

Fest

Schriftenreihe des Vereins für  
Wasser-, Boden- und Lufthygiene

38

Herausgegeben von Prof. Dr. F. Meinck

---

# Umweltschutz und öffentlicher Gesundheitsdienst

UM 10  
0061



---

Gustav Fischer Verlag · Stuttgart · 1972

Schriftenreihe des Vereins für  
Wasser-, Boden- und Lufthygiene

38

Herausgegeben von Prof. Dr. F. Meinck

---

# Umweltschutz und öffentlicher Gesundheitsdienst

Umweltbundesamt

2010.03623

Fachbibliothek  
Umwelt



Gustav Fischer Verlag · Stuttgart · 1972



DS 2027506

Alle Rechte der Übersetzung vorbehalten  
Copyright by Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin Dahlem  
Printed in Germany

*Diese Veröffentlichung  
wurde vom  
Bundesminister für Jugend,  
Familie und Gesundheit  
finanziell gefördert*

## Inhaltsangabe

	Seite
E. Knop Begrüßung der Teilnehmer	7
F. Höffken Öffentlicher Gesundheitsdienst	11
R. Rachold Gesundheitspolitische Aspekte des Umweltschutzes	19
H. G. Wolters Aktuelle Fragen der Umweltschutzpolitik	25
H. P. Mollenhauer Umweltschutz	35
H. Hufnagl Öffentlicher Gesundheitsdienst und Umweltschutz aus der Sicht eines Gesundheitsamtes	45
J. Wüstenberg Öffentlicher Gesundheitsdienst und Umweltschutz	55
H. Frhr. v. Lersner Das Wasser im Umweltprogramm der Bundesregierung	61
H. Kußmaul Trinkwasserschutzgebiete zur Abwehr der Auswirkungen wasser- gefährdender Stoffe	69
Gertrud Müller Beurteilung erhöhter Koloniezahlen im Trinkwasserverteilungs- system	79
A. Grohmann Bewertung der Korrosionsneigung von Trinkwasser aus der Sicht der öffentlichen Gesundheitspflege	85
H. Petri Schwermetalltoxizität	93
Gertrud Müller Bakteriologische Probleme der Trinkwassernachbehandlung	101

	Seite
U. Hässelbarth Anwendung der Verbandsregeln für Bäderbau und Bäderbetrieb bei der Überwachung von Beckenschwimmbädern	107
S. Carlson Bedeutung des Redoxpotentials zur Kontrolle einer bakterio- logisch und virologisch einwandfreien Badewasserqualität	115
R. Strecker Wasserbeschaffenheit in Freibadegewässern — Überwachung und Untersuchung im Raum Berlin	125
U. Hässelbarth Wassergefährdende Stoffe in Oberflächenwässern aus der Sicht der Trinkwasserversorgung	127
W. Niemitz Wassergefährdende Stoffe in Oberflächengewässern aus der Sicht häuslicher, städtischer und industrieller Abwassereinleiter	135
F. Herzel Pflanzenschutzmittel als Beispiel nicht lokalisierbarer Gewässer- belastungen	147
W. Janicke Chemisch-physikalische Abwasserreinigung	155
G. Bringmann und R. Kühn Fortschritte biologischer Abwasserreinigung	159
Gertrud Müller Hygienische Probleme der Krankenhausabwasserbehandlung	171
W. Niemitz Schwerpunktdesinfektion von Abwässern vor ihrer Einleitung in eine gemeindliche Kanalisation oder Desinfektion der gemeind- lichen Abwässer nach ihrer mechanisch-biologischen Behandlung?	175
R. Lescher Klärschlammbehandlung und -beseitigung	185
E. Bulling Klärschlammbehandlung und -beseitigung — Korreferat aus hygienischer Sicht	195
A. Hoschützky Der Umweltbereich Abfall im Umweltprogramm der Bundes- regierung und das Abfallbeseitigungsgesetz	201

	Seite
P. Wagenknecht Aktuelle Probleme der Mülldeponie	207
G. Mattheß Neuere Forschungsergebnisse über die Ablagerung von Abfall- stoffen	215
L. Barniske Müllbeseitigung durch Verbrennung	219
W. Langer Aktuelle Probleme der Kompostierung	227
H. Schnitzler Untersuchung und Bewertung von Abgasen durch Emissions- messungen	235
E. Lahmann Untersuchung und Bewertung der Verunreinigung atmosphä- rischer Luft	241
W. Fett Meteorologische Einflüsse auf die Luftverunreinigung	255
H. Kettner Geruchsbelästigende Stoffe	265
C. Hülsenberg Wirkung von Luftfremdstoffen auf Kulturpflanzen	280
P. Mathé Die Bedeutung von Grünräumen und Pflanzen in der Stadt für die Gesundheit des Menschen	285
W. Sinn Experimentalphysiologische und psychophysische Aspekte zur Wirkung von Luftfremdstoffen	299
H. M. Wagner Wirkungen von Einzelkomponenten aus Kraftfahrzeug-Abgasen auf Mensch und Tier	313
F. Roedler Wohnungssanierung — Stadtsanierung	327
H. Gummlich Umweltbereich Lärm im Umweltprogramm der Bundesregierung	337

	Seite
E. Döhring	
Aktuelle Probleme der Schädlingsbekämpfung in Kranken- anstalten und Nahrungsmittelbetrieben	347
H. H. Staack	
Campinghygiene in Schleswig-Holstein	357
P. Menke-Glückert	
Vom Umweltschutz zur Umweltpolitik	367
G. Lewandowski	
Grundsätze zum Umweltrecht	373

## Begrüßung der Teilnehmer

*an der wissenschaftlichen Tagung des Vereins*

*für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e. V. über „Umweltschutz und Öffentlicher Gesundheitsdienst“ vom 13.—18. März 1972 in Berlin-Dahlem*

Von E. K n o p

Im Auftrage von Herrn Direktor Hülsmann darf ich Sie namens des Vereins und des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene zu unserer Tagung „Umweltschutz und Öffentlicher Gesundheitsdienst“ herzlich willkommen heißen. Die überraschend große Zahl der Teilnehmer, die zu dieser Arbeitstagung hier in Berlin zusammengekommen sind, gibt einen Hinweis auf die Bedeutung der Themen, die in der vor uns liegenden Arbeitswoche zur Diskussion gestellt werden.

Ich bitte um Verständnis dafür, daß ich mich — allein schon aus Zeitgründen — darauf beschränken muß, nur wenige der erschienenen Tagungsteilnehmer namentlich zu begrüßen. Als Vertreter des Bundesministeriums für Jugend, Familie und Gesundheit heiße ich Herrn Ministerialdirektor Dr. *Rachold*, der auch das einleitende Referat über gesundheitspolitische Aspekte des Umweltschutzes übernommen hat, herzlich willkommen. Ich verbinde damit meinen Dank an das Ministerium für die finanzielle Unterstützung bei der Ausrichtung dieser Tagung. Weiterhin begrüße ich den Senator für Gesundheit und Umweltschutz in Berlin, Herrn Professor Dr. *Wolters*, der in seinem Vortrag aktuelle Fragen der Umweltschutzpolitik behandeln wird, und darf ihn bitten, zugleich dem Senat der Stadt Berlin den Dank auszusprechen für den am morgigen Tag im Hotel Gehrhus vorgesehenen Empfang. Daneben heiße ich die zahlreichen Vertreter der Fachministerien der Länder herzlich willkommen. Mein besonderer Gruß gilt aber auch den Herren Vortragenden, wobei ich herausstellen möchte, daß sich neben den Mitarbeitern des Instituts auch zahlreiche Sachverständige von Bund, Länderministerien, Kommunen sowie auch Herr Professor Dr. *Wüstenberg* vom Hygiene-Institut des Ruhrgebietes in Gelsenkirchen für die Tagung zur Verfügung gestellt haben.

Zwei Namen darf ich noch besonders herausstellen: Das sind der derzeitige Leiter des Institutes, Herr Professor Dr. *Höffken*, der zugleich im Namen des verhinderten Präsidenten des Bundesgesundheitsamtes, Herrn Professor Dr. Henneberg, die Tagung einleiten wird, sowie der Vorgänger von Herrn Professor Dr. *Höffken*, Herr Professor Dr. *Naumann*. Wir freuen uns über das Interesse, das Sie, Herr Naumann, an der Weiterfüh-



rung der von Ihnen schon vor vielen Jahren geförderten Aufgaben bekunden. Umgekehrt ist aber auch Ihre frühere Arbeit ein Beweis dafür, daß man den Aufgaben des Umweltschutzes — zumindest im Bundesgebiet — schon seit langem eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt hat.

In diesem Zusammenhang möchte ich darauf hinweisen, daß wir bereits vor 70 Jahren eine Welle der Umweltschutzbestrebungen im damaligen Deutschen Reich feststellen konnten. Am 16. Januar 1902 wurde der Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene — damals unter dem Namen „Verein für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung“ — ins Leben gerufen, nachdem bereits im Jahre 1901 das entsprechende Institut — zunächst unter dem Namen „Königl. Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung“ — gegründet worden war. Nachdem es sich bereits bald erwies, daß es neben dem Wasser auch weitere wichtige hygienische Probleme des Umweltschutzes gab, kam es dann in der Folgezeit zu der Namensgebung, die uns heute allgemein bekannt ist. In den 70 Jahren seines Bestehens, dessen wir uns bei der heutigen Tagung erinnern sollten, hat sich der Verein bemüht, die Forschungsarbeiten auf den einschlägigen Gebieten durch finanzielle Förderung zu unterstützen, Fachkurse und Kolloquien durchzuführen und insonderheit auch die Ergebnisse der an den verschiedensten Stellen durchgeführten Forschungsarbeiten und Erfahrungen in Literaturberichten und in der Schriftenreihe des Vereins zu veröffentlichen.

In diesem Zusammenhang möchte ich auch darauf hinweisen, daß ebenfalls im Jahre 1901 das Hygiene-Institut des Ruhrgebietes in Gelsenkirchen ins Leben gerufen wurde. In der gleichen Zeit wurden im Industriegebiet grundlegende Untersuchungen über die Behebung der großen wasserwirtschaftlichen Schwierigkeiten angestellt. Diese Untersuchungen führten im Jahre 1904 zur Bildung der Emschergerossenschaft, des ersten großen sondergesetzlichen Wasserverbandes, dem die Betreuung eines ganzen Flußgebietes übertragen wurde. Ich glaube, alle diese genannten Einrichtungen wie auch die in der Folgezeit unter gleichen Gesichtspunkten gebildeten weiteren Organisationen können für sich in Anspruch nehmen, in der Vergangenheit ihre Pflicht auf dem Gebiet des Umweltschutzes voll erfüllt zu haben, natürlich unter der Einschränkung, soweit es die politischen und wirtschaftlichen Verhältnisse zuließen.

Die Sorge um den Umweltschutz ist mithin nicht neu. Trotzdem müssen wir feststellen, daß wir heute — 70 Jahre später — vor noch viel größeren Aufgaben stehen. Es ist dies das Ergebnis des Anwachsens der Bevölkerung und der stürmischen Weiterentwicklung unserer Industrie, wobei nunmehr vor allem der Verkehr, die Auswirkungen und Produkte der chemischen Industrie sowie die Ausnutzung der Kernenergie neben den gesteigerten Ansprüchen des Einzelnen eine besondere Rolle spielen. Es liegt

in der Natur der Dinge, daß die Maßnahmen zur Behebung erkennbarer Schäden mit einer gewissen Phasenverschiebung den beobachteten Mißständen folgen. Hüten müssen wir uns aber vor einer Verteufelung der technischen Entwicklung. Auch die unberührte Natur ist keineswegs immer umweltfreundlich. In vielen Fällen hat sich der Mensch vielmehr gegen die Umwelt schützen bzw. Mängel der Umwelt ausgleichen müssen. Man denke an Hochwasserschutzdämme und Talsperren für die Wasserbewirtschaftung. Viele der in den letzten Jahrzehnten entwickelten chemischen Stoffe dienen dem Schutz der Ernte, dem Schutz der Menschen vor Infektionen. Ich erinnere nur an das DDT. Zugleich können oft die gleichen Stoffe — nicht sachgemäß bzw. im Übermaß verwendet — zu einer ernststen Umweltbedrohung führen. Es gilt in allen Fällen, den richtigen Weg zu finden, wobei normalerweise die Optimierung aller Belange des menschlichen Lebens für Gegenwart und Zukunft der Maßstab unserer Entscheidungen sein muß. Das setzt aber eine gründliche Kenntnis der möglichen Gefahren aller Entwicklungen, wie sie nur durch eine sorgfältige Forschung gewonnen werden kann, voraus.

Lassen Sie mich in diesem Zusammenhang noch kurz auf eine andere Frage eingehen. Angesichts der Aktualität des Umweltschutzgedankens kann es natürlich nicht ausbleiben, auch die Frage aufzuwerfen, ob man nicht absolut neue Wege zu gehen hat und besondere Fachleute des umfassenden Umweltschutzes auf den Universitäten ausbilden sollte. Noch vor kurzem haben wir uns aus aktuellem Anlaß in Essen über diesen Punkt unterhalten und sind übereinstimmend zu dem Ergebnis gekommen, daß wir wenig mit Menschen anfangen können, die zwar von allem etwas wissen, in keiner der für den gesamten Umweltschutz wichtigen Sparten aber über solide Grundkenntnisse verfügen. Ich glaube, wir sind uns in unserem Kreis darüber im klaren, daß die Aufgaben des Umweltschutzes nur durch Teamarbeit vieler Spezialkräfte gemeistert werden können, zumal sie immer schwieriger werden und ihre Behandlung immer detailliertere Kenntnisse in den einzelnen Fachgebieten voraussetzt. Um den zukünftigen Aufgaben gerecht zu werden, ist es notwendig, daß Experten aller in Frage kommenden Disziplinen, der Hygiene, der Medizin, der Biologie, der Chemie, der Physik, der Verfahrenstechnik, des Maschinenbaus und des Bauingenieurwesens, zusammenarbeiten. Nur so wird es möglich sein, die großen Aufgaben der Zukunft zu lösen.

Schließlich möchte ich jedoch noch zum Ausdruck bringen, daß uns auch die Leistungen der Vergangenheit in bestimmten Bereichen durchaus mit Genugtuung erfüllen können, zumindest wenn wir die politischen und wirtschaftlichen Schwierigkeiten berücksichtigen, die über lange Zeit zu überwinden waren. So glaube ich, daß wir auch der Zukunft mit Ver-

trauen entgegensehen können, wenn wir die vor uns stehenden großen Aufgaben mit gleicher Entschlossenheit angreifen, wie das unsere Vorfahren schon vor 70 Jahren in teilweise beispielhafter Form getan haben. In der vor uns liegenden Tagung sehe ich einen Beitrag zu dieser Arbeit und wünsche ihr einen vollen Erfolg.

# Öffentlicher Gesundheitsdienst

Von F. H ö f f k e n

Auch in diesem Jahre konnte der Verein für Wasser-, Boden- und Luft-hygiene zusammen mit dem Institut und mit finanzieller Unterstützung durch das Bundesministerium für Jugend, Familie und Gesundheit die Tagung über „Umweltschutz und Öffentlicher Gesundheitsdienst“ durchführen. Dafür danke ich seinem Vorsitzenden und Herrn Direktor Knop als dessen Vertreter, zugleich im Namen des Instituts, und erinnere daran, daß sich der Verein in den nunmehr 70 Jahren seines Bestehens um das Institut und seine Vorgänger hoch verdient gemacht hat. Den Teilnehmern und vor allem den Vortragenden und Referenten gelten Willkommensgruß und Dank, zugleich auch im Namen des Präsidenten des Bundesgesundheitsamtes, Prof. Dr. Henneberg, der zu seinem Bedauern wegen Abwesenheit von Berlin verhindert war, die guten Wünsche für eine erfolgreiche Tagungsarbeit persönlich zu überbringen.

Zum Programm der Veranstaltung weise ich auf zwei wesentliche Änderungen hin: Für den verhinderten Staatssekretär im Bundesministerium für Jugend, Familie und Gesundheit, Herrn Prof. Dr. von Manger-Koenig, wird Herr Ministerialdirektor Dr. Rachold und für Herrn Staatssekretär Dr. Beske, Schleswig-Holsteinische Landesregierung in Kiel, der Senator für Gesundheit und Umweltschutz Berlin, Herr Prof. Dr. Wolters, sprechen. Beiden Herren wird der besondere Dank der Veranstalter abgestattet.\*

Bereits in der 3. Durchführungsverordnung zum Gesetz über die Vereinheitlichung des Gesundheitswesens vom 30. 3. 1953 — BGB III 2120-1-3 — sind die Aufgaben des Öffentlichen Gesundheitsdienstes — also der Gesundheitsämter — für die Wasserversorgung, Reinhaltung öffentlicher Wasserläufe, Beseitigung der festen Abfallstoffe, sowie Reinhaltung von Luft und Boden klar gekennzeichnet. Im § 24, Ziff. 6, ist „Als Beratungsstelle . . . in allen schwierigen Fragen auf diesem Gebiete“ die Vorgängerin unseres Instituts angeführt.

Im Umweltschutzprogramm der Bundesregierung heißt es im Abschnitt „Bildung und Ausbildung“: „Die Bundesregierung wird einen Rahmenplan für Fortbildungsmaßnahmen erstellen, der u. a. für Angehörige des Öffentlichen Gesundheitsdienstes Fortbildungskurse am Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes vorsieht“. Mit dieser Tagung wollen Verein und Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene

\* Für die redaktionelle Bearbeitung der einzelnen Beiträge dieses Heftes danke ich dem Ltd. Dir. u. Prof. a. D. Dr. A. Heller verbindlich.

einen ersten Beitrag zur Verwirklichung des Programms der Bundesregierung auf diesem Gebiet leisten. Damit wird zugleich auch eine Tradition des Vereins und des Instituts wieder aufgenommen, solche Veranstaltungen für Angehörige des Öffentlichen Gesundheitsdienstes durchzuführen. Daß neben dem Öffentlichen Gesundheitsdienst auch Vertreter der Ministerien, wissenschaftlicher Institute und der Verwaltung, der Fachverbände und der Industrie in ansehnlicher Zahl an der Tagung teilnehmen, ist besonders erfreulich. So ist nämlich gewährleistet, daß die in den Vorträgen und Referaten vermittelten Erkenntnisse in den verschiedenen Bereichen des Umweltschutzes vom jeweiligen Standpunkt der verschiedenen Interessenten diskutiert werden können. Zudem sind Diskussionen zwischen Vertretern verschiedenster Fachbereiche erfahrungsgemäß besonders anregend und ergiebig.

Die Aufgabe des Öffentlichen Gesundheitsdienstes leitet sich in erster Linie aus der Feststellung ab, daß — bei aller Würdigung des Umweltschutzes für Landschafts- und Naturschutz und für den Schutz von Tier und Pflanze — im Mittelpunkt des Umweltschutzes die Gesundheit des Menschen steht. Umweltschutz ist also Gesundheitsschutz. Aus ärztlicher Sicht ist der Umweltschutz so alt wie die Hygiene. Der Arzt des Öffentlichen Gesundheitsdienstes und die Gesundheitsämter sind seit Jahrzehnten in der Umwelthygiene tätig. Aufgabe des Öffentlichen Gesundheitsdienstes im Umweltschutz ist u. a. die Beurteilung von Schadstoffen für die Gesundheit des Menschen und sind die Kontrollen und die Überwachung von Anlagen, die für den Umweltschutz wesentlich sind. Bei allen Planungsvorhaben, die umweltschutzrelevant sind, müßte der Öffentliche Gesundheitsdienst beteiligt werden, z. B. bei der Ausweisung von Wohn- und Industriegebieten und bei der Verkehrsplanung. Diese Beratung ist von entscheidender Bedeutung für die Gesundheit des Menschen. Der Öffentliche Gesundheitsdienst muß sich an der Gesamtbelastung des Menschen durch die verschiedenen Umweltschadstoffe orientieren. Hierfür sind Normen oder Kriterien für die einzelnen Schadstoffe von Nutzen.

Für die Zukunft sollte allgemein möglichst geringe Belastung mit Schadstoffen oberster Grundsatz sein.

Wir müssen uns aber darüber im klaren sein, daß die mittelbare und unmittelbare Belastung des Menschen aus den einzelnen Umweltbereichen Wasser, Boden, Luft, Lebensmittel und Bedarfsgegenstände, einschließlich Kosmetika, Pharmaka und Futtermittel, nicht voneinander getrennt zu betrachten ist. Es ist vielmehr notwendig, die Gesamtmenge eines Stoffes zu erfassen, die aus den verschiedenen Quellen auf Mensch, Tier und Pflanze einwirkt. Im Umweltprogramm der Bundesregierung ist daher vorgesehen, beim BGA eine „Zentrale Erfassungs- und Beratungsstelle“ einzurichten.

Sie soll „alle Messungen über die Belastung der Umwelt durch Umweltchemikalien und Biozide erfassen und auswerten sowie alle diejenigen Maßnahmen erfassen, die zur Verminderung dieser Belastung getroffen worden sind“; dabei ist das gesundheitliche Risiko bei der Anwendung dieser Stoffe zu bewerten. Daß eine solche Erfassungsstelle nicht von heute auf morgen eingerichtet und tätig werden wird, brauche ich nicht zu betonen. Für die Mitarbeiter des öffentlichen Gesundheitsdienstes ist aber eine solche Bewertungsstelle unerlässlich.

