durch die Anwendung des 3D-Verfahrens konnten wir, ohne den Aufwand zu erhöhen, die Effizienz des Virennachweises in Schlamm im Vergleich zu anderen Verfahren um z.T. das Dreißigfache steigern.

Literatur

1. Antoniadis, G., Seidel, K., Bartocha, W. und Lopez, J. M.: Virenelemination aus städtischen Abwässern durch biologische Abwasserreinigung. Zbl. Bakt. Hyg., 1 Abt. Orig. B 176 (1982) 537 - 545

2. Balluz, S. A., Jones, H. H., and Butler, M.: The persistence of poliovirus in activated sludge treatment. *J. Hyg. Camb.* 78 (1977) 165 - 173
3. Bertucci, J. J., Leu-Hing, C., Zenz, D., and Sedita, S. J.: Inactivation of virus during anaerobic sludge digestion. *J. Water. Pollut. Contr. Fed.* 50 (1977) 1642 - 1651
4. Bitton, G., Pancorbo, O., and Gifford, G. E.: Factors affection of poliovirus to magnetit in water and wastewater. *Res. Vol.* 10 (1976) 978 - 980
5. Clarke, N. A., Stevenson, R. E., Chang, S. L., and Kabler, P. W.: Removal of enteric viruses from sewage by activated sludge treatment. *Am. J. Public Health* 51 (1961) 1118 - 1129
6. Cliver, D. E.: Virus association with wastewater solids. *Enviro. Lett.* 10 (1975) 215 - 223
7. Cooper, P. D.: The plaque assay of animal virus. *Adv. Virus Res.* 8 (1967) 319 - 378
8. Glass, J. S., Van Sluis, R. J., and Yanko, W. A.: Prachtial methode for detection poliovirus in anaerobic digester sludge. *Apply. Environ. Microbiol.* 35 (1978) 983 - 985
9. Hurst, C. J., Farrah, S. R., Gerber, C. P., and Melnik, J. L.: Development of quantitativ methods for the detektion of enterovirus in sewage during activation and following land disposal. *Appl. Enviro. Microbiol.* 36 (1978) 81 - 89
10. Kelly, S., Sanderson, W. W., and Neidl, C.: Removal of entereovirus from sewage by activated sludge. *J. Water Pollut. Contr. Fed.* 33 (1961) 1056 - 1062
11. Lund, E., Hedstrom, C. E., and Jantzen, N.: Occurence of enteric viruses in wastewater after activated sludge treatment. *J. Water. Pollut. Contr. Fed.* 41 (1969) 169 - 174
12. Lund, E. and Ronne, V.: On the isolation or virus from sewage plant sludges. *Water. Res.* 7 (1973) 863 - 871

13. Malina, J. F., Jr., Ranganathan, K. R., Sagik, B. P., and Moore, B. E.: Poliovirus inactivation by activated sludge. *J. Water Pollut. Contr. Fed.* 47 (1975) 2178 - 2183
14. Mandel, B.: Characterisation of type 1 poliovirus by electrophoretic analysis. *Virology* 44 (1971) 554 - 568
15. Moore, B. E., Sagik, B. P., Malina, J. F., Jr.: Viral association with suspended solids. *Water Res.* 9 (1975) 197 - 203
16. Morris, R. and Waite, W. M.: Evaluation of procedures for recovery of virus from water. *Water Res.* 14 (1980) 795 - 798
17. Sattar, S. A. and Westwood, C. N.: Comparison of four eluents in the recovery of indigenous viruses from raw sludge. *Can. J. Mikrobiol.* 22 (1976) 1586 - 1589
18. Strauch, D. und Philipp, W.: Seuchenhygienische Probleme des Klärschlammes. *Zbl. Bakt. Hyg., 1 Abt. Orig. B* 178 (1983) 142 - 154
19. Strauch, D.: Ursachen und mögliche Auswirkungen des Vorkommens pathogener Agentien in kommunalem Klärschlamm. *Schweiz. Arch. Tierheil.* 125 (1983) 621 - 659
20. Ward, F. L. and Ashley, C. S.: Inactivation of poliovirus in digested sludge. *Apply. Enviro. Microbiol.* 31 (1976) 921 - 930
21. Ward, F. L. and Ashley, C. S.: Heat inactivation of poliovirus in wastewater sludge. *Apply. Environ. Microbiol.* 32 (1976) 339 - 346
22. Wellings, F. M., Lewis, A. L. and Mountain, C. W.: Demonstration of solide-associated viruses on wastewater and sludge. *Appl. Environ. Lett.* 10 (1976) 354 - 358

Tabelle 1: Virennachweis in Schlamm

	2 ml Schlamm ohne Beschallen	2 ml Schlamm mit Beschallen	2 ml Schlamm + ca. 6 Pfu Polio ohne Beschallen	2 ml Schlamm + ca. 6 Pfu Polio mit Beschallen	ca. 6 Pfu in 0,5 ml PBS
Probe 1	25	94	48	36	3
Probe 2	58	14	75	62	0
Probe 3	103	152	108	73	9
Probe 4	82	99	111	100	19
Probe 5	53	62	77	83	7