Die im Öffentlichen Gesundheitsdienst im Rahmen des Umweltschutzes Tätigen bedürfen einer ständigen Fortbildung, um die vorher genannten Aufgaben erfüllen zu können.

In diesem Zusammenhang erwähne ich die mit Hilfe des Vereins durchgeführte Fragebogenaktion vom März 1971: Anhand eines Fragebogens sollten die Wünsche der Gesundheitsämter hinsichtlich der Aus- und Fortbildung auf dem Gebiete des Umweltschutzes und der Umweltgestaltung ermittelt werden. Die Reaktion ist sehr positiv gewesen. Zahlreiche Kolleginnen und Kollegen haben mit ihrer Antwort zugleich auch ihre Gedanken zu den Problemen des Umweltschutzes und der Umwelthygiene bekanntgegeben. Ihnen allen danke ich für ihre Mitarbeit und weise darauf hin, daß, soweit möglich, diese Anregungen bereits im Programm für diese Tagung verwertet worden sind.

Zum Programm der Tagung wurden folgende Hinweise gegeben — sie waren wegen der Zeitnot in der Ansprache allerdings stark gekürzt worden — in diesem Bericht werden sie aber vollständig gebracht:

Während am ersten Tage der Veranstaltung allgemeine Fragen des Umweltschutzes und der Umwelthygiene aus der Sicht der Ministerien des Bundes und der Länder, der Kommunalverwaltung und wissenschaftlicher Institute behandelt wurden, steht der zweite Tag im Zeichen des Umweltbereichs „Wasser“. Dabei werden sowohl Fragen der Trinkwasserbeschaffenheit von Grund- und Oberflächenwässern als auch Fragen des Badewassers behandelt. Die fortschreitende Zivilisation und die Zunahme von Industrie- und Wohnzentren haben einen ständig steigenden Wasserverbrauch zur Folge gehabt. Da sich der Trinkwasserbedarf in den kommenden Jahrzehnten bis zum Jahre 2000 verdreifachen wird, sind alle bisher nicht genutzten Grundwasservorkommen im Rahmen der Raumordnung als Wasserschongebiete sicherzustellen. Wasserschongebiete müssen schon jetzt gegen Verunreinigungen chemischer und mikrobieller Art — z. B. Pflanzenschutzmittel, Detergentien, Mineralöl, Abfallstoffe der chemischen Industrie und der Kerntechnik — im Einzugsgebiet dieser Zonen gesichert werden. Die direkte Verwendung von Oberflächengewässern zu Trinkzwecken ist nicht möglich. Durch Uferfiltration, Grundwasseranreicherung und



Langsamfiltration wird aber immer häufiger Oberflächenwasser zur Deckung des Trinkwasserbedarfs herangezogen. Die die Forschung betreffenden Vorgänge bei der Uferfiltration oder bei der Anreicherung von Grundwasser sind zu verstärken, um entsprechende Folgerungen für die Technologie der Trinkwasseraufbereitung zu ziehen. Beim Ausbau der Fern- und Verbundwasserversorgung ist zu beachten, daß sich Wässer, die von verschiedenen Wasserwerken in ein Verbundnetz eingespeist werden, unter Umständen gegenseitig beeinflussen und dadurch Korrosions- und Verkeimungsprobleme auftreten können. Auch darf in diesem Zusammenhang die thermische Kontamination in ihrer Auswirkung auf das Gewässer und das Kleinklima nicht unbeachtet bleiben.

Unabhängig von diesen Möglichkeiten wird aber in Zukunft auch der direkten Aufbereitung von Oberflächenwasser zu Trinkwasser durch spezielle chemische und physikalische Verfahren eine größere Bedeutung zukommen, so daß die damit verbundenen Fragen der gesundheitlichen Unbedenklichkeit bei der Anwendung dieser Verfahren dringend erforscht werden müssen. — Zwei Referate werden sich mit der Beschaffenheit von Badewässern befassen. — Neben der Verunreinigung der Flüsse durch Abwassereinleitung tritt auch das Problem der indirekten Verunreinigung durch landwirtschaftliche Düngemittel immer stärker in den Vordergrund des Interesses. Durch beide kann es zu einer starken Eutrophierung — Vermehrung der Algen — kommen, die ihrerseits zu einer Verschlechterung der Wasserqualität führt. Auf die Zurückhaltung dieser Nährstoffe von den Oberflächenwässern muß neben der Verbesserung der Klärverfahren geachtet werden.

Jeder Kurzschluß zwischen Abwasser und Trinkwasser bzw. Lebensmittel kann zu Seuchenausbrüchen führen. Dies läßt sich — wie wir wissen — durch Wasseraufbereitung, insbesondere durch die Desinfektion des Trinkwassers und durch Festlegung von Wasserschutzgebieten beherrschen. Durch die Zunahme z. B. von schwer abbaubaren Chemikalien in den oberirdischen Gewässern droht sich dieser Kurzschluß Abwasser — Trinkwasser auf chemische und physikalische Noxen auszuweiten. Damit tritt immer mehr das Problem der Gesundheitsgefährdung oder -schädigung durch Umweltchemikalien jedweder Art in den Vordergrund. Für Sie als Ärzte des öffentlichen Gesundheitsdienstes gewinnt daher die hygienisch-toxikologische Bewertung der Umweltchemikalien immer mehr an Bedeutung. Wenn wir uns der toxikologischen Relevanz der Stoffe zuwenden, die zu Wasser-, Boden- und Luftverunreinigung durch Abgase, Abfälle, Abwässer und Industriechemikalien führen, dann müssen wir uns bescheiden; denn nur ein Teil dieser Stoffe ist toxikologisch charakterisiert. Während noch vor einigen Jahren Untersuchungen über akute, subakute, chronische und sub-

chronische Toxizität als Bewertungsmaßstab für die Unbedenklichkeit eines Stoffes ausreichen, sind heute in steigendem Maße auch die Fragen der Wirkung auf den Fortpflanzungsprozeß, wie Fertilität, Laktation und Aufzuchtleistung, die teratogene und mutagene Wirkung einschließlich der diaplazentaren Cancerogenese einzubeziehen. Ebenso spielen die Fragen der Resorption, Verteilung, Metabolisierung und Ausscheidung der zu bewertenden Substanzen des Einflusses auf das Enzymsystem im Organismus, die Wirkung auf das Zentralnervensystem sowie die synergistische Wirkung verschiedener Schadstoffe in geringen Konzentrationen bei der Beurteilung zunehmend eine Rolle.

Am folgenden Tage werden die Probleme der Abwasserreinigung und der Abfallbeseitigung zur Diskussion stehen. Durch die Einleitung von häuslichen und industriellen Abwässern werden u. a. Krankheitserreger, anorganische Stoffe, z. B. Blei, Cadmium, Zink, Fluor, Cyan und organische Substanzen, z. B. Pestizide, Mineralöl, Detergentien, in die Fließgewässer gebracht. Eine Direkteinleitung ist deswegen unerwünscht, weil bei der zunehmenden Deckung des Wasserbedarfs aus Oberflächenwasser ein allzu schneller Kurzschluß „Abwasser-Gewässer-Trinkwasser“ in mikrobieller, chemischer und physikalischer Hinsicht vermieden werden muß. — Wegen des Gehaltes der Industrieabwässer an schwer abbaubaren, gewässervergiftenden oder sogar gesundheitsschädlichen Substanzen sind besondere Reinigungsverfahren zu entwickeln. Das erscheint besonders wichtig, weil mit der Zunahme des Produktionsindex der Industrie im Mittel um etwa 40 % bis zum Jahre 1980 und bei der chemischen Industrie sogar um etwa 200 % bis zum gleichen Zeitraum mit entsprechender Steigerung des Abwasseranfalls zu rechnen ist. Man wird also durch gezielte Abwasserführung den Anfall von toxischen Abwässern auf ein Minimum reduzieren und spezielle Reinigungsverfahren schaffen müssen. Auch die Mehrfachverwendung des Betriebswassers durch Aufbereitung und Rückführung sollte noch viel häufiger angewendet werden.

Die bei den verschiedenen Fabrikationsprozessen anfallenden Abfallprodukte sind mehr als bisher in irgend einer Form nutzbar zu machen, um die Belastung der Umwelt mit Abfallstoffen möglichst gering zu halten. Nicht nur die jährlich um 8 Vol.-% steigende Abfallmenge, sondern auch die Veränderungen in der Zusammensetzung des Mülls — Kunststoffe, Glas, Blech, industrielle Abfälle — bringen besondere Probleme mit sich. Auch die Schwierigkeiten bei der Massentierhaltung für sämtliche Bereiche des Umweltschutzes, Gewässerschutz, Luftverunreinigung, Abfallbeseitigung, dürfen nicht übersehen werden. Trotz Kompostierung und Verbrennung bleiben Reststoffe übrig, die abgelagert werden müssen, und zwar geordnet. Nur einige Hundert Ablagerungsstellen von mehr als 50 000 erfüllen heute

schon diese Bedingung. Die Technologien der Abfallbeseitigung sind weiter zu erforschen und durch Neuentwicklungen zu ergänzen. Die Umstellung auf biologisch abbaubare Verpackungsmaterialien wird bei unerwartet hohem Kunststoffanfall in Zukunft zu erwägen sein. Zur Entlastung der Rohstoffquellen sollten Verfahren zur Wiederverwendung von Rohmüll als Rohstoff ausgebaut und vermehrt angewendet werden.

Am vierten Tage werden Vorträge über die Technik der Luftreinhaltung sowie über die Wirkung von Luftverunreinigungen gehalten. Die ungewöhnlichen wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse nach dem zweiten Weltkrieg sind — ebenso wie für die gesamte Umweltbelastung — für die starke Luftverunreinigung verantwortlich zu machen. Der Zementstaub und der „braune Rauch“ in der Metallindustrie seien als sichtbare Beispiele angeführt. Zwar ist in den letzten fünf Jahren auf dem Gebiete der industriellen Luftverunreinigung viel erreicht worden, doch sind die Probleme der Beseitigung der lungengängigen Stäube sowie der wirtschaftlich tragbaren Lösung des Schwefeldioxidauswurfes noch nicht gelöst. Die Verfahren zur Abgasreinigung müssen allgemein mindestens im gleichen Maße entwickelt werden wie die industrielle Produktion. Die Abgasbeseitigung hat aber so zu erfolgen, daß weder auf dem Abwasser- noch auf dem Abfallgebiet neue schwer- oder unlösbare Probleme entstehen. So kann man z. B. die Abluft nur dann mit Wasser reinigen, wenn die Abwasser- und Schlammbehandlung technisch und räumlich möglich ist. Ein weiterer sehr beachtlicher Luftverschmutzer ist der Kraftverkehr. Die Belastung der Luft mit Verunreinigungen ist zunächst im gleichen Tempo gestiegen wie die Zahl der gefahrenen Kilometer. Seit einigen Jahren haben die amerikanischen Bestimmungen zur Begrenzung der Schadstoffe in den Kfz-Abgasen auch die Verordnungen in der Bundesrepublik Deutschland beeinflusst und die Bestrebungen der Abgasentgiftung wesentlich gefördert. Auch in stark verkehrsbeaufschlagten Gebieten darf künftig die Luftbeschaffenheit keine gesundheitsschädliche Beeinträchtigung durch Kfz-Abgase erfahren. Begrenzungen der Kohlenoxid-, Kohlenwasserstoff-, Stickoxid- und Bleigehalte in den Kraftfahrzeugabgasen werden künftig verstärkt werden. Die Industrie muß durch entsprechende technische Lösungen des Abgasproblems für das Wohlergehen der Bevölkerung bestmögliche Voraussetzungen schaffen. Ein weiterer Luftverschmutzer ist der Hausbrand. Der Ersatz zahlreicher Klein- und Hausfeuerungen durch zentrale Anlagen ist zu fordern, weil diese ihre Abgase behandeln können, bevor sie ins Freie gelangen.

Am Donnerstag wird im Rahmen der Technik der Luftreinhaltung über Emissions- und Immissionsuntersuchungen, über die meteorologischen Einflüsse auf die Luftverunreinigung und über geruchsbelästigende Stoffe referiert werden. Dieses Referat, in dem auch auf den physiologischen Vor-

gang der Geruchswahrnehmung eingegangen wird, leitet zu den Referaten der Wirkungsgruppe über. In ihnen werden neben der Bedeutung von Grünflächen und Pflanzen in der Stadt für die menschliche Gesundheit bzw. die Landschaftsgestaltung Ergebnisse von Untersuchungen über die Wirkung von Luftfremdstoffen auf Kulturpflanzen in Hattersheim mitgeteilt. Mit den Wirkungen von Abgasbestandteilen auf Mensch und Tier beschäftigen sich die Referate über „experimentalphysiologische und psychologische Aspekte zur Wirkung von Luftfremdstoffen“ sowie über „Wirkungen von Einzelkomponenten auf Kfz-Abgasen von Mensch und Tier“. Auch das Studium der Wirkung von Schadstoffkombinationen ist von uns in Angriff genommen worden (Kfz-Abgase).

Am letzten Tage der Vortragsveranstaltung werden Gesundheitstechnik, Lärmbekämpfung, Schädlingsbekämpfung und Campinghygiene Gegenstand von Referaten und Vorträgen sein. So werden die mit der Wohnungsanierung — Stadtsanierung zusammenhängenden Probleme skizziert und Sanierungsmöglichkeiten an praktischen Beispielen aufgezeigt werden.

Die Entwicklung der modernen Technik bewirkt eine ständige Zunahme der Lärmbelastung des Menschen. Dadurch kann sein Wohlbefinden beeinträchtigt, die Entspannung nach der Arbeitszeit verhindert und die Gesundheit geschädigt werden. Besondere Ausmaße hat in den letzten Jahren der Flug- und Straßenverkehrslärm angenommen. Wichtige Entwicklungsaufgaben erwachsen der Forschung und Industrie in der Minderung der Geräusche von Maschinen aller Art, insbesondere von Flugtriebwerken, Kraftfahrzeugen und Baumaschinen. Noch viel zu wenig bekannt ist die Auswirkung von Lärm auf Gesundheit und Wohlbefinden des Menschen. — Einem Vortrag über „Aktuelle Probleme der Schädlingsbekämpfung in Krankenanstalten und Nahrungsmittelbetrieben“ folgt die „Camping-Hygiene in Schleswig-Holstein“ mit Angaben über besondere Regelungen im dortigen Zeltwesen. Für die Hygiene der Freizeit- und Erholungsanlagen gewinnen diese Maßnahmen zunehmend an Bedeutung.

Am Nachmittag des letzten Tages werden zunächst „Grundsätze zum Umweltrecht“ behandelt werden. Sodann werden wir einen Vortrag „Vom Umweltschutz zur Umweltpolitik“ hören, den freundlicherweise derjenige Herr aus dem Bundesinnenministerium halten wird, dem wir die Initiative zur Neuregelung des Umweltschutzes verdanken.

Am Schluß der Veranstaltung scheint es mir zweckmäßig, die Folgerungen für weitere Fortbildungsmaßnahmen für Angehörige des Öffentlichen Gesundheitsdienstes auf dem Gebiete des Anwohnerschutzes gemeinsam zu erörtern.

Ich möchte meine Ansprache mit den Worten beenden, die der Geheime Obermedizinalrat Dr. Abel, der fünf Jahre die Königl. Versuchs- und

Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung zu Berlin geleitet hat, bis er im Jahre 1915 als Professor für Hygiene nach Jena ging, in der Einleitung seines vor 60 Jahren veröffentlichten Handbuches der Praktischen Hygiene geschrieben hat: „Aufgabe der wissenschaftlichen Hygiene ist es, die der Gesundheit drohenden Gefahren klarzustellen — und zu erforschen, wie sich diese Gefahren vermeiden und beseitigen lassen. Der praktischen Hygiene dagegen liegt es ob, das, was die Wissenschaft findet und lehrt, anzuwenden und die Lebensverhältnisse durch ihre Maßnahmen für die Gesundheit so günstig als möglich zu gestalten“.

*Anschrift: Erster Direktor u. Professor beim Bundesgesundheitsamt Dr. med.  
F. Höffken, Berlin 33, Corrensplatz 1*

# Gesundheitspolitische Aspekte des Umweltschutzes

Von R. Rachold

Ich bedauere es sehr, daß Herr von Manger-Koenig seine Absicht, heute hier zu referieren, nicht wahrgemacht hat, und muß Sie bitten, in seiner Vertretung mit mir vorlieb zu nehmen. —

In dem vor einem Jahr von der Bundesregierung dem Deutschen Bundestag vorgelegten Gesundheitsbericht heißt es „Im Grunde aber soll alles, was zum Schutz der Umwelt geschieht, dem Menschen und seinem Wohlbefinden, besonders seiner Gesundheit dienen“. Die Ausführungen über den Umweltschutz sind in diesem Bericht unter die Überschrift „Gesundheitsschutz“ subsumiert. Diese Einordnung halte ich für richtig. Umweltschutz, als „environment health“ im englischen Sprachgebrauch genauer bezeichnet, ist mit dem Gesundheitsschutz weitgehend identisch. Er ist insoweit unlöslich mit der Gesundheitspolitik verzahnt. Gesundheitspolitik — ich zitiere hier nochmals den Gesundheitsbericht — ist die Aufgabe von Staat und Gesellschaft, im Rahmen der Daseinsvorsorge die Voraussetzungen zu schaffen, um die Gesundheit der Bürger zu sichern und damit jedem Chancen zur persönlichen freien Entfaltung zu geben. Gesundheitspolitik ist damit ein unabdingbarer Teil der Gesellschaftspolitik und der Zukunftsgestaltung. Sie fördert die wirtschaftliche und die moralische Kraft des Gemeinwesens und das Glück des Bürgers. Gesundheitspolitik ist also ein notwendiger und unerläßlicher Beitrag zur Weiterentwicklung der Gesellschaft. Gesundheitspolitik steht keineswegs allein in der Verantwortung der Medizin, aber sie ist ohne Medizin nicht denkbar.

Für die Medizin ist der Umweltschutz ein altes Problem. Der Arzt ist sich schon immer der Abhängigkeit des Menschen von seiner Umwelt bewußt gewesen. Eines der wichtigsten Werke der Hippokratischen Medizin trägt daher auch den Titel: „Über Luft, Wasser und Örtlichkeit“. Daß die Griechen und Römer in der Tat großen Wert auf eine gute Wasserqualität legten, ist nicht nur aus den Wasserversorgungseinrichtungen zu ersehen, sondern auch aus den Strafen, mit denen diejenigen belegt wurden, die das Wasser verunreinigten. Die Flüsse sind auch nicht erst heute verunreinigt, denn schon im 18. und 19. Jahrhundert mußte in London gelegentlich eine Parlamentssitzung vorzeitig abgebrochen werden, weil die Themse so unerträglich stank. Und schon Nietzsche hat sich über den unerträglichen Lärm der peitschenknallenden Kutscher beklagt, der jeden vernünftigen Gedanken zerschneidet.



Was heute alles unter „Umweltschutz“ zu verstehen ist, das findet sich im wesentlichen bereits in der 3. Durchführungsverordnung zum Gesetz zur Vereinheitlichung des Gesundheitswesens, die im Grunde eine Dienstanweisung für den Amtsarzt ist.

Was hat zu der heute weltweiten Debatte über Umwelthygiene geführt? Ich meine, es ist der sprunghafte Anstieg von zwei Parametern, nämlich einmal der Zahl der Menschen und zweitens ihrer technisch-industriellen Aktivität. Sie haben zusammen zu einer biologischen Krise geführt, gefährden oder schädigen die Gesundheit praktisch aller Menschen zumindest in den Industriestaaten. Sie lassen einen Zustand völligen körperlichen, geistig-seelischen und sozialen Wohlbefindens, wie die WHO die Gesundheit definiert, nur noch selten zu. Wenn aber der Mensch die Grenze seiner Anpassungsfähigkeit erreicht hat und seine Gesundheit geschädigt oder auch nur gefährdet wird, müssen die Umweltbedingungen an den Menschen angepaßt werden. Der Mensch und seine Gesundheit und nicht technische Machbarkeit, Wachstumsvorstellungen, materieller Aufwand einerseits oder abstrakte Begriffe von Natur oder Natürlichkeit andererseits sind der Maßstab, an dem wir den Begriff Umwelthygiene zu messen haben. Der Hygieniker Pettenkofer, der Mitte des vorigen Jahrhunderts lebte, hat noch immer recht mit seiner Feststellung: „Sünden wider die Hygiene werden mit dem Tode bestraft.“

Daß die Warnungen der Ärzte so lange überhört wurden, mag daran liegen, daß die Gesundheitsschäden durch die Umweltbeeinträchtigung jeder Dramatik entbehren. Bei den großen Seuchenzügen des Mittelalters fielen die Menschen tot auf der Straße um — heute handelt es sich vielmehr um eine weite Strecke nicht oder kaum bemerkbarer chronischer Schädigungen von Körperfunktionen durch Lärm, Luftverunreinigung, Genußgifte u. a.m., die, wenn sie schließlich mit Krankheitswert in Erscheinung treten, in ihren einzelnen Ursachenkomponenten kaum noch zu analysieren sind. Frühinvalidität, Frühsterblichkeit, erhöhte Krankheitsanfälligkeit sind die statistischen Kennzeichen dieser Entwicklung.

Durch viele Jahrzehnte, wahrscheinlich sogar Jahrhunderte, ist die Lebenserwartung stetig gestiegen; sie fällt jetzt seit einem halben Jahrzehnt zumindest bei den Männern deutlich wieder ab.

Wir können die Augen nicht länger davor verschließen, daß wir an die Grenzen der Anpassungsfähigkeit des Menschen gestoßen sind und daß er sein materielles Wohlergehen mit seiner Gesundheit zu bezahlen hat.

Der Sozialbericht der Bundesregierung von 1970 prophezeit, daß die Gesamtaufwendungen für die soziale Sicherung der Bundesbürger zwischen 1968 und 1973 um rund 15 % steigen werden, d. h. von 123 auf 179 Milliarden DM. Der Anteil der durch Krankheit entstehenden Kosten soll dabei

einschließlich der Lohnfortzahlung innerhalb des gleichen Zeitraumes von 27,8 auf 43,6 Milliarden zunehmen. Der angekündigte Ausbau der sozialen Krankenversicherung nach modernen Erkenntnissen läßt indes eine wesentlich höhere Steigerungsrate erwarten. Es ist absehbar, daß eines Tages auch ein vollbeschäftigtes Volk nicht mehr ohne weiteres in der Lage sein wird, solche Summen aufzubringen. Nur die Anstrengungen einer „präventiven Medizin“ sind der einzig gangbare, aber auch wünschenswerte Ausweg aus diesem Dilemma. Es hätte keinen Sinn, mit Rousseau das „Zurück zur Natur“ zu fordern, denn niemand von uns kann oder will ohne technischen Fortschritt leben. Genauso sinnwidrig wäre es, nur an Symptomen zu kurieren und diesen oder jenen schädlichen Prozeß etwas weniger umweltschädlich zu machen. Als Sofortmaßnahme bleibt zwar nichts anderes übrig. Auf die Dauer werden wir der Aufgabe, unseren Planeten bewohnbar zu halten, jedoch nur Herr werden, wenn der Schritt von der billigen Technik zu umweltfreundlichen Technologien und Produkten getan wird und wir bereit sind, die Sanierung der Umwelt mit vermindertem Konsumwachstum zu bezahlen. Wir werden uns auch fragen müssen, ob es sinnvoll ist, immer mehr Güter mit immer kürzerer Lebenszeit zu produzieren, und ob Bruttosozialprodukt, Wirtschaftswachstum oder Steuerung sowie der Zwang zum sogenannten technischen Fortschritt wirklich sinnvolle Antriebe für die Entwicklung der Menschheit sind. Dieser Zwiespalt hat ernsthafte Kritiker die Frage stellen lassen, ob es unter diesen Umständen den Regierungen hochindustrialisierter Staaten überhaupt noch möglich ist, das Überleben der Gesellschaft zu sichern. Das böse Wort von der „Konsumgesellschaft im Übergang zur Entmutigungsgesellschaft“ mit seinem Zweifel an einer Politik, die dem Menschen dient, mußte die Politiker alarmieren. Die Bundesregierung erkannte, daß dem hier geäußerten Pessimismus nur mit klaren Alternativen begegnet werden kann. In ihrem Sofort- und dem späteren Umweltprogramm hat sie daher Prioritäten gesetzt, aber auch zum Ausdruck gebracht, daß nur ein schrittweises Vorgehen und planendes Zuordnen in den volkswirtschaftlichen Gesamtrahmen zu erfolgversprechenden Lösungen führen kann. Genügend Beispiele haben gezeigt, daß neue technische Entwicklungen möglich sind, wenn wirtschaftliche Anreize geboten werden oder Rechtsvorschriften ergehen, die die Phantasie der Technologen anregen. Deshalb hat der Bundesminister für Jugend, Familie und Gesundheit im Rahmen seiner Zuständigkeiten schon in früheren Legislaturperioden eine Höchstmengenverordnung zum Lebensmittelgesetz, das Zweite Gesetz zur Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes, das Altölgesetz, einen Entwurf eines dritten Änderungsgesetzes zum Wasserhaushaltsgesetz, Referentenentwürfe zum Abfallbeseitigungsgesetz sowie eines Bundes-Immissionsschutzgesetzes, das Baulärm- und das Fluglärmgesetz erarbeitet. Auch künftig wird

das Ministerium die wissenschaftliche Kapazität und die im Bundesgesundheitsamt gewonnenen Forschungsergebnisse in die Arbeit der Bundesregierung einbringen. Mit dem geplanten Ausbau der vorhandenen wissenschaftlichen Einrichtungen, vor allem des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, soll die Effektivität auf dem Gebiet des Immissionsschutzes, der Wasserwirtschaft, der Lärmbekämpfung und der Abfallbeseitigung gesteigert werden. Denn eine Vielzahl von gesundheitsgefährdenden Stoffen und Komponenten wird untersucht werden müssen. Unser Wissen über die Langzeitentwicklung vieler Stoffe, ihre Anreicherung und Umwandlung in der Umwelt ist noch zu lückenhaft. Verdächtige Substanzen werden künftig so lange als schädlich angesehen werden müssen, bis ihre Unschädlichkeit nachgewiesen ist. So sollen — ähnlich wie bei den Arzneimitteln — z. B. auch Pflanzenschutzmittel ohne gesundheitliche Unbedenklichkeitserklärung des Bundesgesundheitsamtes nicht mehr zum Vertrieb zugelassen werden. Entsprechende Modifizierungen für andere Substanzen bieten sich an. Im übrigen muß eine Bestandsaufnahme aller toxischen Stoffe erfolgen, die allein nur eine Beurteilung der Gesamtsituation erlaubt. Chemikalien, wie z. B. das Quecksilber, das in der chemischen Industrie und der Elektroindustrie verwendet wird bzw. bei der Papierproduktion und zum geringen Teil in der Landwirtschaft, aber auch das Blei, das Cadmium, der Asbest, müssen in eine solche Analyse einbezogen werden. Spezielle Meßverfahren zur Beurteilung von Rückständen in und auf Lebensmitteln sind u. a. vordringlich. Die Entwicklung von Meßstellen ist erforderlich, und nur durch Koordination aller wissenschaftlicher Einrichtungen sowie durch epidemiologische und ökologische Untersuchungen werden strukturelle und quantitative Analysen möglich sein, die die Voraussetzungen für einen nationalen und internationalen Warndienst bieten. Es liegt auf der Hand, daß Schnellaufweisen von Schadstoffen hierbei besondere Bedeutung zukommt.

Am Ende aller dieser Bemühungen steht die Erarbeitung von Richtlinien und Rechtsnormen im nationalen und internationalen Bereich. Sind wir bisher von der Gesundheitsgefährdung im engen Sinne ausgegangen, so sind natürlich auch volkswirtschaftliche Belange in die Überlegungen einzubeziehen. Das Benzin-Bleigesetz oder auch das DDT-Gesetz haben im nationalen und internationalen Bereich Anschauungsmaterial für die Problematik geliefert, die sich aus gesundheitspolitischem, wirtschafts- und finanzpolitischem Blickwinkel ergeben können. Seit langem schon arbeitet der Bundesminister für Jugend, Familie und Gesundheit im Rahmen der WHO, der FAO, der OECD, der ECE in den zuständigen Ausschüssen an der Bewältigung der Umweltprobleme mit. Kürzlich hat auch die EWG ihre erste Mitteilung zum Umweltschutz veröffentlicht, und die Bundesregierung hat in den drei vergangenen Monaten mit Kommissionsmitglie-

dern in Bonn eingehend darüber diskutiert. In diesem Jahr steht die UN-Umweltkonferenz in Stockholm bevor, zu der die Bundesrepublik Deutschland einen eigenen Beitrag leisten wird. Ein internationales Abkommen gegen die Verschmutzung der Meere steht kurz bevor. Unsere Situation ist also durchaus nicht so hoffnungslos, wie sie manchmal in der Öffentlichkeit dargestellt wird.

Wie einigen von Ihnen bekannt ist, ist im Auftrage der Gesundheitsminister der Länder eine Arbeitsgruppe der Arbeitsgemeinschaft der Leitenden Medizinalbeamten der Länder dabei, für eine gesetzliche Neuregelung des öffentlichen Gesundheitsdienstes auch Grundsätze für die angemessene Beteiligung und sachgerechte Anpassung des Gesundheitsdienstes an die gestiegenen Anforderungen, die der Umweltschutz erfordert, zu erarbeiten. Dieser heute hier beginnende Fortbildungslehrgang ist eine der Maßnahmen, die im personellen und sachlichen Bereich vorgesehen sind. Zahl und Vielfalt der Probleme, die sich mit dem Begriff „Umweltschutz“ verbinden, sind so groß, daß dieses Seminar nur Teilaspekte erörtern kann. Der Schwerpunkt des heute beginnenden Seminars liegt daher auf den technisch-organisatorischen Aspekten der umweltgefährdeten Gifte und schädlichen Stoffe. Diese Fragen beschäftigen seit Monaten die Öffentlichkeit in besonderem Maße. Wie ich höre, sollen die anthropologisch-soziologischen Aspekte, die sich aus der Notwendigkeit einer anthropozentrischen Orientierung der Umweltschutz-Forschung und Umweltschutz-Technik ergeben, Gegenstand eines weiteren Seminars des Bundesgesundheitsamtes im Frühjahr 1973 sein. Eine Zusammenschau der technisch-organisatorischen und der anthropologisch-soziologischen Gesichtspunkte erscheint in Anbetracht der inneren Verflechtung und ihrer Wechselwirkung unerlässlich. Ein vom Bundesminister für Jugend, Familie und Gesundheit initiiertes und finanziertes Forschungsvorhaben für ein „Modell-Gesundheitsamt“ dürfte dabei Ihr besonderes Interesse finden.

Der Umweltschutz ist im Rahmen der Bundesregierung schwerpunktmäßig dem Bundesminister des Innern zugeordnet und aus dem Ministerium, das in seiner Bezeichnung das Wort „Gesundheit“ führt, herausgelöst worden. Zur Zeit stehen technische Fragen der Wasserwirtschaft, der Luftreinhaltung, der Lärmbekämpfung sowie der Abfallbeseitigung im Vordergrund. Es wird unser aller Aufgabe sein, dafür Sorge zu tragen, daß der Zusammenhang zwischen Gesundheitsschutz und damit Gesundheitspolitik und zwischen Umweltschutz nicht verlorengeht, sondern enger wird. Wenn ich das hier ausspreche, möchte ich nicht in den Verdacht geraten, daß ich die Augen vor der aus vielerlei Gründen schwierigen Situation des öffentlichen Gesundheitsdienstes verschließe und daß ich die Notwendigkeit

innerer Zusammenhänge mit Kompetenzen verwechsle. Das Wort Kompetenz ist mir aus langjähriger Ministerialtätigkeit allzu gut vertraut, und ich habe mich schon manches Mal bei meinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern dadurch unbeliebt gemacht, daß ich ihm zu wenig Bedeutung zumesse.

In den nächsten Tagen werden Ihnen eine Fülle von Anregungen und Detailkenntnissen in dieser traditionsreichen und anerkannten interdisziplinären Forschungsstätte der Umwelthygiene vermittelt werden. Ich hoffe, diese Fortbildungsveranstaltung ist der Beginn einer Reihe intensiver Seminare, die es Ihnen ermöglichen sollen, bei der Durchsetzung des Umweltprogramms der Bundesregierung effektiv mitzuwirken und den für die Erhaltung einer gesunden Umwelt so notwendigen Beitrag des öffentlichen Gesundheitsdienstes zu leisten.

Ich wünsche Ihrer Veranstaltung einen guten Verlauf.

*Anschrift: Ministerialdirektor Dr. med. R. Rachold, Bundesministerium für Jugend, Familie und Gesundheit, Bonn-Bad Godesberg*

# Aktuelle Fragen der Umweltschutzpolitik

Von H.-G. W o l t e r s

Im Namen des Berliner Senats möchte ich Sie sehr herzlich begrüßen und dem Verein für seine Initiative danken, hier in Berlin eine zweite Tagung durchzuführen. Es kann kein Zweifel daran bestehen, daß es nicht damit getan ist, Grundsätze einer weitreichenden Umweltpolitik auszuarbeiten, ohne sich gleichzeitig darüber klarzuwerden, wie diese in praktisches Handeln umgesetzt werden können. Das wird nur möglich sein, wenn wir dafür sorgen, daß in den jeweils zuständigen Verwaltungsbehörden das notwendige Fachwissen vorhanden ist, damit die Aufgaben, die in den letzten zwei bis drei Jahren — zumindest im Bewußtsein der Öffentlichkeit — erst den Rang bekommen haben, den sie für einen wesentlich längeren Zeitraum bereits hätten haben sollen, auch bewältigt werden können. Die Kenntnis der Zusammenhänge — vor allen Dingen, was die Diskussion in den Massenmedien betrifft — läßt leider zu wünschen übrig, weil man bisher zu meist vage Gefahren beschrieb, anstatt den Versuch zu machen, die Vorstellungen dahingehend zu konkretisieren, wie beispielsweise die zukünftige Entwicklung zu steuern ist. Es kommt weder darauf an, sich in einer Art missionarischen Eifers zu einem Kulturpessimismus hinreißen zu lassen noch in der bisherigen Weise mit der Vergewaltigung der Natur fortzufahren. Inzwischen hat sich nämlich die Erkenntnis durchgesetzt, daß Wasser, Boden und Luft nicht unbegrenzt verfügbar sind.

Eine nüchterne Betrachtung der verschiedenen Probleme in all ihrer Komplexität muß dazu führen, sowohl die Notwendigkeiten als auch die Grenzen unseres Handelns bewußt zu machen, d. h. zu hoch gespannte Erwartungen in der Öffentlichkeit etwas zu bremsen, eine Aufgabe, die besonders auf die Politiker zukommt. Voraussetzung dafür ist eine nüchterne Analyse über Art, Ausmaß und Ursachen bestehender oder zu erwartender Umweltgefahren, die Erarbeitung eines politischen Zielkatalogs — wie z. B. das Umweltschutzprogramm der Bundesregierung —, um dann durch praktische Politik zur Erhaltung einer menschenwürdigen Umwelt und zur Entwicklung erfolgversprechender Durchsetzungsstrategien zu kommen. Umweltschutz praktizieren heißt im Klartext, die bereits gestörten Wechselbeziehungen zwischen Mensch und Biosphäre korrigieren, die gegenwärtige Entwicklung unserer Gesellschaft unter dem Gesichtspunkt des Umweltschutzes verändern und den zukünftigen Zivilisationsprozeß vorausschauend steuern. Dabei dürfte unbestritten sein, daß sich die notwendigen Problemlösungen nicht auf einen rein technischen oder finanziellen



Mehraufwand beschränken können, sondern erhebliche Konsequenzen für den gesamten Wirtschafts- und sozialpolitischen Bereich nach sich ziehen werden.

Mit dieser Aussage ist im Grunde genommen der Zielkonflikt, der sich aus der Lösung von Umweltproblemen ergibt, bereits angedeutet.

Zwei Beispiele aus dem Berliner Bereich sollen dies unterstreichen. Das erste aus dem Komplex der Lärmbekämpfung, bei der wir es in einem Ballungszentrum wie Berlin — speziell im Bereich der Fluglärmbekämpfung — besonders schwer haben. Wir können nicht wie andere mit unseren Flughäfen in die Vororte ausweichen. Es müssen daher in den nächsten Jahren erhebliche Mittel aufgewandt werden, um den Flughafen Tegel auszubauen. Dabei stellt sich — wie jetzt auch in Tempelhof — das Problem, anliegende Wohngebiete möglichst vor einer zusätzlichen Lärmbelastung zu schützen. Der Senat stand vor der Entscheidung, entweder diese Lärmbelastung in den anliegenden Wohngebieten zu vermindern, indem man die Startbahn verlängert, damit die Flugzeuge eine größere Höhe erreichen und auf diese Weise eine deutliche Minderung des Lärms eintritt oder ein Erholungsgebiet — in diesem Falle sogar ein Naturschutzgebiet — zu opfern. Ein typischer Zielkonflikt.

Das zweite Beispiel aus dem Bereich der Abfallbeseitigung: Wir sind nicht in der Lage, unsere Abfälle in einem Volumen von etwa 8,5 Mio m<sup>3</sup> / Jahr — vorwiegend Hausmüll, aber auch Trümmerschutt und Lehm — außerhalb der Stadtgrenzen abzulagern. Uns bleibt daher nur die Möglichkeit — das wird im Moment in unserer Stadt auch heiß diskutiert —, entweder durch den Bau einer zweiten Müllverbrennungsanlage unseren Abfall zu verbrennen mit der voraussichtlichen Konsequenz, daß auch bei Einhaltung aller technischen Normen eine zusätzliche Luftverschmutzung auftritt, oder die Anlage weiterer Deponien ins Auge zu fassen, was in Berlin nur heißen kann, daß Waldgebiete geopfert werden müssen, um diese Deponien anlegen zu können. Wie Sie sehen, ein klassischer Zielkonflikt.

Die geplante zweite Müllverbrennungsanlage wird allerdings nicht ausreichen. Im Zusammenhang mit der Beseitigung flüssiger Abfälle werden wir nicht umhinkönnen, eine weitere Deponie anzulegen. Im Moment konzentriert sich die Diskussion in dem Stadtgebiet, in dem diese Müllverbrennungsanlage errichtet werden soll, auf die damit verbundene Luftverschmutzung und in dem Gebiet, in dem die Deponie vorgesehen ist, auf die dadurch beeinträchtigte Umwelt, wobei es sehr schwer deutlich zu machen ist, auch wegen einiger Versäumnisse in der Vergangenheit, daß eine Deponie durchaus so betrieben werden kann, daß Umweltbelastungen auf ein Mindestmaß reduziert werden. Diese Beispiele, die kleinere Bereiche des Umweltschutzes in Berlin betreffen und den Zielkonflikt verdeutlichen,

sind symptomatisch für den grundsätzlichen Widerspruch, der sich aus der Lösung von Umweltproblemen ergibt. Umweltschutz und Wirtschaftspolitik sind eben in einem sehr engen Zusammenhang zu sehen.

Alle modernen Industriestaaten sind auf ein möglichst gleichmäßiges Wirtschaftswachstum angewiesen. Dieser Zielsetzung liegt selbstverständlich nicht nur das Gewinnstreben von Unternehmen zugrunde — ein Punkt, der oft herausgestellt wird —, sondern ebenso das Bedürfnis jedes einzelnen nach ständig steigendem Wohlstand und der Bedarf der öffentlichen Hand nach einem zunehmenden Finanzierungsplafond für sozialpolitische Vorhaben. Nur haben diese bisher allein oder überwiegend gültigen Maßstäbe parallel mit dem Wirtschaftswachstum zu steigenden Umweltbelastungen geführt und durchgreifende Maßnahmen zur Verbesserung der Umwelt zumindest verlangsamt. Das gilt gleichermaßen für Staaten mit sehr unterschiedlichen ökonomischen Ordnungen. Man kann aber zutreffend feststellen, daß die unkritische Verabsolutierung des Zieles „Wirtschaftswachstum“ zu einem im Prinzip für die Volkswirtschaft sinnlosen Ergebnis führt, das nur dadurch verschleiert wird, weil Umweltbelastungen nicht in eine volkswirtschaftliche Gesamtrechnung einbezogen werden.

Jede Beeinträchtigung der natürlichen Umwelt bedeutet eine Verringerung von Nutzungsmöglichkeiten, also eine Wertminderung. Als Beispiele wären etwa die Verschmutzung von Seen und Oberflächengewässern zu nennen. Diese Verringerung des Volksvermögens kommt in dem üblichen Maßstab für wirtschaftlichen Fortschritt, dem Bruttosozialprodukt, nicht zum Ausdruck.

Deswegen halte ich es — zumindest unter einem bewußtseinsbildenden Effekt — für nützlich, dem Begriff des Bruttosozialproduktes den der „Bruttosozialverschmutzung“ an die Seite zu stellen, wobei festgestellt werden kann — das ließe sich am Beispiel des Abfallaufkommens sehr gut darstellen —, daß dem Steigen des Bruttosozialproduktes ein paralleles Steigen der Bruttosozialverschmutzung entspricht.

Daraus kann man ableiten, daß aus dem Grundsatz der korrekten Zurechnung *aller* volkswirtschaftlichen Kosten, d. h. auch der Entwertung der Umwelt, sich eine an der Ursache tatsächlich ansetzende Lösung ergibt.

Wenn jede einzelne Wirtschaftseinheit, nicht nur Gewerbe- und Industrieunternehmen, sondern auch öffentliche Körperschaften und private Haushalte, ihre wirtschaftliche Lage dadurch verbessern, daß sie Kosten auf die Allgemeinheit abwälzen, Kosten, die in Form einer Umweltverschmutzung entstehen, dann werden sie das solange tun, wie ihr die Rechtsordnung diese Möglichkeit läßt.