Tabelle 2: Virennachweis in hygienisiertem Schlamm

	2 ml Schlamm ohne Beschallen	2 ml Schlamm mit Beschallen	2 ml Schlamm + ca. 6 Pfu Polio ohne Beschallen	2 ml Schlamm + ca. 6 Pfu Polio mit Beschallen	ca. 6 Pfu in 0,5 ml PBS
Probe 1	0	0	12	19	16
Probe 2	0	0	8	1	5
Probe 3	0	0	2	1	4
Probe 4	0	0	5	4	11
Probe 5	0	0	5	1	3

Tabelle 3: Adsorption von Polioviren an Magnetit

Menge	Pfu/ml	% in Überstand	% gebunden
0	6.700	100	0
10 mg	2.500	37,3	62,7
50 mg	500	7,5	92,5
100 mg	400	6,6	93,4
200 mg	65	1	99,0
300 mg	3	0,04	99,96

Tabelle 4: Nachweis von an Magnetit gebundenen Viren

	Pfu/ml	% in Überstand	% gebunden	Wiedergefunden nach Resuspension des Sediments und direkter Austestung	
				Pfu/ml	%
Vor dem Zu- setzen des Adsorptionsmittels	25.000	100	0	---	---
nach Magnetit	90	0,4	99,6	11.100	39,6

Bakteriologisch-seuchenhygienische Aspekte der Untersuchung von Trink- und Badewasser

K. Seidel

Beiträge mit dieser Thematik werden gewöhnlich mit der Erwähnung eines epidemischen Geschehens begonnen, das durch Bakterien im Zusammenhang mit der menschlichen Nutzung von Wasser ausgelöst worden ist. Oft stellt sich daraufhin der Eindruck ein, daß es sich hierbei um Probleme der Vergangenheit handelt. Dies trifft in Sonderheit dann zu, wenn bei Trinkwasser die großen Epidemien der Jahrhundertwende, wie die Hamburger Choleraepidemie von 1892 oder die Gelsenkirchener Typhusepidemie von 1901, zitiert werden. An diesen lassen sich jedoch die Charakteristika von trinkwasserbedingten Epidemien sehr gut darstellen, so daß eine derartige Einleitung stets sinnvoll ist [1].

Da in letzter Zeit chemische Kontaminationen des Trinkwassers bzw. Reaktionsprodukte von Aufbereitung und Desinfektion des Wassers publizistisch sehr stark in den Vordergrund getreten sind, kann sich der Eindruck verstärken, daß wasserübertragene, mikrobiell verursachte Erkrankungen in Deutschland keine Bedeutung mehr haben. Dabei würden jedoch 2 Aspekte übersehen:

1. Die äußeren Bedingungen für die Verbreitung von humanpathogenen Mikroorganismen über das Wasser bestehen auch weiterhin in vollem Umfang.
2. Veränderungen im Umgang mit Wasser können mikrobiologische Konsequenzen und damit Infektionsrisiken in sich bergen.

Wasserübertragene Infektionen lassen sich durch eine Vielzahl hygiene-technischer Maßnahmen ausschalten. Die wichtigste Maßnahme im Trinkwasserbereich ist es immer, das Auftreten von humanpathogenen Erregern bereits im Rohwasser soweit wie vertretbar möglich, zu vermeiden. Dies heißt, Infektionsrisiken bereits durch Nutzung seuchenhygienisch unbedenklichen Wassers a priori auszuschalten. Weiterhin muß, von der Gewinnung bis zur Abgabe des Wassers an den Verbraucher, ein technisch gut abgesicherter Transport des Wassers erfolgen, um die bestehende bzw. durch Aufbereitung erreichte Qualität des Trinkwassers beizubehalten.

Bei Schwimm- und Badebeckenwässern erfolgt durch deren Nutzung stets ein Eintrag von Mikroorganismen, die zum Teil als humanpathogen bzw. fakultativ pathogen bezeichnet werden müssen. Diese Keime müssen kontinuierlich aus dem Wasser entfernt werden, ein Problem, das sich nicht allein durch Frischwasserzusatz lösen läßt [2].

Sowohl im Trinkwasser als auch Badebeckenwasser ist eine Überwachung der mikrobiologischen Beschaffenheit des Wassers zur Abwendung von Infektionsrisiken erforderlich. Diese Überwachung kann nur in begrenztem Umfang kontinuierlich sein, weshalb die bakteriologischen Untersuchungen u.a. immer auch im Zusammenhang mit kontinuierlich erfaßbaren physiko-chemischen Daten und allgemein technischen Bedingungen gesehen werden müssen. Das seuchenhygienische Überwachungssystem der Wasserqualität muß, um Infektionen und Epidemien vorzubeugen, konsequent eingehalten werden. Dieses System muß gut praktikabel, so umfassend aussagefähig wie möglich und dabei kostenmäßig vertretbar sein.

Bei der Aussagefähigkeit des Systems muß ein Kompromiß gefunden werden, der den Spezifika der vorgesehenen Nutzung des Wassers optimal Rechnung trägt. Im folgenden sollen zwei aktuelle, bakteriologisch-seuchenhygienische Aspekte der Untersuchung von Trink- und Badewasser daraufhin dargestellt werden.