Es wird also darauf ankommen, durch einen entsprechenden wirtschaftspolitischen Ordnungsrahmen dafür Sorge zu tragen, daß eine korrekte

Zurechnung aller Umweltbelastungen in die Wirtschaftsrechnungen der einzelnen Einheiten durchgesetzt wird. Der entscheidende Gesichtspunkt eines so praktizierten Verursacherprinzips kann für die Wirtschaftseinheiten nur in dem Anreiz bestehen, Umweltbelastungen dadurch zu vermeiden, daß sie ihr Schwergewicht auf die Entwicklung umweltfreundlicher Technologien legen, weil sie sonst zur Kasse gebeten würden für das, was sie an Umweltverschmutzung produzieren.

Es muß dargelegt werden, wieviel Aufwand ein wieviel an Umweltverbesserung bewirkt. Von einem bestimmten Punkt an wird dann erkennbar sein, daß mit einem zusätzlichen Aufwand nur noch ein wesentlich geringerer Zuwachs an Umweltverbesserung zu erreichen ist. Abgesehen davon, daß eine vollständige Beseitigung der Umweltbelastungen technisch nicht möglich ist, wäre sie auch wirtschaftlich nicht zweckmäßig, vielmehr hätte sich die wirtschaftliche Zweckmäßigkeit an einer Kosten-Nutzen-Analyse zu orientieren. Ich erwähne das deshalb, weil bei vielen Diskussionen über diese Probleme irgendwann immer das Wort auftaucht, Geld spiele keine Rolle, wenn es darum gehe, Umweltschäden zu beseitigen. Einer genauen Prüfung, das ergibt sich aus dem Ansatz, hält eine solche These nämlich nicht stand.

Unabhängig von der Durchsetzung eines so verstandenen Verursacherprinzips wird man allerdings auch nicht daran vorbeikommen, bestimmte Schadstoffe, die entweder irreparable Schäden hervorrufen oder deren Beseitigung mit einem unverhältnismäßig großen Aufwand verbunden ist, durch Verbote oder durch Lizenzierungsverfahren zu begrenzen bzw. von vornherein zu vermeiden. Darunter zu verstehen sind im wesentlichen örtliche und zeitliche Nutzungsbegrenzungen.

Örtliche Nutzungsbegrenzungen berühren den Bereich einer regionalen Strukturpolitik, die auch zur Folge hat, daß bestimmte Industrieansiedlungen in bestimmten Gebieten unter Umständen dann nicht möglich sind, wenn kontinuierlich durchgeführte Grundbelastungsmessungen erkennen lassen, daß eine zusätzliche Schadstoffemission einer bestimmten Art in einem Gebiet nicht mehr hingenommen werden kann.

Wobei man darauf hinweisen muß, daß sich viele Gemeinden hier in einem echten Gewissenskonflikt befinden, weil sie in hohem Maße vom Gewerbesteueraufkommen abhängig sind und von daher wiederum ein Bedürfnis, unabhängig von den Umweltschutz-Gesichtspunkten, gerade für Industrieansiedlungen besteht bzw. zu unterstellen ist.

Beispiele für zeitliche Nutzungsbeschränkungen wären Smog-Situationen, bei denen es zu einer Einschränkung von bestimmten Schadstoffemissionen kommen muß. Ein in Berlin in der letzten Zeit diskutiertes Problem für

zeitliche und örtliche Nutzungsbegrenzungen wären etwa Begrenzungen des Motorbootverkehrs auf unseren Oberflächengewässern.

Daneben gibt es eine Reihe von Schadstoffen, bei denen man ebenfalls an Verboten nicht vorbeikommen wird. Dazu zählen u. a. Einwegverpackungsmaterialien, deren Beseitigung nicht schadlos möglich ist und die daher durch andere ersetzt werden müssen.

Man muß leider feststellen, daß sich einerseits unsere wirtschaftliche Rahmenordnung gegenwärtig lediglich an der Durchsetzung wachstumspolitischer Ziele orientiert, daß aber andererseits die Einbeziehung von Standards, die aus einer vorausschauenden Umweltplanung abgeleitet werden, eine qualitative Veränderung von Wirtschaftswachstum im Sinne einer größeren Umweltfreundlichkeit von Produktionsverfahren und Produkten bedeutet. Daraus folgt: Umweltpolitik heißt nicht Ablehnung von Fortschritt, Technik und Wirtschaftswachstum, sondern setzt die Einbeziehung von Wechselwirkungen zur Umwelt als Maßstab für die Beurteilung des Fortschritts voraus und damit andere Bedürfnisprioritäten.

Es liegt auf der Hand, daß die Kosten für veränderte, umweltfreundlichere Technologien abgewälzt werden auf die Preise für Güter und Dienstleistungen, d. h. daß der Konsument sie zu tragen hat. Und es liegt auch auf der Hand, daß der Anteil der Finanzierung, der auf die öffentliche Hand zukommt, nur über Steuern aufgebracht werden kann; im Zweifelsfalle eingeordnet in die Zunahme von Gemeinschaftsaufgaben, die der öffentliche Sektor zu leisten hat und die nur über einen höheren Anteil der öffentlichen Hand am Bruttosozialprodukt zu finanzieren sind. In diesem Zusammenhang muß die Frage der Steuergerechtigkeit aufgeworfen werden; denn es kann den verantwortlichen Politikern nicht gleichgültig sein, wer diese Kosten zu tragen hat und durch sie besonders belastet wird.

Es bleibt zunächst einmal offen, ob mit der Durchsetzung dieser von mir skizzierten umweltpolitischen Zielsetzung — Einbeziehung in eine volkswirtschaftliche Gesamtrechnung — der grundsätzliche Konflikt zwischen ökonomischen Interessen und Belangen des Umweltschutzes erschöpfend zu lösen ist.

Wenn wirtschaftliches Wachstum heute zweifellos zustandekommt, daß alles, was wissenschaftlich gedacht, früher oder später auch technisch umgesetzt wird, dann heißt Umweltschutz in erster Linie, daß Wissenschaftler anders als bisher — nämlich vorausschauender — denken werden. Erst wenn dieser Lernprozeß vollzogen ist, steht die Entscheidung an, ob auch bei Qualitätsverbesserung quantitativ uneingeschränktes Wirtschaftswachstum mit der Aufrechterhaltung des ökologischen Gleichgewichts in der gesamten Natur vereinbar ist oder ob man zu anderen Lösungen kommen muß. Eine wesentliche Voraussetzung für die Durchsetzung dieser wirt-

schaftspolitischen Prinzipien ist eine internationale Harmonisierung dieser Anstrengungen, glaubwürdig auch für die Staaten der Dritten Welt, die besondere Vorbehalte haben und nicht in ihrem Verdacht bestärkt werden dürfen, man wolle ihnen unter dem Deckmantel des Umweltschutzes Wirtschaftswachstum vorenthalten.

Für die Bundesrepublik vorrangig ist diese internationale Zusammenarbeit zweifellos im Bereich der europäischen Gemeinschaften und mit der DDR. Es ist eine Binsenweisheit, daß Schadstoffe nationale Grenzen überschreiten. Nur kommt es darauf an, Kostenabwälzungen zwischen benachbarten Volkswirtschaften, die auf diese Weise zustandekommen, auszugleichen oder zu vermeiden. Darüber hinaus sind solche internationalen Abmachungen auch notwendig, um Wettbewerbsverzerrungen auszuschließen, die dann zustande kämen, wenn die Auflagenerteilung durch den wirtschaftspolitischen Ordnungsrahmen in einem Staat eine umweltfreundlichere Position desselben einschließt.

Unter allen Umständen muß das Entstehen von neuen Handelsschranken durch solche Vereinbarungen verhindert werden. Im nationalen und später auch im internationalen Rahmen ist eine Konkretisierung dieser Überlegungen nur möglich durch ein lückenloses System von praktikablen Rechtsnormen, wobei ich nicht so sehr auf die Überlegungen eingehen will, inwieweit das Recht auf eine menschenwürdige Umwelt als ein Verfassungsgrundsatz angesehen werden müßte. Dies hätte meiner Meinung nach nur einen bewußtseinsbildenden Effekt und wenig Bedeutung für die Praxis. In ihr spielt die Zersplitterung der verschiedenen Rechtsnormen in den einzelnen Ländern in einer Vielzahl von Gesetzen, Durchführungsverordnungen, technischen Richtlinien eher eine Rolle.

Wir haben in einem Bericht, den wir demnächst dem Abgeordnetenhaus vorlegen werden, insgesamt 183 gesetzliche Regelungen zusammengestellt, davon 145 auf der Ebene des Bundes, den Rest auf der Ebene des Landes Berlin. Diese Zahl hätte sich vervielfacht, wenn wir alle umweltschutzrelevanten Rechtsnormen aus den übrigen Bundesländern auch noch aufgenommen hätten.

Das Beispiel macht deutlich, wie dringend notwendig es ist, dieses System lückenhafter Rechtsnormen zu vereinheitlichen. Ein Anfang ist mit der Übertragung der konkurrierenden Gesetzkompetenz an den Bund und mit den eingebrachten Bundesgesetzen — die Teilbereiche Wasserhaushalt und Naturschutz sind ja zunächst einmal ausgeklammert worden — im Sinne einer solchen Vereinheitlichung inzwischen beschritten worden. In diesen Bereich spielt auch die Frage der Sanktionen hinein, die für die Durchsetzung der Rechtsnormen zur Verfügung stehen müssen; die derzeit gültigen Straf- und Bußgeldvorschriften sind allerdings in weiten Teilen über-

holt. Dazu gehört auch, daß die ausführenden Organe — die mittleren und unteren Verwaltungsbehörden — von ihrer personellen Besetzung her in die Lage versetzt werden — und das sage ich, ausgestattet mit den Berliner Erfahrungen —, die notwendige Überwachung und Kontrolle durchzuführen. Man kann also vereinfachend feststellen: alle diese Gesetze, so gut sie auch sein mögen, sind nur so viel wert wie die personelle Ausstattung der entsprechenden Überwachungsbehörden. Wir haben — um das zu verdeutlichen — hier in Berlin eine Zentralstelle für Lärmbekämpfung, die von den im letzten Halbjahr eingegangenen 2300 Beschwerden beim derzeitigen Personalstand etwa 700 regelmäßig nicht bearbeiten kann, wobei hinzuzufügen wäre, daß eine präventive Lärmbekämpfung, die wir für dringend erforderlich halten und die auch in der Zuständigkeit dieser Dienststelle liegt, überhaupt nicht möglich ist. Ich nenne das Beispiel deswegen, um zu belegen, in welchem engem Zusammenhang Personalausstattung der Überwachungsbehörden und Rechtsnormen stehen.

Ein zweites Problem bezieht sich auf eine möglichst rationelle Verwaltungsorganisation bei der Vielgestaltigkeit der Aufgaben, die im Zusammenhang mit der Lösung dieser Probleme auf uns zukommen, eine Frage, die bei der Bildung des Senats nach den letzten Wahlen eine Rolle spielte. Mit der Zuordnung des Bereichs Umweltschutz zum Ressort Gesundheit wurde den Verantwortlichen und auch der Öffentlichkeit erstmals deutlich, in wieviel andere Verwaltungsressorts die Problematik der Umweltschutzfragen hineinreicht. Allen Beteiligten wurde sehr schnell klar, daß nicht alle Zuständigkeiten, die durch Umweltschutzprobleme berührt werden, sich in einer Verwaltung vereinigen lassen. Das führte zu der Überlegung, daß jedes Ressort Gesichtspunkte des Umweltschutzes bei allen seinen Entscheidungsprozessen, Planungsvorhaben, kommunalen Bauvorhaben, Gesetzesinitiativen usw. einzubeziehen hat. Bei der Zuordnung von Einzelkompetenzen sollten allerdings Konflikte zwischen umweltpolitischen und anderen gesellschaftspolitischen Zielen innerhalb eines Ressorts nach Möglichkeit vermieden werden. Schließlich einigte sich der Senat darauf, die Koordination zumindest bei übergreifenden umweltschutzrelevanten Aufgaben durch die Federführung des Umweltschutzressorts sicherzustellen. Grundsätzliche Übereinstimmung wurde darin erzielt, daß Behörden und sonstige öffentliche Einrichtungen zunächst einmal für Durchführungsaufgaben zu nutzen sind, bevor an die Schaffung neuer Institutionen, dieser Grundsatz gilt auch für die Länderebene, gedacht wird. Es ist meiner Ansicht nach nicht damit getan, beispielsweise in Berlin eine Landesanstalt für Umweltschutzmessungen mit entsprechendem finanziellem und personellem Aufwand ins Leben zu rufen, ohne sich vorher darüber klar geworden zu sein, wie die Arbeit der bestehenden Einrichtungen, die solche Messungen

für ihren Bereich durchführen, koordiniert werden kann, um eine Doppelgleisigkeit zu vermeiden.

Es versteht sich von selbst, daß bei der Anwendung dieser Kriterien jeweils nach den entsprechenden Erfahrungszeiträumen die Zweckmäßigkeit einer solchen Organisation neu überprüft werden muß.

Zum Schluß möchte ich einen Bereich ansprechen, der die Aufgaben der Forschungsinstitutionen betrifft. Es besteht kein Zweifel, daß wir einen ganz erheblichen Nachholbedarf an wissenschaftlichen Erkenntnissen haben. Das wird der Öffentlichkeit immer erst dann bewußt, wenn die Massenmedien über Gesundheitsgefahren, hervorgerufen durch Verbrauchsgüter oder Medikamente, über vermeintlich plötzlich auftretende Störungen des Naturhaushalts, beispielsweise der Oberflächengewässer, berichten. Dann zeigt sich sehr deutlich, daß wir zu wenig wissen über Kausalzusammenhänge zwischen bestimmten Schadstoffen und der Gefährdung der Gesundheit, daß wir zu wenig wissen über langfristige derartige Wirkungen, über akzeptable Toleranzgrenzen für Emissionen, über die Belastungsfähigkeit von ökologischen Regelkreisen in der Natur, wobei die gegenseitige Summation oder sogar Potenzierung verschiedener Effekte eine Rolle spielt. Um diesen nicht hinnehmbaren Zustand zu verbessern, muß eine enge Zusammenarbeit der öffentlichen Hand mit allen dafür in Frage kommenden Forschungsinstitutionen erreicht werden. Das heißt: bessere Kommunikation als bisher, Erteilung gezielter Forschungsaufträge, schnellere Verarbeitung der wissenschaftlichen Erkenntnisse, um nur einige Beispiele zu nennen.

Für eine möglicherweise aus einer bestimmten Interessenlage heraus angestrebte Variation von Toleranzgrenzen und Standards ist umso weniger Raum, je exakter umweltpolitische Forderungen durch nachprüfbare Daten begründet werden können. Die Bundesregierung plant in diesem Zusammenhang, das geht auch aus ihrem Bericht hervor, die Einrichtung eines Informationssystems. Wer diesen Gesichtspunkt auf seine Durchsetzbarkeit hin prüft, kommt an der entscheidenden Frage nicht vorbei, wie das direkte Engagement der gesamten Bevölkerung erreicht werden kann. Das wird ohne enges Zusammenwirken mit den Massenmedien nicht möglich sein. Es gilt, bei unseren Mitbürgern Verständnis zu wecken für die enormen Kosten, die bei der Lösung dieser Probleme auf uns zukommen. Ihnen muß klargemacht werden, daß gewisse Abwehrhaltungen gegenüber bestimmten notwendigen Vorkehrungen zwar persönlich verständlich, aber letztlich nicht hingenommen werden können und unter Umständen durch eine — nennen wir es mal — Gegenpropaganda neutralisiert werden müssen.

Ich bin der festen Überzeugung, daß wir nur mit Hilfe einer bewußteren Öffentlichkeit in der Lage sein werden, vernunftgemäßes Handeln unter Berücksichtigung von Umweltschutzgesichtspunkten auf lange Sicht durch-

zusetzen, und daß wir nur durch eine geeignete Informationspolitik vermeiden können, daß sich innerhalb kurzer Zeit anstelle der im Moment sehr hoch gesetzten Erwartungen eine Resignation breitmacht, die gefährlich wäre, weil sie uns bei der Bewältigung der Probleme keinen Schritt weiterbringt.

*Anschrift: Senator für Gesundheit und Umweltschutz des Landes Berlin, Prof. Dr. H.-G. Wolters, Berlin 30, An der Urania 2—12*





# Umweltschutz

Von H. P. Mollenhauer

Der Begriff „Umweltschutz“ hat heute in den meisten Ländern einen wesentlich höheren politischen Stellenwert als noch vor wenigen Monaten oder gar Jahren. Eine intensive Öffentlichkeitsarbeit seitens informierter und auch weniger informierter Kreise hat die kritische Situation, in der sich unsere Umwelt befindet, dem Bewußtsein der Öffentlichkeit nahegebracht, und wir sollten darüber sehr dankbar sein, wenn auch die Massenmedien gelegentlich über das Ziel hinausschießen. Die Verantwortung haben, Maßnahmen zu entwickeln, zu veranlassen und durchzuführen, sollten wohl in der Lage sein, die „Spreu vom Weizen“ zu scheiden.

Hier in einem Kreis von Naturwissenschaftlern wäre ein Versuch angebracht, einmal zu diskutieren, was denn unter „Umwelt“ verstanden werden soll, ohne eine rechtliche oder politische Definition zu versuchen. Der erste moderne Wissenschaftler der Umweltforschung war der Biologe Jakob von Uexküll, der sich in den 20er Jahren erstmals mit diesem Thema beschäftigt hat. Er hat u. a. darauf hingewiesen, daß jede Art oder Gruppe von Lebewesen ihre eigene Umwelt bewohnt.

Diese Überlegungen sind heute Gegenstand der Ökologie — meine Ausführungen werden sich im wesentlichen im Rahmen der ökologischen Chemie oder Ökochemie bewegen —, über deren Aufgaben man vielleicht noch diskutieren sollte.

Die Ökologie untersucht das Biotop und die Biozönose — die abiotischen und die biotischen Faktoren, aus denen sich die Umwelt zusammensetzt. Sie kennt das Ökosystem, das heißt, die besondere Umwelt, beispielsweise der Fische, oder die auch nur einer Art, wie der des Fischbandwurms, der ja in seiner Entwicklung vom Ei im Plankton über Larvenstadien in Kleinkrebsen und Fischen zum Bandwurmstadium im Menschen seine Umwelt wechselt — er steigt um.

Die gesamte Umwelt wird als Ökosphäre bezeichnet, in der sich der Kampf um Nahrung, Unterkunft und Fortpflanzung aller abspielt. In der komplexen Funktionsweise eines Ökosystems und der ganzen Ökosphäre spielen chemische Verbindungen eine große Rolle. Denken wir nur an die Erzeugung der Biomasse, der Nahrung auf den verschiedenen Stufen, an die chemische Zusammensetzung des Meerwassers oder an die Veränderungen der Hormonfunktionen im Stress bei hoher Populationsdichte.

In diese diffizilen, komplizierten Verhältnisse hat der Mensch in wachsendem Maße auf grösste Art teils absichtlich, teils unbeabsichtigt mit hoch-

wirksamen Chemikalien eingegriffen, so daß jetzt nicht nur die systemeigene, sondern auch die systemfremde Chemie von den Ökologen studiert werden muß.

Diese oberflächliche Einleitung sollte zeigen, welche vielgestaltige Aufgabe der Umweltschutz hat, daß die Verhältnisse viel zu kompliziert sind, als daß sie durch einfache Maßnahmen rektifiziert werden könnten.

Ziel des Umweltschutzes sollte es trotz aller bekannten Schwierigkeiten sein, die Ökosphäre, das heißt die Gesamtheit aller Umwelten optimal — wenigstens aus der Sicht des Menschen — zu erhalten, wozu natürlich auch die Erhaltung der Landschaft und der wildlebenden Flora und Fauna gehören. Es müssen sich dabei Zielkonflikte ergeben, die so oder so gelöst werden müssen.

Ich will jedoch, wie ich sagte, nicht versuchen, den Begriff „Umwelt“ exakt definieren, sondern mich mit der Feststellung begnügen, daß es sich bei *Umweltschutz* um die Summe der Maßnahmen handelt, die erforderlich sind, um dem Menschen einen gesunden Lebensraum zu sichern, ihn vor Gefahren aus der Umwelt für seine Gesundheit zu schützen, soweit sich der Einzelne ihnen nicht entziehen kann oder sich nicht wirksam abwehren kann, oder — mit anderen Worten — zu verhindern, daß der Zustand der Umwelt das körperliche, geistige, seelische und soziale Wohlbefinden jetzt oder in Zukunft gefährdet.

Lassen Sie mich nun kurz einige allgemeine Gesichtspunkte des Umweltschutzes anführen, bevor ich näher auf die Frage der Verbreitung von Chemikalien eingehe.

Die Umwelt des Menschen ist einem dauernden Prozeß der Veränderung unterworfen, und es gibt keine „gute alte Zeit“ eines „biologischen Gleichgewichtszustandes“, den es in seiner Statik zu erhalten gilt. Die Entwicklung des Menschen war aus den Uranfängen nicht nur von Veränderungen seiner Umwelt begleitet, sondern hing sogar von ihr im wesentlichen ab, wenn wir nur an die Rodung von Urwald zur landwirtschaftlichen Nutzung oder an den Bergbau denken.