Durch Mensch und Tier wird eine Vielzahl von Bakterien beherbergt und in die Umwelt ausgeschieden. Die weitaus überwiegende Zahl ist apathogen, ein Teil ist fakultativ humanpathogen und in noch geringerem Umfang pathogen. Bestimmte pathogene Bakterien sind jedoch immer, lediglich im Bezug auf eine Population, in schwankenden Quantitäten in den Ausscheidungen nachweisbar. Sie gelangen in das kommunale Abwasser und können damit Oberflächengewässer, Uferfiltrate oder Grundwässer erreichen und so zum Risikofaktor für die Trinkwassergewinnung werden. Dies kann bedeuten, daß oral eine solche Quantität aufgenommen werden kann, die zur Infektion bzw. Erkrankung führt. Diese sog. minimal infektiösen Dosen stellen kein festes Maß dar. Sie sind spezifisch nach der Virulenz der Erreger, der Disposition des Empfängers und dem Übertragungsweg.

Zusätzlich kann es, entweder durch unterschiedliche Nachweismethodik oder eine Pathogenitätsänderung eines Keimes bedingt, zu sich ändernden Werten für die infektiösen Dosen kommen. Als Beispiel für orale Aufnahme sei erwähnt, daß man für Salmonellen bisher etwa 100.000 KBE (koloniebildenden Einheiten) als infektiöse Dosis betrachtete. Inzwischen weiß man aber, daß sich diese Werte bei zumindestens einigen Salmonella-Arten um mindestens das Hundertfache verringern können [3,4,5].

Unser seuchenhygienisches Trinkwasserindikatorsystem beruht seit den Epidemien der Jahrhundertwende auf der Bestimmung der Koloniezahl und dem Nachweis von *Escherichia coli* [1]. Der methodische Rahmen dieser Feststellung hat sich bis heute nur sehr geringfügig geändert. Nach der Trinkwasser-Verordnung,

wie sicher auch deren bevorstehender Novellierung in Anpassung an die EG-Richtlinie "Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch", fordern wir:

- die Abwesenheit von *Escherichia coli* in 100ml
- die Abwesenheit coliformer Keime in 100 ml und
- die Koloniezahl (in Modifikation von Aufbereitung und Verbrauchszweck des Trinkwassers sind hier variable Richtwerte vorhanden) [6, 7].

Sie berücksichtigen, auch wenn man die für uns oft keine zusätzlichen Informationen liefernden erweiterten Kriterien der EG-Richtlinie betrachtet, in ihren spezifischen Keimnachweisen nur orale Infektionsmöglichkeiten.

Im speziellen Fall erwärmter Trinkwässer scheint dieses Indikatorsystem jedoch nicht ausreichend repräsentativ, da mit ihm respiratorische Infektionen nicht erfaßt werden können. Seit einigen Jahren weiß man, daß durch bestimmte Trinkwässer bzw. Aerosole auch bakteriell bedingte respiratorische Infektionen übertragen werden können. Anlässlich eines Treffens US-amerikanischer Legionäre, in einem Hotel in Philadelphia, erkrankten 7% der Teilnehmer, von denen wiederum 15% verstarben. Die Ursache war zunächst völlig unklar, bis nach etwa 6 Monaten der Nachweis des ätiologischen Agens gelang. Es handelt sich um ein, durch die Klimaanlage des Hotels verbreitetes Gram-negatives Stäbchenbakterium, welches den Namen *Legionella pneumophila* erhielt [8].

Die Erkrankung wurde zuerst als "Legionärskrankheit" bezeichnet, sie wird heute Legionellose genannt.

Während man, wegen der Besonderheit der damaligen Epidemie, zunächst nur an das Vorkommen des Erregers in bestimmten Klimaanlagen dachte, ist inzwischen bekannt, daß es sich hierbei um einen im wässrigen Milieu nahezu ubiquitär verbreiteten fakultativ humanpathogenen Erreger handelt [9]. Außer *L.pneumophila*, mit bislang 8 Serogruppen, sind bisher 10 weitere *Legionella*-Arten nachgewiesen worden, wobei von einigen dieser Arten ebenfalls als sicher gilt, daß sie humanpathogen sein können [10].

Vom Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene wurden, in Zusammenarbeit mit der Abteilung Bakteriologie des Robert-Koch-Institutes des Bundesgesundheitsamtes (RKI)*) seit 1983 orientierende Untersuchungen über das Vorkommen von *L.pneumophila* durchgeführt [10].

Eine erste Übersicht über etwa 700 Proben aus 5 Gebäuden in Berlin und dem Großraum Frankfurt/Main ergibt folgendes Bild:

- *L.pneumophila* ist bei uns in zentralen Wasserversorgungsanlagen nachweisbar.
- Eine Besonderheit des Bakteriums ist, daß es sich bei Temperaturen über 40°C nicht nur stabil verhält sondern auch vermehren kann. In Modellversuchen hat man dies direkt bis 42°C belegt [11].

*)Die serologische Diagnostik (1-6) wurde von Frau Dr.I. Horbach, Abt. Bakteriologie des RKI (Ltr.: Prof.Dr.F.J.Fehrenbach) durchgeführt.

Die prozentuale Nachweishäufigkeit belegt den verstärkten Nachweis in Warmwassersystemen auch bei unseren Untersuchungen. Im Kaltwasser konnten nur in einem der untersuchten Gebäude positive Befunde erhoben werden. Von den dort untersuchten 60 Proben waren 10 Proben positiv.

- Untersuchungen zentraler Warmwasserversorgungssysteme ergeben dagegen positive Befunde von maximal etwa 70%.

- Ein Vergleich der positiven Befunde in Bezug auf die Probenvolumina ergibt ebenfalls einen Hinweis auf verstärkte Besiedlung im Warmwasserbereich. Während die wenigen positiven Kaltwasserproben sämtlich aus Volumina von 1 Liter oder 100 ml stammen, können bei Warmwasser positive Befunde sogar in 0,1 ml und weniger erbracht werden.

- Die Mehrzahl der positiven Warmwasserbefunde stammt aus dem Temperaturbereich von 35 bis 50°C; es gelingen jedoch auch wenige Isolationen bei Wassertemperaturen von über 60°C.

- In der Reihenfolge ihrer Nachweishäufigkeit werden die Serogruppen 4 und 5 etwa gleich stark, weniger die Serogruppe 1 und am seltensten die Serogruppe 6 nachgewiesen.

- Unsere Untersuchungen belegen weiter, dass die bakteriologischen Indikatoren der Trinkwasser-Verordnung das Vorkommen von *L.pneumophila* nicht anzeigen. Wir untersuchen einen Teil der Proben nicht nur auf das Vorkommen von *L.pneumophila*, sondern parallel gemäß den Vorschriften der Trinkwasser-Verordnung [6]. Sämtliche Proben entsprachen dieser Verordnung, unabhängig davon waren sie sowohl Legionella-positiv als auch -negativ.

- Begleituntersuchungen, in Form von Abstrichen an 39 Perlatoren der Entnahmeleitungen, ergeben keinen Hinweis auf eine Häufung positiver Befunde; es sind lediglich 3 Proben positiv.

Dagegen verdienen die Untersuchungen von Sedimenten bzw. Ablagerungen in zentralen Warmwasseraufbereitungskesseln offenbar größere Bedeutung. In ersten Proben gelangen hier in Verdünnungen von 1:100 noch positive Nachweise für *L.pneumophila*.

- Die Ursachen für das Auftreten von *L.pneumophila* im Kaltwasser des einen Gebäudes sind noch ebenso unklar, wie die Gründe für die Nichtnachweisbarkeit im Warmwasser eines anderen Gebäudes (aus den bislang untersuchten etwa 60 Proben gelingt dort noch kein Nachweis). Gebäudespezifische Umstände sind hier unter Umständen von Bedeutung.

Unklar ist ebenfalls, warum unter gleichen Entnahmebedingungen an gleichen Orten zu verschiedenen Zeiten extrem starke Unterschiede in der Nachweishäufigkeit bestehen. Es darf zusätzlich nicht übersehen werden, daß die Nachweismethodik für *L.pneumophila* noch nicht als optimal bezeichnet werden kann. Dies betrifft sowohl die Kultivierung der Keime, wie auch noch offene Fragen der serologischen Differenzierung, wie z.B. Kreuzreaktionen.

Wenn man die bisherigen Literaturdaten, wie auch unsere Nachweisraten berücksichtigt, stellt das Vorkommen von *L.pneumophila* im Kaltwasserbereich kein seuchenhygienisches Problem dar. Im Warmwasserbereich ist dies offenkundig nicht der Fall. Es bedarf jedoch weiterer Untersuchungen über die Ursachen des vermehrten Auftretens von *L.pneumophila* sowie das Vorkommen anderer fakultativ humanpathogener Spezies und Serogruppen. Eine abschließende seuchenhygienische Beurteilung kann noch ebenso wenig vorgenommen werden, wie eine Diskussion über evtl. hygiene-technische Konsequenzen für besondere Risikobereiche. Aus epidemiologischer Sicht darf jedoch nicht übersehen werden, daß für die Bundesrepublik Deutschland eine Hochrechnung auf jährlich etwa 5000 bis 6000 Erkrankungen und damit 1000 bis 2000 legionellosebedingte Todesfälle besteht [12]; die Vehikel dieser Legionellosen sind jedoch noch nicht geklärt.

Zwei Legionellose-Epidemien wurden unlängst aus den USA auch im Zusammenhang mit der Benutzung von Warmsprudelbecken (hot whirl pools) beschrieben [13]. Es liegen bisher noch keine ausreichenden Untersuchungen über das Vorkommen von fakultativ pathogenen Legionellen in derartigen Becken vor.

Der respiratorische Infektionsweg kann jedoch, zumindestens für dieses spezielle Badeangebot, nicht mehr ausgeschlossen werden, obwohl für Schwimm- und Badebeckenwässer Infektionen der Haut als die bedeutsamsten gelten müssen. Bereits jetzt ist daher, besonders im Zusammenhang mit sog. modernen Badeangeboten ein weiterer fakultativ pathogener Keim zu beachten, der nur in seltenen Fällen oral aufgenommen zu Komplikationen führt. *Pseudomonas aeruginosa* kann Infektionen der Haut und des äußeren Gehörganges auslösen und ist damit zugleich repräsentativ für die beim Baden stattfindende hauptsächlichliche Exposition. Orale Infektionen müssen für den Bereich der Schwimm- und Badebecken als vernachlässigbar geringe Ausnahme angesehen werden [5, 14]. Die Bestimmung der Fäkalindikatoren *E.coli* und coliforme Keime kann daher nicht der alleinige Maßstab zur Beurteilung der seuchenhygienischen Qualität von derartigen Wässern sein.