Erst in unserer hoch industrialisierten Gesellschaft hat der Mensch die mehr oder weniger labilen Fließgleichgewichte des Naturhaushalts ernsthaft und weltweit verändert, so daß er sich selbst gefährdet. Die Veränderung der Umwelt durch den Menschen ist die Begleiterscheinung seines technischen Fortschritts, der sich in wachsender Produktion und wachsendem Konsum äußert. Aus Gründen des Umweltschutzes darf das unkontrollierte wirtschaftliche Wachstum, die hemmungslose Steigerung des materiellen Wohlstandes nicht länger Hauptziel der Technik sein. Hierzu ist eine bessere Beherrschung des technischen Fortschritts erforderlich, die es erlaubt, jeden Prozeß auf seine Wirkung auf die Umwelt zu beurteilen und ihn durch

übergeordnete Planung der technischen Entwicklung zu kontrollieren. Die meisten angestrebten (technologischen) Ziele lassen sich mit verschiedenen Mitteln erreichen, und es sollte stets das „umweltfreundliche“ bevorzugt werden, selbst wenn es nicht das wirtschaftlich Günstigste ist.

Bei allem Respekt vor den *wirtschaftlichen* Freiheitsgrundrechten muß deshalb auf dem Gebiet der Gesetzgebung und Rechtssprechung eine restriktive Interpretation zur Sicherung unserer biologischen wie sozialen Existenz aus Gründen der „Lebensraison“ und nicht der „Staatsraison“ möglich bleiben (Eckard Rehbein: „Gesetzgebung und Rechtssprechung“, Umwelt 1/71, p. 23—27, 1971).

### *Umweltprogramm der Bundesregierung*

Im Rahmen der Inneren Reformen bemüht sich die Bundesregierung um die Schaffung eines neuen Verständnisses für Fragen des Wirtschaftswachstums, der Raumordnung, des Siedlungswesens, des Verkehrs, des Konsums, sowie einer damit verbundenen Verwirklichung neuer „umweltfreundlicher“ Strukturen.

Umweltgestaltung und Umweltschutz als Innere Reform der Bundesregierung begnügen sich nicht damit, diesen oder jenen Umweltschaden zu bekämpfen. Es geht darum, das in der Öffentlichkeit geweckte Umweltbewußtsein in wirksame Maßnahmen umzuwandeln, die auch von den betroffenen Interessengruppen mitgetragen werden.

Am 29. September 1971 hat die Bundesregierung ihr Umweltprogramm veröffentlicht, in dem alle Aspekte des Umweltschutzes behandelt werden. Das Programm umfaßt alle die Maßnahmen, die für notwendig gehalten werden, um eine gesunde und menschenwürdige Umwelt zu gewährleisten. Es basiert auf dem Grundsatz, daß der Verursacher für den Schaden aufzukommen hat. Das Programm enthält ferner besondere Hinweise auf die Bedeutung der internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Umweltschutzes.

Zur Erarbeitung von Maßnahmen, um die weitgesteckten Ziele des Programms zu erreichen, sind einzelne interministerielle Projektgruppen, meist nach Umweltmedien, wie Wasser, Boden, Luft, eingerichtet worden. Es sind jedoch auch einige „horizontale“ Gruppen eingerichtet worden, so zum Beispiel für „Neue Technologien“ und „Umweltchemikalien und Biozide“. Auf die Definitionen dieser Begriffe soll noch eingegangen werden.

So wie sich aus einer Fülle bereits bestehender Einzelmaßnahmen und Institutionen erst der umfassende Begriff „Umweltschutz“ entwickelt hat, bedurfte es einer gewissen Entwicklung, um von der Einzelbetrachtung des

Vorkommens von Chemikalien in den einzelnen Medien zu der umfassenden Betrachtungsweise zu kommen, die durch den neu entwickelten Begriff „Umweltchemikalie“ dargestellt wird.

### *Schutz der Gesundheit des Menschen als Umweltschutzprinzip*

Die Bemühungen um den Umweltschutz betreffen natürlich nicht nur die Gesundheit des Menschen; es gibt auch rein technische Gesichtspunkte, wie den Schutz von Farbanstrichen vor Korrosion, und doch ist die Frage des Gesundheitsschutzes sicher das zentrale Thema — es ist das Aufgabengebiet, das dem Bürger am nächsten liegt.

Wie ich bereits ausgeführt habe, hat sich der Umweltschutz bisher mit technischen Teilbereichen — gegeben durch die natürliche Aufteilung in die Medien Wasser, Boden, Luft, Lebensmittel usw. — beschäftigt, aus denen jeweils die Teilergebnisse auf die Gesundheit des Menschen projiziert wurden.

Ich glaube, daß es nicht nur für die bereits erwähnten ökologischen und technischen Aspekte einer Gesamtschau bedarf, um den Umweltschutz voll wirksam zu machen, sondern auch für die Einwirkungen der Umwelt auf die Gesundheit des Menschen. Das gilt ganz besonders für die bedenkliche Verbreitung von chemischen Stoffen. Wenn es für den Menschen gilt, daß die Gefahren, denen er ausgesetzt ist, in ihrer Gesamtheit und in ihrem Zusammenwirken betrachtet werden müssen, so gilt das genau so für seine Lebensmittel. Auch hier genügt es nicht, einzelne Gebiete des Umweltschutzes herauszugreifen, wie z. B. die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Es scheint leider immer deutlicher zu werden, daß die Lebensmittel an der Mündung eines Trichters liegen, in den alle möglichen Umweltverunreinigungen hineingeschüttet werden.

Wenn die Menge und gesundheitliche Wirkung von technisch notwendigen, absichtlich zugesetzten Zusatzstoffen, wie Konservierungsmitteln, bzw. den Rückständen von irgendwann während der Gewinnung absichtlich verwendeten anderen Stoffen, wie Pflanzenschutzmitteln, noch übersehbar ist, so ist die wachsende Zahl und Menge immer neuer Stoffe, die aus der Umwelt in die Lebensmittel eindringen, sehr ernst zu nehmen und bedarf der Erforschung und Kontrolle.

Viele der industriell hergestellten Chemikalien und der chemischen Industrieabfälle werden nicht oder nur langsam durch die belebte und unbelebte Umwelt abgebaut und deshalb in zunehmenden Maße sowohl analytisch erfassbar als auch durch unerwartete biologische Wirkungen sichtbar. Dank der gleichzeitig fortschreitenden Vervollkommnung und Verfeinerung der

toxikologischen Methoden sind gleichzeitig immer mehr der in der Umwelt verbreiteten Stoffe — auch in gering erscheinenden Mengen — als gesundheitsgefährdend erkannt worden. Zwar wird seit einigen Jahrzehnten die toxikologische Wirkung einzelner Substanzen, besonders solcher, die in Lebensmittel verwendet werden, überprüft — *für eine umfassende Gesamtschau des Zusammenwirkens der verschiedensten Stoffe, die aus zahlreichen Quellen auf den Menschen eindringen, sind jedoch erst Ansätze vorhanden.*

Um das neue Konzept der umfassenden Beurteilung aller nachteiligen Wirkungen von Chemikalien aus der Umwelt auf den Menschen herauszustellen, hat die Bundesregierung im Rahmen ihres Programms für Umweltgestaltung und Umweltschutz beim Bundesministerium für Jugend, Familie und Gesundheit die erwähnte Projektgruppe eingerichtet, die diese Substanzen studieren und Maßnahmen zu ihrer Kontrolle entwickeln soll.

Man hat die Stoffe in zwei Kategorien eingeteilt, von denen die eine in etwa eine Untergruppe der anderen ist:

1. *Umweltchemikalie* im Sinne des Umweltschutzes ist eine Bezeichnung für Stoffe, die durch menschliches Zutun in die Umwelt gebracht werden und in Mengen auftreten können, die geeignet sind, Lebewesen, insbesondere den Menschen, zu gefährden. Hierzu gehören chemische Elemente oder Verbindungen organischer oder anorganischer Natur, synthetischen oder natürlichen Ursprungs.

Das menschliche Zutun kann unmittelbar oder mittelbar erfolgen, es kann beabsichtigt oder unbeabsichtigt sein.

Der Begriff Lebewesen umfaßt in diesem Zusammenhang den Menschen und seine belebte Umwelt, einschließlich Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen.

Die Gefährdung durch Umweltchemikalien kann akuter oder chronischer Natur sein und auch nach Akkumulation oder Stoffumwandlungen oder im Sinne eines Synergismus eintreten.

2. *Biozide* ist üblicherweise eine Bezeichnung für Chemikalien, die zur Bekämpfung schädlicher Lebewesen, wie Kleinpilze, Unkräuter, Insekten, eingesetzt werden.

Bekannte Beispiele für Umweltchemikalien sind Quecksilber und Blei, die aus verschiedensten industriellen Quellen in die Umwelt und damit über sogenannte Nahrungsketten in die Lebensmittel gelangen, wie sich in jüngster Zeit am Beispiel des Vorkommens von Quecksilber in Thunfisch-Konserven in der Bundesrepublik Deutschland gezeigt hat. Ich will hier nicht auf das komplizierte Gebiet der Verbreitung von Bioziden und Umweltchemikalien in der Umwelt eingehen, sondern lediglich einige Probleme ansprechen, die sich daraus ergeben.

### *Verbreitung in der Umwelt*

So kann die Anwendung von Pestiziden zunächst nur von regionaler Bedeutung sein, jedoch, wie die Untersuchungen über die Ausbreitung von DDT in den letzten Jahren gezeigt haben, zu einer globalen Belastung führen.

An dieser Substanz ist sichtbar geworden, daß eine Chemikalie nach 20-jähriger Anwendung ubiquitär vorkommen kann. So wurden z. B. in Robben auf der Antarktis bis zu 0,12 mg/kg DDT nachgewiesen. Im menschlichen Fett liegen die Rückstände in der Größenordnung von 3mg/kg, in Meerestieren in der Größenordnung 0,1 bis 1 mg/kg, in Vögeln bis zu 20 mg/kg.

Neben diesen ubiquitären Vorkommen hat sich ergeben, daß unerwünschte Effekte in der Natur auftreten können. Bei wildlebenden Tieren wird nicht durch das DDT selbst, sondern vorzugsweise durch seine persistenten Metaboliten der Effekt der Reduktion der Eierschalendicke einiger Vogelarten und damit die Gefahr ihres Aussterbens bewirkt. Im Rahmen umfangreicher Untersuchungsprogramme konnte aber auch nachgewiesen werden, daß andere chlorierte Biphenyle in der Umwelt ähnlich weit verbreitet sind wie DDT.

Am Beispiel der chlorierten Kohlenwasserstoffe hat sich gezeigt, daß ihr Vorkommen in Lebensmitteln nicht unmittelbar mit einem Verbot zu beheben ist. Infolge Persistenz dieser Stoffe in der Umwelt muß selbst bei sofortigem absolutem Verbot ihrer Anwendung noch etwa während der nächsten 10 Jahre mit Rückständen in Lebensmitteln gerechnet werden. Ein irreparabler Schaden dürfte bei einer Wartezeit von etwa 10 Jahren noch nicht eingetreten sein unter der Voraussetzung, daß jetzt geeignete Maßnahmen durchgeführt werden, die das verhindern.

Stabile, überregional verbreitete Substanzen müssen jedoch als irreparable Beeinflussung der Umweltqualität angesehen werden. Wenn auch für eine große Zahl von Bioziden international anerkannte zulässige Höchstmengen für ihr Vorkommen in Lebensmitteln und für die Gesamtaufnahme des Menschen vorhanden sind, so bestehen Informationslücken besonders über die Einwirkung der Gesamtheit der Pestizide mit anderen Stoffen auf den Menschen. Es fehlt eine systematische Ermittlung und laufende Überwachung der Biozidrückstände aus allen Medien, um eine laufende Beurteilung des tatsächlichen Gefährdungsgrades des Menschen abschätzen zu können. Hierzu bedarf es einer zentralen Auswertung — zentral mit Bezug auf die verschiedenen Medien und Teile der Umwelt — verbunden mit einer intensiveren Erforschung von Transport, Verbleib und Anreicherung

der Stoffe in der Umwelt (Nahrungskette) und des Metabolismus in Boden, Pflanze, Tier und Mensch, sowie der toxikologischen Beurteilungen der Biozide und Umweltchemikalien bei Mensch und Tier einschließlich wildlebender Tiere. Hierbei muß der Frage der synergistischen und antagonistischen Wirkungen bei Komplexeinwirkungen mehrerer Stoffe oder den verschiedenen Umweltbedingungen besonderes Augenmerk gewidmet werden.

### *Zielkonflikte*

Um die gesteckten Ziele des Umweltschutzes zu erreichen, muß eine schädliche Belastung mit Umweltchemikalien aufgrund einer sorgfältigen toxikologischen Beurteilung vermieden oder ausgeschaltet werden. Hinsichtlich einer speziellen Chemikalie bedeutet dies, daß unter den Bedingungen der vorgesehenen Verwendung und ihres Auftretens als Umweltchemikalie die Aufnahme durch den Menschen — im Verhältnis zur toxischen Dosis — so niedrig ist, daß mit praktischer Sicherheit eine Schädigung der Gesundheit ausgeschlossen ist. Aufgrund der Erkenntnisse über den molekularen Ablauf physiologischer Prozesse gibt es für manche Stoffe keine unschädliche „unterschwellige Dosis“, d. h. es ist gänzliche Abwesenheit zu fordern.

Andererseits kann beispielsweise die Landwirtschaft bei ihrer Aufgabe, Lebensmittel in ausreichender Menge in marktgerechter Qualität und unter optimaler Kombination der vorhandenen Produktionsmittel zu erzeugen, in absehbarer Zeit nicht darauf verzichten, Pflanzenschutzmittel, Düngemittel, Herbizide oder Wachstumsregler einzusetzen. Die Bereitstellung von Lebensmitteln tierischer Herkunft erfolgt in zunehmendem Maße auf dem Wege der Massentierhaltung, in der Stoffe mit pharmakologischer Wirkung und Futtermittelzusatzstoffe benötigt werden und Abfälle in größerer Menge zu beseitigen sind. Dieser Einsatz und Anfall von potentiellen Umweltchemikalien mit ihren erst zum Teil bekannten toxikologisch und ökologisch bedenklichen Konsequenzen steht dem ökonomischen Nutzen gegenüber.

Die Lösung der hier aufgezeigten Zielkonflikte verlangt eine sorgfältige Beobachtung und Kontrolle des Auftretens von Umweltchemikalien, eine möglichst zuverlässige Beurteilung der komplexen toxikologischen Gesamtsituation, um von Fall zu Fall die zu treffenden sozial- und gesundheitspolitischen Entscheidungen treffen zu können, bei denen der Gesundheitsschutz den Vorrang haben sollte.



*Maßnahmen zum Schutz gegen Verbreitung von Chemikalien*

Lassen Sie mich zum Schluß noch auf die Maßnahmen eingehen, mit denen die Bundesregierung versuchen wird, die Umwelt zu verbessern. Der Maßnahmen-Katalog umfaßt die Hauptgebiete Forschung, Verwaltung und Überwachung, basierend auf entsprechender Rechtssetzung. Auf dem Gebiet der Forschung wird die Bearbeitung der analytischen und der toxikologischen Probleme als vordringlich angesehen. Hierzu gehört u. a. die Erforschung von Transport, Verbleib und Umwandlung von Chemikalien und Zersetzungsprodukten in der belebten und unbelebten Umwelt, die Erforschung der biologisch-toxikologischen Auswirkungen von chemischen Stoffen auf Pflanze, Tier und Mensch sowie der Entwicklung ausreichend empfindlicher Methoden zur Bestimmung des Vorkommens von all diesen Stoffen, sowie schließlich das wesentliche Forschungsgebiet der möglichen Substitutionen von Bioziden durch „umweltfreundliche“ Stoffe bzw. durch Verfahren, die ohne diese Stoffe auskommen, wie z. B. biologische Schädlingsbekämpfung.

Auf dem Gebiet der Verwaltungsmaßnahmen ist an erster Stelle der Ausbau der Toxikologie zu nennen, verbunden mit der Ausbildung von geeigneten Wissenschaftlern für die Probleme des Umweltschutzes; weiterhin ist eine zentrale Auswertung in einer Zentralen Erfassungsstelle aller vorhandenen Meßdaten aus den verschiedensten Medien und Teilgebieten der Umwelt mit dem Ziel einer ausgewogenen Beurteilung des Gesundheitsrisikos für den Menschen dringend notwendig. Auf der Grundlage dieser Kenntnisse werden Maßnahmen auf dem Gebiet der Rechtssetzung zu ergreifen sein.

Hier ist aus der Bundesrepublik Deutschland an erster Stelle das seit langem vorbereitete Werk einer Reform des gesamten Lebensmittelrechts zu nennen, das den modernen Anforderungen des Verbraucherschutzes gerecht wird. Es muß ausreichende Ermächtigungen enthalten, um der Gefährdung aus der Umwelt auf dem Wege über Lebensmittel, kosmetische Mittel und andere Bedarfsgegenstände Einhalt zu gebieten. Als Beispiel sei auf eine Klarstellung des Begriffes „Zusatzstoffe“ verwiesen, sowie auf verschiedene Aspekte des unbeabsichtigten Vorkommens von Umweltchemikalien, sei es durch Radioaktivität, durch andere Verunreinigungen der Luft, des Wassers oder des Bodens, sei es auch durch unvermeidbare Rückstände aus der Verwendung von chemischen Stoffen bei der Erzeugung von Lebensmitteln tierischen und pflanzlichen Ursprungs. (Der Regierungsentwurf wird inzwischen von den Ausschüssen des Deutschen Bundestages beraten.)

Aus dem Bereich der Landwirtschaft haben die Rückstände von Düngemitteln, Bodenbehandlungsmitteln und Wachstumsreglern an Interesse ge-

wonnen; hierzu gehören auch Stoffe mit pharmakologischer Wirkung, die am Tier angewendet werden, soweit sie Rückstände in Lebensmitteln hinterlassen.

Das Gebiet der kosmetischen Mittel und anderer Bedarfsgegenstände macht ebenfalls besondere Maßnahmen erforderlich. Der Pflanzenschutz und Rückstände von Pflanzenschutzmitteln sind seit vielen Jahren Gegenstand von Rechtsvorschriften. Die bestehenden Vorschriften über Zulassung und über Rückstände dieser Stoffe in Lebensmitteln bedürfen der Ergänzung, um jedes Risiko für die Gesundheit auszuschalten.

Zu dem Thema DDT sind in vielen Ländern restriktive Vorschriften ergangen und auch die Bundesrepublik hat entsprechende Verbote erlassen. Es ist zu hoffen, daß viele dieser Maßnahmen an Bedeutung verlieren und womöglich überflüssig werden, wenn es einmal gelungen sein sollte, die Umwelt wirksam von unbeabsichtigt vorkommenden chemischen Stoffen zu befreien, so daß sie gar nicht erst in die Nahrungskette und schließlich in unsere Lebensmittel eindringen.

### *Zusammenfassung*

Der sichere Schutz der Gesundheit und der Ökosphäre des Menschen ist nur bei übergeordneter, umfassender Betrachtungsweise möglich. Alle aus allen Umweltmedien einschließlich der Lebensmittel auf den Menschen einwirkenden Stoffe, die ihn gefährden können, müssen zentral erfaßt, bewertet und kontrolliert werden. Hier liegen vor allem die Aufgaben für den Ökochemiker und den Toxikologen in Zusammenarbeit mit anderen wissenschaftlichen Disziplinen und dem Öffentlichen Gesundheitsdienst.



# Öffentlicher Gesundheitsdienst und Umweltschutz aus der Sicht eines Gesundheitsamtes

Von H. Hufnagl

„Zur einheitlichen Durchführung des öffentlichen Gesundheitsdienstes sind in den Stadt- und Landkreisen . . . Gesundheitsämter einzurichten“. So lautet § 1 des Gesetzes über die Vereinheitlichung des Gesundheitswesens vom 3. Juli 1934 (RGBl. I S. 531). Wie die Durchführung in der Praxis getätigt werden soll, läßt bereits die 3. Durchführungsverordnung zu diesem Gesetz vom 30. März 1935 (RMBl. I S. 327) als sog. Dienstordnung der Gesundheitsämter erahnen. Gerade hinsichtlich der Umwelthygiene, deren Begriff heute durch das weniger medizinisch klingende Wort „Umweltschutz“ dem Zeitgeist angepaßt wurde, finden sich dort zwar alle Teilbereiche dieser Probleme als Aufgaben des Gesundheitsamtes ausgewiesen. Problematisch aber wird es bei der Frage nach der Effektivität des Gesundheitsamtes, wenn man aus dem Text dieser Dienstordnung Substanz ziehen will. Es heißt dort recht verschwommen nur, das Gesundheitsamt „muß allen Verhältnissen, die für die Reinhaltung des Bodens und der Luft in Betracht kommen, seine Aufmerksamkeit zuwenden“ (§ 24), „auf die Beschaffenheit ausreichenden und hygienisch einwandfreien Trink- und Gebrauchswasser hinwirken“ (§ 28), „auf den Verbleib der flüssigen und festen Abfallstoffe achten“ (§ 29), „bei der Überwachung der Gewässer nach Kräften mitwirken“ (§ 30), die Lebensmittelpolizei „unterstützen“ (§ 31) usw. Was konkret geschehen soll, steht nirgends mehr! So ist durch diese Gesetzgebung das Gesundheitsamt von Anfang an darauf angewiesen gewesen, durch die jedem einzelnen Amtsarzt überlassene Initiative, sein Geschick und seine persönlichen Kontakte sich einzuschalten, mit Erfolg zu behaupten und sogar durchzusetzen. Während andere für die Umwelthygiene zuständigen Behördenleiter, wie die Bauämter oder Wasserwirtschaftsämter, aufgrund klar formulierter Gesetze und Verordnungen Entscheidungen mit oft erheblichen Folgen bis zur harten Ablehnung treffen können, treten wir Amtsärzte mit unserem guten Rat oder unseren Bedenken vor die Öffentlichkeit. Meist folgt man dem guten Rat, die Bedenken gehen allzuoft unter.