Im Gegensatz zu *L.pneumophila* ist *Pseudomonas aeruginosa* seit über 100 Jahren bekannt. Es wurde jedoch erst relativ spät angenommen, daß dieser Keim für die Schwimmbadhygiene zentrale Bedeutung hat. Gestützt wird dies durch zunehmende Berichte über Haut- und Ohrinfektionen, ausgelöst durch *Pseudomonas aeruginosa* [15, 16].

Erst unlängst ereignete sich in einem Freizeitzentrum in den Niederlanden eine *pseudomonas*-bedingte Otitis-externa-Epidemie mit über 300 Erkrankungen. An diesem Geschehen läßt sich auch zeigen, warum die Dunkelziffer derartiger Infektionen wahrscheinlich sehr hoch ist. Nur die Tatsache, daß alle Patienten in diesem Ferienzentrum den gleichen Arzt aufsuchten, ließ die Häufung erkennen und ermöglichte das Ermitteln und Beseitigen der Ursache, einen völlig *pseudomonas*-kontaminierten whirl pool - Bereich [17]. Neben der unge-

nügenden Erfassung derartiger Infektionen ist auch die anamnestische Klärung, im Falle des Vorliegens einer entsprechenden Infektion sicher unzureichend. Ein Blick auf Statistiken aus den USA belegt, daß derartige Infektionen auftreten [18].

Im Rahmen anderer Untersuchungen wurde bereits früher nachgewiesen, daß sich *P.aeruginosa* auf Materialien im Schwimm- und Badebeckenbereich vermehren kann und damit die von den Badenden eingetragenen Keime ein Infektionsrisiko darstellen können [19].

Bei der Betrachtung der seuchenhygienischen Bedeutung von *P.aeruginosa* muß zudem beachtet werden, daß sich in den letzten Jahren die Expositionsmöglichkeiten erheblich vergrößert haben. Es gibt zwischenzeitlich eine nahezu unüberschaubare Vielfalt von öffentlichen, gewerblichen und privaten Badeangeboten. Gab es früher im Prinzip nur das städtische Hallenbad und getrennt davon die Saunen, gibt es heute außer diesen Warmsprudelbecken, Psycho-Tanks, Wasserlandschaften und eine Vielzahl von Kombinationsformen mit Saunen und anderen Fitness-Einrichtungen unter einem Dach. Dadurch hat sich auch die Aufenthaltszeit für den Einzelnen im Wasser erhöht; bei Sportschwimmern ist dies schon länger der Fall. Dies führt zu einer Hyperhydrosis der Haut und möglichen Veränderung der Hautflora im Sinne einer Verschiebung von der normalen Gram-positiven Flora hin zu Gram-negativen Keimen, wie u.a. *P.aeruginosa* [18].

Unsere Untersuchungen von Psycho-Tanks [20] wie auch die von bestimmten gewerblichen Badeangeboten [21] haben eine unverhältnismäßig hohe Zahl positiver Befunde für *P.aeruginosa* ergeben. Demgegenüber ist der Beanstandungsgrad für öffentliche und gemäß DIN 19 643 [22] gewartete Bäder wesentlich geringer.

Tabelle 1: Nachweis von *P.aeruginosa* in öffentlichen und gewerblichen Badeangeboten Berlins

Ort	Positiver Befund/Probenzahl
Öffentliche Schwimmhallen	1/61
Hotelbäder	1/37
Warmsprudelbecken	24(9*)/66
Psycho Tanks	9(9*)/18
Sauna-Tauchbecken	14(2*)/68

* davon positive Befunde in 10 bzw. 1 ml Probe

Die hier vorgestellten Untersuchungsergebnisse belegen das Vorkommen von fakultativ humanpathogenen Bakterien in bestimmten Bereichen zentraler Wasserversorgungen wie auch Schwimm- und Badebeckenwässern. Sie sollen einer

sachlichen Information und Diskussion und nicht einer Verketterung dieses oder jenen Bereiches oder technischen Angebotes dienen.

Obwohl die seuchenhygienische Beurteilung für *L. pneumophila* noch längst nicht als abgeschlossen betrachtet werden kann, muß bereits jetzt von einem mikrobiologischen Problem, in Sonderheit für zentrale Systeme der Warmwasserbereitung, gesprochen werden. Konzentrationen und Pathogenität der in der Umwelt zirkulierenden fakultativ pathogenen *Legionella*-Species müssen jedoch ebenso noch untersucht werden, wie die Ursachen für deren Vorkommen, da es zur Zeit nur den Nachweis der Legionellen und keinen anderen "Indikator" gibt.

Für *Pseudomonas aeruginosa* scheint uns inzwischen belegt, daß das Auftreten dieses Keimes im Schwimm- und Badebeckenwasser seuchenhygienische Konsequenzen haben kann. Den Festlegungen der DIN 19 643 "Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser", den Parameter *P.aeruginosa* in die Untersuchungen einzubeziehen, kann daher in vollem Umfang zugestimmt werden. Im Hinblick auf die Priorität in der Bewertung des Gesamtindikatorsystemes ist er sicher vorrangig, gegenüber den anderen Parametern *E.coli*, coliforme Keime und Koloniezahl zu beachten.

Für Unterstützung bei der Durchführung dieser Untersuchungen danke ich besonders Frau. Med.-Techn.Ass. G.Bäz, Herrn Dipl.-Ing. W.Bartocha, Herrn Dipl. Biol. W.Börnert und Frau Biol.-Techn. Ass. U.Fassin.