Läßt man die Zeit, aus der Gesetz und Verordnung stammen, und das folgenschwere schicksalhafte nächste Jahrzehnt Revue passieren, so wird erkenntlich, daß für eine Einarbeitung, Vertiefung und Abklärung im institutionellen, materiellen und personellen Bereich kein Raum blieb. Die unmittelbaren Nachkriegsjahre aber brachten mit den allgemeinen Schwie-

rigkeiten des Wiederaufbaus auch für die Gesundheitsämter neue Aufgaben, die mehr und mehr eine Wendung von den Umwelthygieneaufgaben weg zum sozialmedizinischen und Gesundheitsvorsorgebereich hin brachten. Trotzdem waren bis weit in die fünfziger Jahre hinein die Gesundheitsämter landauf landab unablässig in der Erfüllung umwelthygienischer Aufgaben tätig. Es wäre sicher interessant, könnte man zusammengefaßt ausweisen, wieviele tausend Male von den Amtsärzten mit ihren Mitarbeitern und mit Unterstützung von Hygieneinstituten auf drohende Umweltgefahren hingewiesen und diese verhindert oder abgestellt werden konnten. Nicht zuletzt waren es auch die Amtsärzte, die wiederholt, und nur weil nach dem Gesetz keine andere Institution oder Person belangt werden konnte, bei Unglücksfällen angeklagt, vor Gericht gestellt und leider auch verurteilt wurden. Dazu wieder reichten die Gummiparagraphen der Dienstordnung aus. Ich erinnere an die Fälle von Neu-Ötting und Hagen.

Erst in den letzten 10 Jahren wurde der Öffentliche Gesundheitsdienst — möglichst ohne viel Aufhebens — aus seiner Mitwirkung im Umweltschutz verdrängt. Immer öfter wurden die von den Ärzten im Öffentlichen Gesundheitsdienst vorgebrachten Bedenken gegen Bauprojekte, Industrie- und Verkehrsanlagen etc. bedenkenlos übergangen. Dazu kam, daß die Fragestellungen in der Umwelthygiene immer spezialisierter und komplizierter wurden, daß Einsprüche gegen alle ablehnenden Stellungnahmen zu erwarten waren und leider sehr oft der Amtsarzt nicht mit der Unterstützung der beteiligten und der vorgesetzten Behörden rechnen konnte. Es folgte daraus, daß er verunsichert wurde und resignierte. Neu hinzukommende Aufgaben brachten zudem eine unheilvolle Arbeitsüberlastung, so daß allmählich — dies muß in aller Offenheit und Deutlichkeit ausgesprochen werden —, von einigen Ausnahmen abgesehen, nur noch die besonders großen Gesundheitsämter mit einer Vielzahl von Fachärzten und geschulten Mitarbeitern sowie mit Unterstützung meistens im eigenen Dienstbereich vorhandener Hygieneinstitute und Chemischer Untersuchungsämter, von Klimatologen und Toxikologen in der Lage sind, in etwa den heute zu stellenden Anforderungen an den Öffentlichen Gesundheitsdienst ganz allgemein und speziell im Umweltschutz zu erfüllen. *Faerber* hat daher die Vereinheitlichung im Öffentlichen Gesundheitsdienst dahin apostrophiert, daß „völlig differente Verhältnisse mit außerordentlich starkem Leistungsgefälle, Verschlechterung des Ansehens und der Stellung der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes, eine hohe Zahl fehlender oder unbesetzter Arztstellen die Unmöglichkeit, die gestellten Aufgaben erfüllen zu können“, bedingen.

Nun sei hier keineswegs das Postulat erhoben, daß nur der Öffentliche Gesundheitsdienst und dort wieder das Gesundheitsamt dazu berufen sei,

Wächter und Schützer der Umwelthygiene zu sein. Das Gegenteil: nur der Versuch, der allorts erkennbar wird, den Öffentlichen Gesundheitsdienst möglichst ganz auszuschalten oder bestenfalls nur formal und meist zu spät anzuhören, soll abgewehrt werden.

Zwei Beispiele sollen für viele stehen. Bei der Kontrolle eines Freibades in einem Landkreis wird eine Verunreinigung des Badewassers festgestellt. Es ist dem Amtsarzt nur möglich, das Bürgermeisteramt darauf „hinzuweisen“; er kann auch darauf „hinwirken“, die Chlorierung und die Umwälzanlage zu überprüfen. Soll er deshalb über den Landrat sofort die Schließung beantragen? Es fehlen dem Amtsarzt die Mitarbeiter, die geeignete technische Hinweise zur Behebung geben können. So geschieht meist nichts. Oder: In einer Großstadt werden dem eng mit dem Chemischen Untersuchungsamt zusammenarbeitenden Hygienischen Institut beim Gesundheitsamt die Baupläne für eine etwa 1000 Autos fassende Tiefgarage mit einer Großtankstelle im dicht bebauten Stadtzentrum vorgelegt. Sie lehnen gemeinsam das Bauprojekt wegen des Lärms und der Luftverunreinigung ab. Da aber von seiten der Bauverwaltung bereits weitgehende Zusagen an den Bauherren erfolgt sind, kann das Bauwerk nicht mehr gestoppt werden. In einem Kompromiß wird wenigstens erreicht, daß die Großtankstelle nicht gebaut wird.

Es wird deutlich, wie schwierig die Erfüllung der Aufgaben für den öffentlichen Gesundheitsdienst ist, zumal wenn er häufig und immer wieder sich gegen den allzu leichtfertig angeführten „Fortschritt“ wenden muß.

Tatsache ist doch, daß das umfassende und aktuelle Problem des gesamten Umweltschutzes auch als Aufgabe in vielen wissenschaftlichen und administrativen Ressorts verteilt und aufgesplittert ist. Umweltschutz wird daher nirgends als primäre, ureigenste und verantwortliche Aufgabe verstanden. Nur das Gesundheitsamt ist bis jetzt die einzige mit einer, wenn auch recht unzureichenden Kompetenz ausgestattete Institution, die den Umweltschutz wenigstens auf dem gesundheitlichen Sektor fachlich übernehmen und im übrigen zwischen allen Beteiligten koordinierend wirken könnte. Dieser Gedanke liegt schon deshalb nahe, weil sich schließlich alle Forderungen an den Umweltschutz an der Sorge um die Gesundheit der Menschen orientieren müssen. Und wo der Mensch Ausgang und Ziel aller Überlegungen und Bemühungen ist, sollte die Mitwirkung einer ärztlichen Institution in besonders starkem Maße garantiert sein. Deshalb fordert *Wolff* konsequent, „daß heute mehr denn je der Arzt in der öffentlichen Verwaltung zur Vorbereitung wirtschaftlicher und grundgesetzlich höchst bedeutender Entscheidungen nötig ist“.

Es ist durchaus erfreulich, daß seit einigen Jahren ein Umschwung zur stärkeren Beachtung der Umweltgefahren — unterstützt durch die Massen-

medien und durch die Initiative von privaten Vereinigungen — eingetreten ist. Das Echo ist von den gesetzgebenden Körperschaften bis hin zum Bürger beachtlich. Inzwischen sind auch auf allen Ebenen und Instanzen die bestehenden und noch auf uns zukommenden Umweltschäden und -gefahren, die Mängel in der Abwehr und auch die Forderungen nach ausreichendem Schutz der Bevölkerung weitgehend konkretisiert worden. Ich verweise hierbei auf den Bericht der Bundesregierung und die in einem Materialienband gesammelten Analysen, Vorschläge und Kostenberechnungen der vom Bundesministerium eingesetzten Ausschüsse. Auch die einzelnen Bundesländer haben bereits Maßnahmen in ihrem Zuständigkeitsbereich anlaufen lassen. Wenig scheint allerdings für den Umweltschutz damit getan zu sein, daß man Landesbeauftragte für Umweltschutz ernennt, einen Ausschuß für Umweltschutz im Parlament bildet oder auf Kreisebene einen Koordinator für Umweltschutz einsetzt, der eigentlich dann nur die koordinierenden Aufgaben übernehmen könnte, die bereits nach der Dienstordnung dem Gesundheitsamt zugewiesen sind.

Über allem darf schließlich nicht vergessen werden, daß der Mensch in unserer Zeit und der Zukunft stets zwischen den zur Erhaltung der Gesundheit zwingend notwendigen Umweltschutzmaßnahmen und den noch tragbaren, möglicherweise oft sogar lästigen, aber noch nicht gesundheits-schädlichen Umwelteinwirkungen leben müssen. In dieser Balance zwischen dem Riesen Industrie, dem Moloch Verkehr und dem Götzen Wohlstand wird es darum gehen, durch erhebliche finanzielle Aufwendungen einerseits und durch eine intensive und langwierige Erziehung aller Bürger andererseits das rechte Maß und den rechten Weg zu finden.

Wenn dieser Weg aber nicht, wie es sich bis heute bereits deutlich abzeichnet, weiter und damit endgültig an den Gesundheitsämtern vorbeigehen soll, erhebt sich die Frage, ist dieser Öffentliche Gesundheitsdienst überhaupt in der Lage, mit der notwendigen Effizienz diese Aufgabe zu übernehmen?

Die Beantwortung dieser Frage fällt mir als Arzt mit 28jähriger Tätigkeit im Öffentlichen Gesundheitsdienst deshalb so schwer, weil ich, nahe am Ende meiner beruflichen Laufbahn, bekennen muß, daß die Institution, in der ich tätig bin, nicht mit der Zeit Schritt gehalten hat. Dies ist zwar nicht ihre und ihrer Mitarbeiter Schuld, aber die Antwort lautet hart und bitter: Nein! Die Gesundheitsämter in ihrer derzeitigen Struktur, ihrer personellen Besetzung, ihrer materiellen Ausstattung, ohne fest umrissene Aufgabenzuweisung und ohne ausreichende Kompetenz durch den Gesetzgeber können wie bereits in einer großen Zahl ihrer Aufgaben, erst recht nicht in der schwierigen und tief in das Wirtschaftssystem und in die Gesellschaft hineinwirkenden Materie des Umweltschutzes effizient sein.

Die nächste Frage lautet: Was dann? Es mangelt nicht an düsteren Prognosen für die Gesundheitsämter in der Zukunft. Und es gehört eigentlich kein besonders krasser Skeptizismus dazu, der durch das Herausbrechen der gesamten Gesundheitsvorsorge im Säuglings- und Kleinkindesalter erheblich untermauert wird, daß bald im Gesundheitsamt nur noch „die gesundheitliche Volksaufklärung und die statistische Erfassung der Erforschung von Krankheitszusammenhängen“ (Faerber) resortieren werden. Auch die in verschiedenen Bundesländern in Gang gekommene Gebietsreform und die damit verbundene Vergrößerung der Gesundheitsämter wird keine echte, durchgreifende Besserung bringen. Sie bleiben trotzdem zu klein. Denn auch für die Größenordnungen von 150 000 bis 300 000, wohl bis unter 500 000 Einwohnern ist weitgehend die Schaffung der notwendigen Spezialinstitute und die Anstellung von Fachärzten der verschiedensten Fachgebiete nicht möglich. Dies gilt in gleicher Weise auch für die Medizinaluntersuchungsämter und für die Chemischen Untersuchungsämter. Dies gilt aber auch für alle Aufgaben des Gesundheitsamtes, nicht nur für die des Umweltschutzes. Wie also soll das Wunder geschehen, daß der Öffentliche Gesundheitsdienst — und ich verstehe dabei wirklich alle Einrichtungen, die unter dem viel strapazierten „Umweltschutz ist Gesundheitsschutz“ zusammenwirkend tätig sind — dieser einen, allerdings einer seiner Hauptaufgaben, und allen anderen Aufgaben gerecht werden kann?

Es fehlt seit mehr als eineinhalb Jahrzehnten nicht an kritischen Stimmen und Mahnungen. Bereits 1959 haben die für das Gesundheitswesen der Länder zuständigen Minister und Senatoren in Saarbrücken eine Kommission eingesetzt, die einen neuen Aufgabenkatalog der Gesundheitsämter, vornehmlich auf dem Hygienesektor, erstellen sollte. Nach 10 Jahren wurde ein bereits von der Zeit überholter Entwurf vorgelegt, der in keiner Weise auch nur etwa eine klare Aufgabenzuweisung, geschweige denn eine Strukturverbesserung angebahnt hätte. Die Vorlage war in nichts besser als die 3. Durchführungsverordnung von 1935. Sie hätte wieder dem Gesundheitsamt überlassen, wie die Ärzte dort „mitwirken“, „hinwirken“ und „darauf achten“ sollten, daß die Welt heil und gesund bleibe. So ist in 10 wertvollen Jahren durch die für unser Gesundheitswesen verantwortlichen Bundesländer nichts, rein gar nichts geschehen. Wohl haben sich die Minister inzwischen auf ihren Besprechungen wiederholt mit der Besoldung der Ärzte im Öffentlichen Gesundheitsdienst befaßt, aber erst 1970 haben sie wieder einen Ausschuß berufen, der sich mit den Grundsätzen für eine gesetzliche Neuregelung der Aufgaben des Öffentlichen Gesundheitsdienstes befassen soll. Jetzt schreiben wir 1972. Außer einem den Ministern im Mai 1971 vorgelegten „ersten Ergebnis“ und der Grundsatzerklärung „weiterhin einheitlich“ (!) in den Bundesländern vorzugehen, ist wieder zwei Jahre nichts



geschehen. Es scheint sich eine Parallele zu dem 1959 gebildeten Ausschuß zu entwickeln.

Einen grundsätzlichen Beitrag über „Stand und Zukunft des Öffentlichen Gesundheitsdienstes“ bringen sehr realistisch die Referate anläßlich der 7. Gesundheitspolitischen Tagung des Innenministeriums Schleswig-Holstein im Oktober 1970. Ich empfehle sie allen Interessierten zur Lektüre, allen Ministerien und Länderparlamenten aber als Grundlage für eine baldige Neuordnung!

Daneben haben die einzelnen Landesverbände und der Bundesverband der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes Vorschläge für die Neugestaltung gebracht. Wenn auch alle diese Konzeptionen zum Teil erheblich voneinander abweichen, spiegeln sie doch wider, wie drängend die Umstrukturierung im Öffentlichen Gesundheitsdienst ins Haus steht.

Woran liegt es dann, wenn sich so lange nichts ändert? Im wesentlichen steht einem Öffentlichen Gesundheitsdienst moderner Prägung das althergebrachte Verwaltungsdenken in Ämterschemata, in Verwaltungseinheiten und Zuständigkeiten entgegen. Wie aber Infektionskrankheiten nicht vor Kreis- und Ländergrenzen Halt machen, so haben auch Umweltgefahren nichts mit engen Stadt- und Kreisgrenzen zu tun. Damit ergibt sich als Konsequenz die bereits wiederholt angesprochene Vergrößerung des Gesundheitsamtes, aber über die derzeitigen Verwaltungseinheiten von Städten und Kreisen hinaus.

So kann denn auch eine Neuorganisation des Öffentlichen Gesundheitsdienstes nicht nur allein von den Aufgaben des Umweltschutzes her gesehen werden. Dieser ist vielmehr nur ein typischer Teilbereich für die zwingende Notwendigkeit der Umgestaltung. Sie gilt aber letzten Endes genauso für die gerichtliche Medizin, die Jugendpsychiatrie, die Suchtkrankenvorsorge, die amtsärztliche Gutachtertätigkeit, das Krankenhauswesen, den Unfallhilfs- und Rettungsdienst und vieles mehr. In diesem Zusammenhang sollte auch der allzusehr nach Verwaltung der Gesundheit klingende Name „Gesundheitsamt“ ausgemerzt werden. Ich gehe mit *Beske* einig, daß der Öffentliche Gesundheitsdienst von morgen — und dieses Morgen ist bereits gestern angebrochen — eine „Kombination von Generalisten und Spezialisten“ ist und daß sich daraus zwangsläufig eine horizontale Gliederung nach Fachabteilungen ergibt — ich würde sie Fachbereiche nennen —, die in sich weitgehend selbständig arbeiten.

Nur vertrete ich die Ansicht, daß man von der Einheit auf der Kreisebene abgehen und regionale Institute für das Gesundheitswesen schaffen sollte; andernfalls wären zwischen diesen Institutionen und den Aufsichtsbehörden der Bundesländer wieder weitere, eigene Sonderinstitutionen erforderlich. Es würde wieder darum gehen, wer berät und wer entscheidet,

und die Wahl dazwischen trifft den einzelnen Menschen, der im Zweifelsfalle sich dorthin entscheidet, wo entschieden wird. Gerade der Fachbereich „Umwelt- und Verbraucherschutz“ dürfte Beispiel dafür sein, daß es auf der engen Ebene des Kreises nicht möglich sein wird, diejenigen Fachkräfte zu gewinnen, die für ihre Aufgabe stets entsprechend der Entwicklung der Technik, der Naturwissenschaften und der Medizin aus- und fortgebildet sind. So müssen hier auch ein Chemisches Institut (Chem. Untersuchungsamt) und ein Hygienisch-Mikrobiologisches Institut (Medizinaluntersuchungsamt) integriert werden. Die Einbeziehung des veterinärmedizinischen Dienstes, von Pharmazeuten, ggf. auch des gewerbeärztlichen und des vertrauens- und versorgungsärztlichen Dienstes sind teils wegen ihrer engen Kooperation, teils aus Gründen der Rationalität zu erwägen. Ob hier noch Gesundheitsingenieure, Biologen und Soziologen einbezogen werden, sollte der Entwicklung überlassen bleiben. Diese auf eine Region mit rund 1 Mill. Einwohner ausgerichtete Institution eng zusammenarbeitender Spezialisten aller Fachgebiete würde wegen ihrer Qualifikation eine kaum anfechtbare Unabhängigkeit und Entscheidungsfreiheit garantieren, die einen optimalen Effekt für den Gesundheitsschutz der gesamten Bevölkerung einschl. des Umweltschutzes bietet. Eine Effektivität, die auf Kreisebene niemals erreicht werden kann und auch nicht durchsetzbar sein wird. Ein solches Regionalinstitut für das Öffentliche Gesundheitswesen wäre in seiner Struktur etwa so denkbar:

- I. *Institutsleiter* (Arzt)
- II. *Verwaltungsleiter* (Jurist)
- III. *Zentralabteilung*  
(Grundsatzplanung, Leistungsstatistik, Sammlung und Analyse aller statistischen Daten)
- IV. *Fachbereiche für*
  1. Umwelt- und Verbraucherschutz, allgemeine Hygiene, Krankenhauswesen, Mikrobiologie (Institut für Hygiene und Mikrobiologie)
  2. Chemisches Institut
  3. Institut für apparative Diagnostik  
(Röntgen, EKG, Klin.-Chem. Institut etc.)
  4. Institut für Rechtsmedizin
  5. Ärztlicher Begutachtungs- und Überwachungsdienst
  6. Jugendgesundheitsdienst und Jugendzahnärztlicher Dienst
  7. Sozialärztlicher Dienst und Gesundheitshilfe
  8. Veterinärmedizinischer Dienst
  9. Gewerbeärztlicher Dienst
  - (10. Vertrauensärztlicher und versorgungsärztlicher Dienst)
  - (11. Gesundheitstechnik)

Mit dieser Konzeption eines modernen, funktionsgerechten Öffentlichen Gesundheitsdienstes kann ich mir zwar den Einwand zuziehen, es entstehe eine Mammutinstitution, die nicht mehr genügend bevölkerungsnahe sei und in der bisher selbständige Einrichtungen aufgehen, ja untergehen würden. Es kann nicht allzu schwer fallen, diese Bedenken zu zerstreuen. Die Fachbereiche, die zwar an der praxisbezogenen Front des Öffentlichen Gesundheitswesens meist sehr eng und in Gruppen zusammenarbeiten, müssen ihre fachliche Selbständigkeit und Unabhängigkeit behalten und ihr Eigenleben führen können. Wir sollten es nicht nur immer beim bloßen Zitieren des auch bei uns notwendigen Teamworks und der Departments belassen, sondern dies in die Realität umsetzen. Wir alle in den Gesundheitsämtern haben schon längst erkannt, daß wir ohne die aufgezeigten partnerschaftlichen Fachbereiche nicht mehr auskommen. Sie fehlen aber bis heute außerhalb der Großstädte und der Verdichtungsräume weitgehend ebenso wie eine ausreichende Zahl von Fachärzten in den kleineren und kleinsten Gesundheitsämtern. Die „Bürgernähe“ kann dort, wo sie wirklich erforderlich ist, wie z. B. im jugendärztlichen und jugendzahnärztlichen Dienst und der Sozialarbeit, jederzeit durch ein weitverzweigtes Netz von Außenstellen erreicht werden. Dieses Organisationskonzept schließt letzten Endes auch nicht aus, daß von Fall zu Fall der eine oder andere Fachbereich für zwei regionale Gesundheitsinstitute zuständig wird. Nur am Rande und der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, daß mit dieser Einrichtung auch die Stellung und das Einkommen der dort tätigen „Spezialisten und Generalisten“ besser und damit attraktiver als bisher werden kann und muß.