Literatur

1. Müller, G.: Grundlagen und Probleme der Trinkwasserdesinfektion. in: Schr. Reihe Ver. Wass.- Boden- Lufthyg. 31 (1970) 7 - 19
2. Seeber, E. und K. Seidel (Hrsg.): Schwimmbadhygiene II. Schr. Reihe Ver. Wass.- Boden- Lufthyg. 58 (1984) 126 S.
3. Boring, J.R.III et al.: Isolation of *Salmonella typhimurium* from municipal water, Riverside, California, 1965. *Amer. J. Epidemiol.* 93 (1971) 49 - 54
4. Blaser, M.J. and L.S.Newman: A review of human salmonellosis: I.Infective dose. *Rev. Inf. Dis.* 4 (1982) 1096 - 1106

5. Borneff, J.: Hygiene, 4.Aufl., Georg Thieme Verlag Stuttgart-New York, 1982, S. 213 - 220
6. Verordnung über Trinkwasser und über Brauchwasser für Lebensmittelbetriebe v. 31.01.1975, i.d.F. vom 25.06.1980, BGBl. Jahrgang 1980, Teil I, S.764
7. Richtlinie des Rates vom 15. Juli 1980 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (80/778/EWG), Amtsblatt der Europ. Gemeinschaften Nr. L 229/11 v.30.08.1980
8. Fraser, D.W. et al.: Legionnaires' Disease. Description of an Epidemic of Pneumonia. New England J. Med. 297 (1977) 1189 pp.
9. Fliermans, C.B.: Autecology of Legionella pneumophila. Zbl. Bakt. Hyg., I.Abt. Orig. A 255 (1983) 58 - 63
10. Seidel, K. und G. Bätz: Vorkommen von L.pneumophila in Trinkwasserleitungssystemen. Vortrag, Arbeitstagung der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM), 04. Oktober 1984, Mainz
11. Yee, R.B. and R.M Wadowsky: Multiplication of Legionella pneumophila in Unsterilized Tap Water. Appl. Environ. Microbiol. 43 (1982) 1330 - 1334
12. Müller, H.E.: Häufigkeit der Legionärskrankheit und Übertragung durch Leitungswasser. Hyg.+Med. 8 (1983) 45 - 47
13. Hightsmith, A.K: Microorganisms Isolated in Outbreaks: Whirl pools-The Epidemiology and Microbiology of Disease. Vortrag 84th Ann. Meetg. Amer. Soc. Microbiol., 08.März 1984, St.Louis, USA
14. Exner, M.: Beiträge zum Stand der Kenntnisse der Risiken in öffentlichen Badeanstalten aus hygienischer Sicht. Arch. Badewes. 31 (1978) 183 - 219
15. Botzenhart, K., E.Thofern und U.Höhnefeld: Krankheitserreger im Wasser von Schwimmbädern mit besonderer Berücksichtigung von P.aeruginosa. Med. MSchr. 26 (1972) 364 - 368
16. Schubert, R.: Badewasserinfektionen von Haut und Ohr durch Pseudomonas aeruginosa Umweltmedizin 2 (1981) 29 - 30
17. Havelaar, A.H.,M.Bosman and J. Borst: Otitis externa by Pseudomonas aeruginosa, associated with whirl pools. J. of Hygiene 90 (1983) 489 - 498

18. Seeber, E.: HNO-Relevanz unter dem Aspekt der Schwimmbadhygiene. Bundesgesundhbl. 27 (1984) 361 - 366
19. Exner, M. und K. Botzenhart: Vermehrungsorte von Mikroorganismen im Schwimmbadbereich. Arch. Badewes. 32 (1979) 249 - 252
20. Seidel, K., W. Bartocha und E. Seeber: Eine moderne Badevariante? - Zur seuchenhygienischen Beurteilung sogenannter "Psycho-Tanks". Bundesgesundhbl. 26 (1983) 277 - 278
21. Bartocha, W. und K. Seidel: Untersuchungen von Badebeckenwasser in Saunatauchbecken, Warmsprudelbecken (whirl pools) und Schwimmbädern. Schr.-Reihe Verein Wass.-Boden- Lufthyg. 58 (1984), 51 - 70
22. DIN 19 643 "Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser". Beuth Verlag Berlin, April 1984

**Veröffentlichungen aus dem Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
des Bundesgesundheitsamtes (Eigenverlag: ISSN 0175-4211)**

- 1/1984 E. Lahmann, I. Steinbach, L.-Zh. Zhao, W. Siggelkow, B. Seifert
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Stadtluft in Berlin (West)
- 2/1984 B. Seifert, K.-E. Prescher, D. Ullrich
Auftreten anorganischer und organischer Substanzen in der Luft von Küchen und anderen Wohnräumen
- 3/1984 E. Lahmann, K.-E. Prescher
Stickstoffoxide in atmosphärischer Luft und im Regenwasser in Berlin (West)
Untersuchungen und Auswertungen von 1983
- 4/1984 E. Lahmann
Informationsquellen auf dem Fachgebiet Reinhaltung der Luft
- 5/1984 N. Englert
Messung der peripheren motorischen Nervenleitgeschwindigkeit bei Feldversuchen
Anwendung eines Verfahrens zur Erfassung von Schadwirkungen am Nervensystem durch Umweltnoxen
- 1/1985 **Reden anlässlich der Verabschiedung des Leiters des Instituts für Wasser-, Boden- und Luft-
hygiene, Herrn Prof. Dr. med. Karl Aurand, und Amtseinführung seines Nachfolgers, Herrn
Prof. Dr. med. Giselher von Nieding**
Berlin, 30. März 1984
- 2/1985 W. Christmann, M. Erzmann, H. Irmer
Abwassersituation in der Zellstoffindustrie
Stand und Entwicklung der innerbetrieblichen und externen Vermeidungsmaßnahmen

Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene E.V.

Nr.1*:	Stooff: Chemische und physikalisch-chemische Fragen der Wasserversorgung	
Nr.2:	Meinck: Englisch-deutsche und deutsch-englische Fachausdrücke aus dem Gebiete der Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung	7,00 DM
Nr.3:	Kisker: Die Überwachung der Grundstückskläranlagen	0,50 DM
Nr.4:	Kolkwitz: Ökologie der Saprobien	5,00 DM
Nr.5*:	Beger: Leitfaden der Trink- und Brauchwasserbiologie	
Nr.6*:	Meinck/Stooff/Weldert/Kohlschütter: Industrie-Abwässer	
Nr.7*:	Lüdemann: Die Giftwirkung des Mangans auf Fische, Krebse und Fischnährtiere	
Nr.8:	Büsscher: Untersuchungen über den Aufwuchs in Wasserbecken und seine Bekämpfung mit Kupfersulfat	2,60 DM
Nr.9:	Meinck/Thomaschk: Untersuchungen über den anaeroben Abbau von Viskoseschlamm	4,40 DM
Nr.10:	Beyreis/Heller/Bursche: Beiträge zur Außenlufthygiene	9,60 DM
Nr.11:	Steinkohlenflugasche	15,00 DM
Nr.12*:	Bethge/Löbner/Nehls/Kettner/Lahmann: Außenlufthygiene. 1. Folge	
Nr.13*:	Bethge/Büsscher/Zinkernagel/Löbner: Außenlufthygiene. 2. Folge	
Nr.14a*:	Kruse: Einheitliche Anforderungen an die Trinkwasserbeschaffenheit und Untersuchungsverfahren in Europa	
Nr.14b:	Einheitliche Anforderungen an die Beschaffenheit, Untersuchung und Beurteilung von Trinkwasser in Europa	8,60 DM

Nr. 15:	Löbner: Ergebnisse von Staubbiederschlagsmessungen an verschiedenen Orten Deutschlands . .	2,00 DM
Nr. 16:	Naumann/Heller: Probleme der Verunreinigung von Grund- und Oberflächenwasser durch Mineralöle und Detergentien. Luftverunreinigung und Abhilfemaßnahmen	2,50 DM
Nr. 17:	Aurand/Delius/Schmier: Bestimmung der mit Niederschlag und Staub dem Boden zugeführten Radioaktivität (Topfsammelverfahren)	4,00 DM
Nr. 18*:	Naumann: 60 Jahre Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene	
Nr. 19:	Abhandlungen aus dem Arbeitsgebiet des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene	17,60 DM
Nr. 20:	Sattelmacher: Methämoglobinämie durch Nitrate im Trinkwasser	4,80 DM
Nr. 21:	Vorträge auf der Jahrestagung des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 1963 in Berlin	4,80 DM
Nr. 22:	Langer/Kettner: Vorträge auf der Jahrestagung des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 1964 in Köln	5,10 DM
Nr. 23:	Lahmann: Luftverunreinigung in den Vereinigten Staaten von Amerika	5,60 DM
Nr. 24*:	Mauch: Bestimmungsliteratur für Wasserorganismen in mitteleuropäischen Gebieten	
Nr. 25:	Lahmann / Morgenstern / Grupinski: Schwefeldioxid-Immissionen im Raum Mannheim/Ludwigshafen	6,80 DM
Nr. 26:	Kempf/Lüdemann/Pflaum: Verschmutzung der Gewässer durch motorischen Betrieb, insbesondere durch Außenbordmotoren	8,50 DM
Nr. 27:	Neuzeitliche Wasser-, Boden- und Lufthygiene . .	10,80 DM
Nr. 28:	Lahmann: Untersuchungen über Luftverunreinigungen durch den Kraftverkehr	13,40 DM
Nr. 29:	Heller/Kettner: Forschungsarbeiten über Blei in der Luft und in Staubbiederschlägen	11,60 DM
Nr. 30:	Meteorologie und Lufthygiene	19,80 DM
Nr. 31*:	Die Desinfektion von Trinkwasser	