Dies aber hängt wieder unter dem in der Bundesrepublik gegebenen Beamtenrecht und Dienstrecht eng damit zusammen, daß solche Einrichtungen aus dem allgemeinen Verwaltungsbereich herausgenommen werden. Sie könnten im Zuge der Gebietsreformen als Regionalverbände, z. B. als öffentlich-rechtliche Nachbarschaftsverbände, eingerichtet werden. Die Mitwirkung in der Verantwortung für eine solche breit gefächerte Gesundheitsinstitution in einer Region nicht nur durch Verwaltungsakt, sondern durch Entscheidungen von Trägergremien, welche für die Bürger eine bessere Transparenz ergeben, könnte ebenfalls zu einer größeren Effektivität beitragen. Sicher werden sich diesem Eingriff an Haupt und Gliedern nicht nur eingefleischte Traditionalisten, sondern auch auf Prestige bedachte Kommunal- und Landespolitiker entgegenstellen.

So mögen diese Ausführungen vielleicht von manchem als nicht realisierbar abgetan, von anderen gar als Utopie bezeichnet werden. Mag sein, daß auch noch andere oder abgewandelte Strukturveränderungen aus dem derzeitigen Dilemma führen. Mit dem Herumflicken an der heutigen Struktur

der Gesundheitsämter wird aber sicher nichts möglich werden. Und die Uhr zeigt eine Minute vor zwölf!

Es war mir ein ernstes Anliegen, als Vertreter aus einem Gesundheitsamt aufzuzeigen, wieso und warum wir weitgehend heute nicht mehr in der Lage sind, unseren Aufgaben speziell auf dem Gebiete des Umweltschutzes nachzukommen. Wenn alle Verantwortlichen guten Willens sind und nicht wie bisher die Neustrukturierung des Öffentlichen Gesundheitsdienstes nur in Worten deklamieren, sondern eiligst dem Worte die Tat folgen lassen, sollte es noch möglich sein, das erwartete „Wunder“ eintreten zu lassen.



# Öffentlicher Gesundheitsdienst und Umweltschutz\*

Von J. W ü s t e n b e r g

Am 24. 11. 1971 hatte der für das Gesundheitswesen zuständige Minister in Düsseldorf zu einer alljährlich stattfindenden Fachbesprechung der Leiter der Medizinaluntersuchungsämter von Nordrhein-Westfalen eingeladen. Als erstes Thema stand „Umweltschutz und Öffentlicher Gesundheitsdienst“ auf der Tagesordnung. Es wurde lebhaft diskutiert. Ministerialrat Dr. *Posch* brachte als Leiter der Veranstaltung in seiner Zusammenfassung zum Ausdruck, daß die Aufgabe des Hygienikers, und damit des Leiters des Medizinaluntersuchungsamtes, in der aktiven Zusammenarbeit mit dem Gesundheitsamt liegen müsse. Die beratende Tätigkeit der Medizinaluntersuchungsämter müsse sich, wenn sie erfolgreich sein solle, auf konkrete Tatbestände beziehen, deren Beurteilung sich auf die Ergebnisse eigener Untersuchungsreihen zu stützen hätte.

Umweltschäden und Umweltschutz sind von Land zu Land unterschiedlich; aus dem Ruhrgebiet kommend, drängt sich mir diese Feststellung in besonderem Maße auf. Dabei ist bei allem Verständnis für gegensätzliche Meinungen eine Tatsache nicht zu verkennen, nämlich die, daß sich die Qualität unserer Umwelt seit einigen Jahren zunehmend und in einem bisher nicht gekannten Maße verschlechtert hat. Oasen der Ruhe erlangen immer mehr Seltenheitswert, und die Erkenntnis setzt sich durch, daß die Schäden, die unserer Umwelt drohen, nicht mehr lokalisiert werden können.

Ob mit neuen Gesetzen oder Verschärfungen alter Gesetze *Vergehen*, wie sie beispielsweise in jüngster Zeit und in erschreckender Häufigkeit *auf bundesdeutschen Mülldeponien* aufgedeckt worden sind, verhindert werden können, dürfte vor allem davon abhängen, inwieweit die erlassenen Vorschriften befolgt und durchgesetzt werden. Immerhin werden die Androhungen kommender erheblicher Strafen die zukünftigen Kontrollen der Ämter unterstützen können. Gefordert werden sollten klare Hinweise im Gesetzestext, die den Industrieunternehmen bei der Beseitigung ihrer gefährlichen Abfälle weiterhelfen, und gefördert werden sollten Formulierungen, die über den technischen Vorgang des Sammelns und der Abfuhr nicht den geringsten Zweifel über das „Wie, Wo und Wohin“ zulassen.

Nachdem in vielen zurückliegenden Jahren auch in der Bundesrepublik, die über Jahrzehnte hinweg das Müllproblem reichlich vernachlässigt hatte,

\* Gekürzte Fassung des Vortrags.

die möglichen Verfahrensweisen erprobt und praxisreif geworden sind, sollten für jede Gemeinde und für jeden Industriebetrieb verbindliche Generalpläne für längere Zeiträume vorgelegt werden können.

Aus dem angeführten Beispiel der deutschen Müllkippen-Affären möchten wir bitte darüber hinaus eines festhalten: Das ist die Erkenntnis darüber, wie stark das Problem der Umweltverschmutzung an uns selbst und unser Verhalten in der Umwelt gebunden ist. Ein Fuhrunternehmer, der in der Schule, im Elternhaus und in seinem Berufsleben zur Sauberkeit und zur Ordnungsliebe erzogen worden ist, wird nicht nur gefeit gegenüber Übertretungen sein, sondern selbst Vorbild für andere sein können. Ein Mensch aber, dem diese Eigenschaften bereits im Alltagsleben abgehen, wird bei einem gleichen Auftrag viel leichter versagen.

Nun ist es keineswegs so, wie die durch geschickte Öffentlichkeitsarbeit gelenkte Masse heute meinen zu müssen glaubt, es wäre früher nichts getan, man habe früher an verantwortlicher legislativer Stelle kaum einmal gedanklich den Komplex mit allen seinen Konsequenzen begriffen. Ich verurteile einen solchen, politisch zu sehenden Schachzug der Regierung keineswegs, möchte ihn aber erwähnen, um die Position des Öffentlichen Gesundheitsdienstes der Vergangenheit und der Gegenwart im richtigen Blickfeld zu halten.

Ich bedaure in diesem Zusammenhang eine ganz andere Entwicklung, die uns alle, die wir im Öffentlichen Gesundheitsdienst mitzuwirken und mitzuplanen haben, nicht los läßt.

Die zunehmende Einsicht zu einem kraftvollen Umweltschutz ist sicherlich in erster Linie eine unausbleibliche Folge des sich seit Jahren mehrenden Wohlstandes, gepaart mit einem ins Unermeßliche gehenden Wohlstands-egoismus. Das sind Binsenweisheiten, auf die seit Jahren mit dem Bemerken hingewiesen wird, irgendwann, und an irgendeiner Stelle zuerst, laufe das Faß der Duldsamkeit einmal über. Wie notwendig wäre heute doch auf Schritt und Tritt der Beistand der Hygieniker! Nicht weniger, so möchte ich meinen, als in der Zeit der erfolgreichsten Seuchenbekämpfung und der ersten Anfänge einer praktizierten Umwelthygiene. Die Wirklichkeit sieht leider anders aus. Die Hygiene ist zunehmend deklassiert worden, auch ausbildungsmäßig ist sie zum fünften Rad, d. h. zum Reserverad, geworden. Nur im Notfall wird es hervorgeholt. Viele junge Hygieniker haben ihrem Fach den Rücken gekehrt, weil sie spüren, daß ihre geistige und materielle Zukunft nicht als gesichert angesehen werden kann. Der Staat, aber auch — es sei besonders beklagt — die eigenen Fachbereiche, halten das Erbe großer deutscher Hygieniker nicht mehr in der rechten Verwahrung. So ist die Zeit gekommen, wo der junge Mediziner und spätere Amtsarzt das notwendige hygienische Rüstzeug nicht mehr überall auf der Universität er-

hält, sondern es erst durch bittere Erfahrungen im schweren Gang beruflicher Fehlschläge erwerben muß.

Die große Umweltschutzkampagne unserer Tage könnte hier Wandel schaffen, könnte der Hygiene wieder den ihr zu Recht zukommenden Platz im Forum der angewandten Naturwissenschaften und des Öffentlichen Gesundheitsdienstes zuweisen, doch wird es dazu kommen? Ich fürchte, daß der Umweltschutz bereits viel zu sehr in die Eigenkontrolle der Technik und in das Rampenlicht der Öffentlichkeit geraten ist und daß der Gesetzgeber demzufolge den Wert des Rates seines kompetentesten Gesundheitsdienstes, worunter ich die Gesundheitsämter, die Hygiene-Institute und die Untersuchungsämter verstanden wissen möchte, auch in Zukunft nur als zweitrangig ansehen wird.

Vielleicht noch etwas stärker als anderswo ist bei uns der Umweltschutz zum erstrangigen Politikum geworden. Das schwächt nicht die Erkenntnis ab, daß unabhängig hiervon der Umweltschutz aus ärztlicher Sicht vorrangig ein hygienisches Thema geblieben und im Grunde genommen so alt wie die Hygiene selbst ist.

Auf diesem komplexen Wissensgebiet ist so viel in aller Welt geforscht und gemessen worden, daß man mit Fug und Recht sagen kann, jeder mögliche Umweltschaden, jede denkbare Umweltbelästigung ist irgendwo, irgendwann Gegenstand wissenschaftlicher Bearbeitung in einem Fachinstitut gewesen. Daß bezüglich der gesetzten Gesundheitsschäden im großen und ganzen nur oft eingeschränkte oder bedingte Aussagen gemacht werden können, liegt weniger an der Materie als an der Tatsache, daß — bis auf Ausnahmefälle, die eindeutig medizinisch analysiert worden sind — glücklicherweise der Schweregrad der Umweltschäden noch nicht das extreme Ausmaß erreicht hat, das allzu oft bereits angenommen wird.

Nicht das Schüren einer Katastrophenstimmung führt weiter, sondern die sachliche Beurteilung mit folgerichtiger konstruktiver Kritik und Diskussion. Wir sollten, auch einmal im historischen Sinne, darüber nachdenken, warum der eine oder andere Fremdstoff eingeführt worden ist, z. B. das DDT, das eigentlich, geradezu im wissenschaftlichen Eigenauftrag, zur wirksamen Bekämpfung vieler Infektionskrankheiten, so der Malaria und des Fleckfiebers, entdeckt worden ist.

Das DDT hat sicherlich Millionen und aber Millionen Menschen dadurch, daß es die krankheitsübertragenden Moskitos und Läuse vernichtete, vor dem Tod bewahrt. Heute wird es nun selbst als Umweltschädling angeklagt, denn DDT hat, obwohl es bei weitem nicht das giftigste der Schädlingsbekämpfungsmittel ist, die Eigenschaft, vom Organismus gespeichert zu werden. Wir dürfen überzeugt sein, daß eines Tages das DDT durch ein



umweltfreundlicheres, dabei nicht weniger wirkungsvolles Präparat abgelöst werden wird. Die Forschung ist nicht stehen geblieben.

Immer wieder stehen sich im Umweltschutz die alten Menschheitswünsche „Wohlleben und Wohlbefinden“ als miteinander streitende Antipoden gegenüber; ja, die Meinungen der Menschen, wem von beiden der Vorrang gebührt, schwanken oft beim Einzelnen von Stunde zu Stunde, je nachdem, ob er zur fraglichen Zeit etwa Fußgänger oder Autofahrer, Flugreisender oder Fluglärmelästigter, erholungssuchender Urlauber oder freizeitgestaltender Mitmensch ist. Auf das Große diesen Gedanken zu erweitern hieße, je nachdem, ob er Emitent oder Immitent ist.

Der Wohlstand im Schlepptau der Technik und des zivilisatorischen technischen Fortschritts kostet nicht nur Geld, sondern er stellt auch Forderungen an unsere Umwelt (und damit an unser Wohlbefinden), die, je exzessiver die Annehmlichkeiten unseres Lebens werden, um so schwieriger — auf die Dauer gesehen — erfüllt werden können. Wir stehen heute alle mit unseren Regierungen vor schwerwiegenden Alternativen, weil die großen biologischen Reservate der Natur eines Tages erschöpft sein werden. Das wissen wir alle, aber wird der Mensch der Gegenwart sich noch bescheiden können, wird er auf manches, wenigstens auf einiges verzichten können? Ich wünsche, man könnte zu dieser Frage eine positive und optimistische Antwort bereit haben.

Umweltschutz ist, davon ist auch der letzte unserer Landsleute überzeugt, ein aktuelles vordergründiges, aber keineswegs ein neues Problem, und auch der jetzt häufiger zu hörende frischgeschmiedete Terminus „Environnologie“ kann nichts daran ändern. Wer wie ich jahrzehntelang im industriellen Teil des Ruhrgebietes als einer der zuständigen Vertreter der Hygiene tätig gewesen ist, hat die Grenzen des Möglichen unseres Faches und die Realitäten des Lebens in einem eng besiedelten Industrieraum in allen seinen Varianten kennengelernt. Wieviel auf environnologischem Gebiet gerade in diesem Lande getan worden ist, zeigt sich eigentlich erst dann so richtig, wenn man die Lebens- und Umweltverhältnisse mit denen anderer Räume, die nicht dieser Belastung ausgesetzt sind, vergleicht. Es kommt nicht von ungefähr, daß in allen Gremien, die heute den Bundesinnenminister beraten, Männer aus dem Ruhrgebiet sitzen, die nun ihre Erfahrungen erneut zur Verfügung stellen; das gilt insbesondere für die großen Komplexe Wasser, Luft und Lärm.

Die Weiterentwicklung unserer technisierten, industrialisierten Gesellschaft ist nicht aufzuhalten, wir sollten es auch gar nicht versuchen. Was wir sollen, ist etwas anderes. Wir müssen uns auf diese Vorgänge einstellen und mehr und mehr dazu übergehen, unsere hygienischen Überlegungen, Forderungen und Maßnahmen der zu erwartenden Entwicklung anzupassen.

Eine lebendige wissenschaftliche Forschung, die ordnende Hand des Staates und die beharrliche aktive Mitarbeit der Staatsbürger aber sollten immer die bedeutungsvollsten Voraussetzungen für eine sinnvolle und erfolgreiche Beschützung unserer Daseinsbedingungen bleiben.

*Anschrift: Prof. Dr. J. Wüstenberg, Direktor des Hygiene-Instituts des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen, Rotthauser Straße 19.*



# Das Wasser im Umweltprogramm der Bundesregierung

Von H. Frhr. v. Lersner

Der Schutz unserer Gewässer ist eines der wichtigsten Anliegen des Umweltprogramms der Bundesregierung. Das Programm enthält eine Reihe von legislativen, administrativen und finanziellen Maßnahmen, die dazu dienen sollen, die bedrohliche Situation in der sich die meisten unserer Gewässer befinden, nachhaltig zu verbessern.

Viele der vorgeschlagenen Maßnahmen, wie z. B. die Verstärkung des Kläranlagenbaus, sind Selbstverständlichkeiten für den Fachmann, andere sind für die Gewässerschutzpolitik hierzulande neu, wie z. B. die Abwasserabgabe. Ich komme im einzelnen noch darauf zu sprechen.

Vorher aber noch eine allgemeine Bemerkung zur Charakterisierung dieses Programms! Man würde die Bedeutung dieser ersten zusammenfassenden und langfristigen Äußerung einer deutschen Regierung unterschätzen, wenn man darin nicht *mehr* sehen würde, als eine Zusammenfassung von Maßnahmen zum Schutze der einzelnen Umweltbereiche — Wasser, Boden, Luft — und zum Schutze vor Lärm und schädlichen Umweltchemikalien. Die Bedeutung dieses Programms liegt nicht so sehr darin, daß die Regierung aufzeigt, welche Maßnahmen sie in diesen Einzelbereichen zu unternehmen gedenkt. Seine Bedeutung liegt vielmehr darin, daß zum ersten Mal versucht wurde, den Gesamtbereich Umwelt in seinen vielfältigen Wechselbeziehungen darzustellen, zu planen und eine Politik zu entwerfen, die nicht mehr, wie dies bisher vorwiegend geschah, nur defensiv auf akute Umweltbelastungen reagiert, sondern die planend und gestaltend die gesamte Biosphäre in dem Zustand zu erhalten oder in ihn zurückzuführen trachtet, der ein menschenwürdiges Dasein auch für spätere Generationen ermöglicht.

Wir sprechen immer vom Verbrauch der Güter dieser Erde und vergessen dabei allzuleicht das elementare physikalische Gesetz von der Erhaltung der Materie, wonach jede Tonne Materie, die von der Erde entfernt und in Güter umgewandelt wird, wieder anfällt, wenn die Güter verbraucht sind. Dabei kommt es zunächst einmal nicht so sehr darauf an, in welcher Form die Materie als Abfall wieder anfällt, ob sie flüssig, fest oder gasförmig auf die Umwelt zurückfällt. Es gilt nun, Methoden zu finden, die es uns ermöglichen, den Kreislauf der Materie so zu planen und zu beherrschen, daß sie nach Gebrauch in den Zustand zurückgeführt wird, der am wenigsten schädlich ist. Das bedeutet, daß wir — um ein z. Z. aktuelles Beispiel zu benutzen — nicht in internationalen Verträgen die Verklappung bestimmter

Abfälle auf der Hohen See verbieten können, ohne vorher zu wissen, wo und in welcher Form dieser Abfall an Land unschädlich beseitigt werden kann. Wenn aber Abfälle ohne Gefährdung der Umwelt weder in Flüsse und Meere geleitet, noch als feste Abfälle beseitigt, noch gasförmig an die Atmosphäre abgegeben werden können, dann müssen wir nach Verfahren suchen, die gewährleisten, daß Abfälle dieser Art gar nicht erst entstehen. Wenn man diese Interdependenz der Umweltbereiche erkannt hat, dann versteht man, warum der Schwerpunkt eines umweltpolitischen Programms nicht so sehr in den Einzelmaßnahmen als in den prinzipiellen Aussagen zu sehen ist, etwa in den zehn Thesen, die dem Umweltprogramm vorangestellt sind

Solange es uns nicht gelingt, eine solche planende und die ganze Volkswirtschaft und Technik verwandelnde Umweltpolitik zu entwickeln — und dieses Programm kann nur ein erster Schritt in diese Richtung sein —, solange bleibt alles, was wir an Kläranlagen, Luftfiltern und Lärmdämmungen entwickeln, ein Kurieren an Symptomen. Mit anderen Worten: Umweltpolitik muß radikal im eigentlichen Sinne dieses Wortes sein.

Wenn ich im folgenden auf Maßnahmen des Gewässerschutzes zu sprechen komme, die wir beabsichtigen oder schon ergriffen haben, dann dürfen diese oft defensiven Maßnahmen nicht isoliert gesehen werden von den alle Umweltbereiche umfassenden, gleichsam horizontalen Aussagen des Programms, auf die im einzelnen mein Kollege Menke-Glückert am Freitag noch zu sprechen kommen wird. Sie dürfen auch nicht isoliert gesehen werden von den sie flankierenden Maßnahmen in benachbarten gleichsam vertikalen Umweltbereichen, wie z. B. der Abfallbeseitigung und der Umweltchemikalien, denen jeweils ein Vortrag in dieser Reihe gewidmet ist.

Bei den Bemühungen um den Gewässerschutz stehen zur Zeit nicht so sehr technische Probleme im Vordergrund wie solche finanzieller, rechtlicher und administrativer Art. Insofern unterscheidet sich die Situation hier erheblich von der der Luftreinhaltung und auch der Abfallbeseitigung. Gewiß gibt es auch noch verfahrenstechnisch einiges zu tun, z. B. wirksame sogenannte fortgeschrittene Reinigungsstufen chemisch-physikalischer Art zu entwickeln u. a. m. Aber im Ganzen konnten die Sachverständigen, die der Innenausschuß des Bundestages vor einem Jahr zu einem Hearing geladen hatte, doch mit Recht sagen: Wir wissen, wie man Abwässer behandeln muß. Es fehlt nur am Geld, an der administrativen Durchsetzung der gesetzlichen Forderungen und am Fachpersonal.

## I.

*Legislative und administrative Probleme der Wasserwirtschaft*

Da unser Wasserhaushaltsgesetz von 1957 jede Benutzung und damit auch jede für das Gewässer schädliche Einleitung oder Entnahme von einer staatlichen Genehmigung abhängig macht, gibt es theoretisch Handhaben genug, um den Zustand unserer Gewässer schnell und gründlich zu verbessern. Tatsächlich aber hat sich dieser Zustand auch seit Inkrafttreten des Gesetzes nicht nur nicht verbessert, sondern — im Durchschnitt gesehen — erheblich verschlechtert.