Nr. 32:	Rattenbiologie und Rattenbekämpfung.	29,40 DM
Nr. 33:	Beiträge aus dem Gebiet der Umwelthygiene . .	30,80 DM
Nr. 34:	Gewässer und Pestizide. 1. Fachgespräch	15,20 DM
Nr. 35:	Kettner: Geruchsbelästigende Stoffe	15,00 DM
Nr. 36:	Durchlässigkeit von Lockersedimenten – Methodik und Kritik	9,20 DM
Nr. 37:	Gewässer und Pflanzenschutzmittel. 2. Fach- gespräch	27,40 DM
Nr. 38:	Umweltschutz und öffentlicher Gesundheitsdienst	34,60 DM
Nr. 39:	Schadstoff-Normierung der Außenluft in der Sowjetunion – MIK-Werte und Schutzzonen 1972 . .	4,60 DM
Nr. 40:	Hygienisch-toxikologische Bewertung von Trink- wasserinhaltsstoffen	21,50 DM
Nr. 41:	Lufthygiene 1974	26,00 DM
Nr. 42:	Immissionssituation durch den Kraftverkehr in der Bundesrepublik Deutschland	70,00 DM
Nr. 43*:	Schwimmbadhygiene (vgl. Nr. 58)	
Nr. 44:	Zur Diskussion über das Abwasserabgabengesetz	18,00 DM
Nr. 45:	Siedlungshygiene und Stadtplanung	31,00 DM
Nr. 46:	Gewässer und Pflanzenschutzmittel. 3. Fach- gespräch	32,00 DM
Nr. 47:	Dulson: Organisch-chemische Fremdstoffe in atmosphärischer Luft	28,00 DM
Nr. 48:	Chemisch-ökologische Untersuchungen über die Eutrophierung Berliner Gewässer unter besonde- rer Berücksichtigung der Phosphate und Borate . .	35,50 DM
	Mitglieder:	17,75 DM
Nr. 49:	Lahmann/Prescher: Luftverunreinigungen in der Umgebung von Flughäfen	33,50 DM
	Mitglieder:	16,75 DM
Nr. 50:	Oetting: Hydrogeochemische Laboruntersuchun- gen an Bergmaterialien und einer Hochofen- schlacke	43,20 DM
	Mitglieder:	21,60 DM
Nr. 51:	Gewässer und Pflanzenbehandlungsmittel IV 4. Fachgespräch	28,50 DM
	Mitglieder:	14,25 DM

Nr. 52:	Aktuelle Fragen der Umwelthygiene	65,00 DM
	Mitglieder:	32,50 DM
Nr. 53:	Luftqualität in Innenräumen	69,50 DM
Nr. 54:	Limnologische Beurteilungsgrundlagen der Was- sergüte (Kolkwitz-Symposium)	12,50 DM
Nr. 55:	Atri: Schwermetalle und Wasserpflanzen	29,00 DM
Nr. 56:	Zellstoffabwasser und Umwelt	48,00 DM
Nr. 57:	Gewässerschutz – Abwassergrenzwerte, Bioteste, Maßnahmen	36,00 DM
Nr. 58:	Schwimmbadhygiene II	33,00 DM
Nr. 59:	Lufthygiene 1984	48,00 DM
Nr. 60:	Atri: Chlorierte Kohlenwasserstoffe in der Umwelt I	58,00 DM
Nr. 61:	Figge/Klahn/Koch: Chemische Stoffe in Ökosystemen	48,00 DM
Nr. 62:	Chemical Water and Wastewater Treatment	60,00 DM
Nr. 63:	Humanökologie – Umwelt-, Innenraum- und Siedlungshygiene	38,00 DM

Die genannten Veröffentlichungen können beim Gustav Fischer Verlag, Postfach 72 01 43, D-7000 Stuttgart 70, bestellt werden.

Mit * gekennzeichnete Nummern sind vergriffen, können jedoch als Fotokopien vom Verein für Wasser-, Boden und Lufthygiene E.V., Corrensplatz 1, D-1000 Berlin 33, geliefert werden.

Vereinsmitglieder können die Veröffentlichungen beim Verein zu Vorzugspreisen erwerben.

Der gemeinnützige Verein fördert insbesondere die wissenschaftlichen Arbeiten des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes.

Wer an Informationen über den Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene E.V. interessiert ist oder Mitglied dieses Vereins werden möchte, wende sich bitte an den Geschäftsführer, Herrn Dipl.-Ing. H. Schönberg, Telefon (0 30) 8 66 23 42 (Anschrift: Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene E.V., Corrensplatz 1, D-1000 Berlin 33).

Gustav Fischer Information

Schoenen/Schöler

Trinkwasser und Werkstoffe

Praxisbeobachtungen und Untersuchungsverfahren
DM 98,-

Straškraba/Gnauck

Aquatische Ökosysteme

Modellierung und Simulation
DM 58,-

Meinck/Stooff/Kohlschütter

Industrie-Abwässer

DM 138,-

Uhlmann

Hydrobiologie

Ein Grundriß für Ingenieure und Naturwissenschaftler
DM 48,-

Barthelmes

Hydrobiologische Grundlagen der Binnenfischerei

DM 39,-

Schwoerbel

Methoden der Hydrobiologie - Süßwasserbiologie

DM 19,80 (UTB 979)

Ernst/Joose-van Damme

Umweltbelastung durch Mineralstoffe

Biologische Effekte
DM 36,-

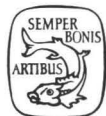
Kreeb

Ökologie und menschliche Umwelt

Geschichte - Bedeutung - Zukunftspunkte
DM 19,80 (UTB 808)

Preisänderungen vorbehalten.

Ausführliches Informationsmaterial über weitere Publikationen aus
unserem Haus senden wir Ihnen auf Anforderung gern zu.



Gustav Fischer Verlag
Postfach 72 01 43 · D-7000 Stuttgart 70



02LU40050

ISBN 3-437-30 504-2