Zwar waren 1969 schon 35 % der Einwohner gegenüber 19 % im Jahre 1963 an vollbiologischen Kläranlagen angeschlossen. Dementsprechend stieg auch der Anteil der ausreichend geklärten Menge des Abwassers von 23 % auf 35 %. Da aber zugleich die Gesamtmenge der eingeleiteten Abwässer in diesen sechs Jahren um etwa 40 % stieg, ist die absolute Menge nicht ausreichend geklärter Abwässer von 1963 bis 1969 von etwa 10 Mio m<sup>3</sup> pro Tag auf 12 Millionen, also um 20 % gestiegen. Auch die eingeleitete Menge völlig ungereinigter Abwässer ist trotz vermehrten Kläranlagenbaues um 1,5 Mio m<sup>3</sup> pro Tag gestiegen.

Wenn die Gewässer also trotz zahlreicher und kostspieliger Klärwerke im allgemeinen in den letzten Jahren nicht sauberer wurden, so liegt das nicht daran, daß die zuständigen Behörden geschlafen haben — gerade die personell unzulänglich ausgestatteten Wasserbehörden leisten in der Regel hervorragende Arbeit —, sondern daran, daß die Belange des Gewässerschutzes gegenüber anderen meist nicht weniger wichtigen Anliegen allzuoft zurückgestellt werden mußten. Die Belange des Gewässerschutzes sind bei Zielkonflikten mit anderen Belangen, wie Industrieansiedlung, Erschließung neuer Wohngebiete, Schutz gefährdeter Wirtschaftszweige, nicht zuletzt deshalb oft ins Hintertreffen geraten, weil hinter ihnen keine durch nennenswerte Wählergruppen unterstützten Interessen standen und weil der Ermessensspielraum, den das geltende Wasserrecht den entscheidenden Behörden läßt, nicht durch bestimmte Normen der Gewässergüte oder der Qualität des Abwassers konkretisiert ist, Normen die etwa vergleichbar wären den Immissions- und Emissionsgrenzwerten der Luftreinhaltung.

Wir, d. h. die Bundesregierung, sind daher der Auffassung, daß das Wasserrecht dringend einer Konkretisierung bedarf, wenn wir den Wettlauf mit dem zunehmenden Verfall unserer Flüsse gewinnen wollen. Eine solche Konkretisierung soll zunächst dadurch erfolgen, daß in einer Regierungsverordnung einheitliche Merkmale für den Gütezustand der für die Wasserversorgung benötigten Gewässer festgesetzt werden mit der Folge, daß alle

Gewässer, die diesen Standard (die sogenannte Güteklasse II) nicht erreichen, zu sanieren sind. Alle Gewässer, die diesen Zustand haben oder besser sind, sind so zu erhalten. Eine weitere notwendige Konkretisierung des administrativen Ermessensspielraums versprechen wir uns davon, daß die Anforderungen an Abwasser, das in einen Fluß geleitet werden darf, durch verbindliche Richtlinien bundeseinheitlich festgesetzt werden.

## II.

### *Finanzierung und Verursacherprinzip*

Gesetze allein machen das Wasser nicht sauberer. Dazu fehlt es vor allem an Geld. Zwar sind in den Jahren 1966 bis 1970 allein im öffentlichen Bereich jährlich etwa 2 Milliarden DM im Durchschnitt in Abwasseranlagen investiert worden. Der Investitionsbedarf aber wurde von der Projektgruppe Wasserwirtschaft auf 43 Milliarden Mark für öffentliche Anlagen geschätzt (vergl. Materialien zum Umweltprogramm). Das bedeutet, daß wir, wenn wir das bisherige Investitionsvolumen bei gleichbleibenden Preisen nicht steigern, 22 Jahre brauchen würden, bis wir das Ziel einer einigermaßen ausreichenden Klärung unserer Abwässer erreicht haben. Die Natur gestattet uns aber nicht, solange zu warten. Bund und Länder sind sich darin einig, daß dieses Ziel bis etwa 1985 erreicht werden muß, wenn wir unsere Flüsse und Seen vor dem drohenden Verfall retten wollen. Um dieses Ziel bis 1985 zu erreichen, müssen wir den Mitteleinsatz nahezu verdoppeln. Die entscheidende Frage ist, wie kann man diesen enormen Investitionsbedarf aufbringen, ohne die Leistungsfähigkeit unserer Volkswirtschaft und auch die Leistungsfähigkeit des einzelnen Steuer- oder Kommunalabgabepflichtigen zu überfordern. In diesem Zusammenhang wird meistens auf das Verursacherprinzip verwiesen, das auch die Bundesregierung in ihrem Umweltprogramm als maßgebend für ihre Politik zugrunde gelegt hat. Was bedeutet dieses viel zitierte, aber auch oft mißverständene Prinzip? Es sagt nicht mehr und auch nicht weniger, als daß die *Kosten* des Umweltschutzes von dem zu tragen sind, der die Belastungen der Umwelt verursacht.

Im öffentlichen Bereich des Gewässerschutzes würde Verursacherprinzip bedeuten, daß alle Kläranlagen über kommunale Beiträge und Gebühren zu finanzieren wären, mit anderen Worten, daß die Kommunen ihre Einwohner entsprechend zur Kasse bitten würden.

Wenn Land oder Bund den Bau einer kommunalen Kläranlage mitfinanzieren — und in der Regel tun sie das heute mit Sätzen, die oft über 50% liegen —, dann zahlt letztlich der Steuerzahler von Bonn für die Klärung

der Abwässer der Kölner, obwohl er selbst für seine eigene Kläranlage Gebühren bezahlen muß. Würden wir allerdings angesichts dieser Überlegung die Subventionierung des Kläranlagenbaues aus öffentlichen Haushalten abbauen, dann wäre zwar das Verursacherprinzip gewahrt, die Situation unserer Gewässer aber nicht verbessert. Bei der derzeitigen Finanzlage unserer Gemeinden und beim Grad ihrer Verschuldung würde ein Verzicht auf staatliche Subventionen zu einer solchen Verzögerung der Investitionen führen, daß die Schere zwischen steigender Schmutzbelastung und Auswirkungen des Kläranlagenbaues in absehbarer Zeit nicht geschlossen werden könnte. Die Hauptlast der Subventionen für den Bau von Kläranlagen tragen die Länder. Dem Bund ist es von verfassungswegen verwehrt, Kläranlagen zu finanzieren. Er darf dies lediglich und tut dies auch kräftig im Rahmen der Verbesserung der Agrarstruktur, also im ländlichen Bereich. Er gibt ferner zinsgünstige Darlehen aus dem ERP-Programm und hat diese in den letzten Jahren von 30 auf 200 Millionen erhöht. Schließlich haben wir trotz erheblicher Skrupel der Verfassungsrechtler ein 5jähriges Sanierungsprogramm für Rhein und Bodensee vorgelegt, das verlorene Zuschüsse für den Bau solcher Kläranlagen vorsieht, die zu einer spürbaren Entlastung von Bodensee und Rhein führen. Das Programm ist deshalb auf fünf Jahre beschränkt, um den Kommunen einen Anreiz zu bieten, ihre für später geplanten Investitionen in diesen Zeitraum vorzuverlegen. Der Direkteinleiter wird die notwendigen Investitionen im wesentlichen selbst aufbringen müssen. Staatliche Hilfen gibt es hier, vom ERP-Programm, das vor allem für kleinere Unternehmen gedacht ist, einmal abgesehen, nur über die Möglichkeiten steuerlicher Anreize, die allerdings nach dem Umweltschutzprogramm verstärkt werden müssen.

Problematisch sind vor allem die Branchen oder Firmen, die auch bei ernsthaftem Bemühen diese Maßnahmen nicht oder noch nicht verkraften. Hier muß man Notgedrungen nach Kompromissen suchen.

Da moderne Kläranlagen nicht nur einmalige, sondern auch aufwendige laufende Kosten verursachen, wird der Kostenfaktor Abwasser auch für solche Unternehmen in Zukunft eine Rolle in der Kalkulation spielen, die ihn bisher vernachlässigen zu können glaubten. Das wiederum führt zu der Konsequenz, daß man sich weit mehr als bisher mit abwassersparenden Verfahren beschäftigen muß.

Die Bundesregierung hat die Einführung einer Abwasserabgabe angekündigt, die jeder Einleiter, kommunaler oder privater, gestaffelt nach der Höhe der eingeleiteten Schmutzfracht, zu bezahlen hat und mit deren Ertrag die notwendigen Maßnahmen des Gewässerschutzes finanziert werden sollen. Der primäre Zweck dieser Abgabe liegt weniger darin, neue Finanzierungsquellen zu erschließen, sondern den Konkurrenzvorteil auszugleichen, den



derjenige Einleiter, der nicht zulänglich klärt, gegenüber dem hat, der aufwendige Anlagen erstellt hat. Insofern ist diese Abgabe eine notwendige Konsequenz des Verursacherprinzips, als die bisher auf die Allgemeinheit abgewälzten Umweltkosten künftig in die Produktionskosten hineingenommen, internalisiert werden.

### III.

*Andere für die Umweltpolitik der Regierung wichtige Fragen des Gewässerschutzes*

1. Es liegt auf der Hand, daß man in einer Zeit eines gemeinsamen europäischen und eines weithin offenen Weltmarktes nicht nationale Gewässerschutzpolitik treiben kann, ohne zu versuchen, ihre volkswirtschaftlichen Konsequenzen international abzusichern. Das bedeutet, daß man sich um eine Harmonisierung der nationalen Anforderungen unter den konkurrierenden Industrienationen bemühen muß.
2. Einer der Engpässe der Gewässerschutzpolitik ist der Mangel an fachkundigem Personal. Die beste Kläranlage ist nichts wert, wenn sie nicht mit Sachverstand gewartet wird. Bund, Länder und Fachverbände bemühen sich, diesen Mangel durch Ausrichtung und Förderung von Fortbildungskursen zu beheben.
3. Gleiches gilt für die Forschung, einschließlich des internationalen Erfahrungsaustausches. Wie ich anfangs schon sagte, sind noch einige Verfahrensfragen, insbesondere der fortgeschrittenen Reinigung, ungelöst. Auch die traditionellen Reinigungsverfahren bedürfen noch der Verbesserung, insbesondere der Verbilligung. Für die Industrie von wachsender Bedeutung sind Verfahren, die zur Abwasserverringerung führen. Forschungen und Entwicklungen auf diesem Gebiet können sich nicht nur deshalb als lukrativ erweisen, weil eigene Kosten gesenkt werden, sondern auch weil der Weltmarkt für umweltfreundliche Technologien immer interessanter wird.

### IV.

*Weitere wasserwirtschaftliche Maßnahmen des Umweltprogramms*

Ich habe bisher nur von Maßnahmen des Gewässerschutzes gesprochen. Es liegt auf der Hand, daß sie im Vordergrund der wasserwirtschaftlichen Maßnahmen des Umweltprogramms stehen. Die Zeit versagt es mir, auf die übrigen Vorschläge und Vorhaben noch einzugehen. Sie betreffen:

- Wasserwirtschaftliche Rahmenpläne
- Überregionale Abwasserbeseitigung
- Wärmelastpläne
- Meß- und Kontrollsysteme

Hinsichtlich der Wasserversorgung hält sich das Programm mit konkreten Vorschlägen zurück, weil dem Bund hier wenig Möglichkeiten gegeben sind. Es schildert lediglich die in Anbetracht der stärkeren Verwertung des Oberflächenwassers prekäre Situation und deutet Möglichkeiten der Abhilfe an. Insbesondere der Ausbau von überregionalen Verbandssystemen ist in den nächsten Jahren weit mehr als bisher zu forcieren. Auch die Möglichkeiten des Baus weiterer Reserveräume sind noch nicht ausgeschöpft.

Gestatten Sie mir zum Schluß noch eine, wieder allgemeinere Bemerkung. Das seit zwei bis drei Jahren in allen Industriestaaten gewordene Umweltbewußtsein der Menschen hat für uns, die wir alle irgendwie mit dem Schutze des Menschen vor schädlichen Umwelteinflüssen zu tun haben, erfreuliche Auswirkungen zur Folge gehabt. Politiker, Stadträte und Unternehmensleitungen sind für Umweltbelange leichter ansprechbar als noch vor wenigen Jahren. Ich weiß, diese Aufgeschlossenheit könnte oft noch größer sein, aber immerhin . . . Manches kommt schneller voran. Meinungsumfragen zeigen, daß die Sorge der Befragten um die Umwelt und auch die Kenntnis von den Gefahren rapide angewachsen ist, wenn auch noch Bewußtseinslücken klaffen. (So wird zum Beispiel die Industrie von fast allen Befragten als Hauptursache der Luftverschmutzung genannt, das Auto als Ursache haben schon nicht mehr alle erkannt, die häuslichen Heizungen werden nur von einer kleinen Minderheit als dritte Hauptursache gesehen.)

Dieses gestiegene Umweltbewußtsein hat aber auch seine Schattenseiten. In die zahllosen berechtigten Warnungen zugunsten des Umweltschutzes mischen sich oft auch Stimmen, die wissenschaftlich nicht haltbare Thesen zu Schreckensmeldungen verarbeiten. Oft scheint weniger die berechtigte Sorge um die Umwelt als romantische Kulturkritik vorherrschendes Motiv zu sein, der Versuch einer Flucht in die scheinbar heile Welt der vorindustriellen Gesellschaft. Wir können nicht wochentags die Segnungen der Elektrizität in Anspruch nehmen, ohne die wir alle nicht mehr leben können, und am Sonntag im Wanderverein gegen Hochspannungsmasten und Kernkraftwerke polemisieren.

Wir können ebensowenig Asiaten und Afrikaner zwingen, auf das DDT zu verzichten, solange wir ihnen keine Alternativen anbieten können; denn dieses Mittel, auf das wir ohne Not verzichten können, rettet dort gerade wegen seiner Resistenz Hunderttausenden das Leben.

Was ich damit sagen will, ist dieses: Gerade jetzt, in einer Zeit, in der Umweltschutz erfreulicherweise den ihm angemessenen politischen Stellenwert einzunehmen beginnt, müssen wir lernen, sehr nüchtern das Für und Wider der technischen Eingriffe in die Natur und der möglichen Alternativen gegeneinander abzuwägen. Wir dürfen aus dem Zustand der Gleichgültigkeit und des Schlafes nicht in den der Hysterie und des ökologischen Verfolgungswahns umkippen. Was not tut, ist gleichmäßige, nüchterne Wachsamkeit. Die Probleme und Gefahren sind ernst und fordern ein großes Maß an Energie und auch an Verzicht von jedem von uns, aber sie sind *lösbar*.

*Anschrift: Ministerialdirigent Dr. H. Frhr. v. Lersner, Bundesministerium des Innern, Bonn 7, Rheindorfer Straße 198.*

# Trinkwasserschutzgebiete zur Abwehr der Auswirkungen wassergefährdender Stoffe

Von H. K u ß m a u l

Beinahe täglich können wir in regionalen und überregionalen Zeitungen über Verschmutzungen von Grund- und Oberflächenwässern durch Arsen, Cyanid, Säuren, Quecksilber, Cadmium, Blei, Mineralölprodukte u. a. m. lesen. Bedingt sind diese Wasserverschmutzungen durch unerlaubtes oder unsachgemäßes Ablagern von Müll, besonders von hochtoxischem Industrie-  
müll, durch unerlaubte oder unkontrollierte Abwassereinleitungen oder durch Unfälle beim Transport von Chemikalien und Mineralölprodukten auf der Straße oder auf den Flüssen.

Das Wasser ist aber in Form des Trinkwassers ein unentbehrliches Lebensmittel, das frei von Krankheitserregern sein muß und keine gesundheitsschädigenden Eigenschaften haben darf. Da in den nächsten Jahrzehnten der Wasserverbrauch und damit auch der Trinkwasserbedarf rapide zunehmen wird, ist es verständlich, daß sich Gesetzgeber und Wasserwirtschaft bereits seit vielen Jahren bemühen, wassergefährdende Stoffe von Grundwasservorkommen und Trinkwassertalsperren durch Einrichtung von Trinkwasserschutzgebieten fernzuhalten. Die gesetzlichen Grundlagen hierzu gibt § 19 des Wasserhaushaltsgesetzes: „Soweit es das Wohl der Allgemeinheit erfordert, Gewässer im Interesse der öffentlichen Wasserversorgung vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen . . . können Wasserschutzgebiete festgesetzt werden. In den Wasserschutzgebieten können bestimmte Handlungen verboten oder für nur beschränkt zulässig erklärt werden und die Eigentümer und Nutzungsberechtigten von Grundstücken zur Duldung bestimmter Maßnahmen verpflichtet werden . . .“

Die *wassergefährdenden Stoffe*, die zu nachteiligen Einwirkungen auf Gewässer führen können, sollen hier nur ganz kurz in drei Gruppen zusammengefaßt werden:

- a) mikrobielle Krankheitserreger im weitesten Sinne,
- b) organische und anorganische Gift- und Schadstoffe,
- c) radioaktive Stoffe.

Die durch menschliche Tätigkeiten verursachten *Gefahrenherde* für Gewässerverunreinigungen sind in vier Gruppen einzuteilen:

1. Zu beträchtlichen Störungen im Grundwasser können *Eingriffe ins geologische Substrat* führen, z. B. Sand- und Kiesgruben sowie Bergwerke, besonders dann, wenn sie bis unter den Grundwasserspiegel

reichen und die Gruben oder Schächte anschließend mit Müll unsachgemäß verfüllt werden.

2. Die *Landwirtschaft* benötigt zur Steigerung ihrer Produktion mineralische und animalische Dünger sowie Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel. Unsachgemäß angewendet, können alle diese Stoffe zu einer latenten Gefahr für unsere Trinkwasservorräte werden.
3. Die *Siedlungs- und Fabrikabwässer* stellen eine weitere Quelle für Wasserverschmutzungen aller Art dar.
4. Gefährdung des Wassers durch *Transport und Lagerung* von Chemikalien, besonders von Mineralölprodukten.

Um diese Gefahrenquellen von den Trinkwasservorräten fernzuhalten, unterliegen die wassergefährdenden Nutzungen im Einzugsgebiet von Wassergewinnungsanlagen gewissen Einschränkungen, oder sie sind völlig verboten, wobei eine graduelle Abstufung je nach dem Abstand von den Förderbrunnen besteht. Dementsprechend teilt man das gesamte Wasserschutzgebiet in drei Schutzzonen ein. Die *Schutzzone I*, der unmittelbare Fassungsbereich, muß vor jeder Verunreinigung und sonstigen Beeinträchtigungen geschützt werden. Die anschließende *Schutzzone II* dient vor allem dem Schutz des Grundwassers vor mikrobiellen Verunreinigungen. Bei einer Grundwasserverweildauer von 50 Tagen innerhalb der Schutzzonen I und II ist dieser Schutz ausreichend gewährleistet. Nicht tragbar in der Schutzzone II sind solche Nutzungen, die mit der dauernden Anwesenheit von Menschen oder mit der Zerstörung der belebten Bodenzone oder Deckschicht verbunden sind. Die *Schutzzone III* soll gegen schwer eliminierbare und somit weiterreichende Verunreinigungen schützen. Untragbar sind besonders Einleitungen von Industrieabwässern und radioaktiven Stoffen.

Die topographische *Abgrenzung der einzelnen Schutzzonen* bereitet in der Praxis nicht unbeträchtliche Schwierigkeiten. Relativ einfach ist die Situation bei der Schutzzone I. Je nach den geologischen Verhältnissen muß sich ein Streifen von 10 bis 50 m Entfernung links und rechts der Fassungsanlage im Besitz des Wasserversorgungsunternehmens befinden. Dieser Streifen muß durch einen Zaun vor unbefugtem Betreten geschützt sein. Schwierig ist die Abgrenzung der Schutzzone II. Ihre Ausweisung erfordert eine Vielzahl von hydrologischen und geologischen Untersuchungen, um die 50-Tage-Grenze für die projektierte Fördermenge mit Hilfe der bekannten hydrologischen Nahrungsformeln genau festzulegen. Bei kleineren Wassergewinnungsgebieten wird man sich mit Schätzwerten, die man auf Grund des Entnahmetrichters gewinnt, begnügen müssen. Die Schutzzone III umfaßt das gesamte Wassereinzugsgebiet. Hierbei ist zu beachten, daß das Einzugsgebiet des Grundwassers keineswegs mit dem der oberirdischen

Gewässer in diesem Gebiet übereinstimmen muß. Ist diese Grenze mehr als 2 km von der Fassungsanlage entfernt, so hat sich die Unterteilung in eine Schutzzone III A diesseits und eine Schutzzone III B jenseits der 2km-Grenze mit abgestuften Nutzungsbeschränkungen als angebracht erwiesen.

Über die *Nutzungsbeschränkungen* in den einzelnen Schutzzeiten geben die DVGW-Arbeitsblätter W 101 und W 102 Auskunft. Die Einhaltung der Schutzbestimmungen in der Schutzzone I kann von dem Wasserversorgungsunternehmen relativ leicht kontrolliert und gewährleistet werden. Gemäß den DVGW-Richtlinien ist in der Schutzzone II eine landwirtschaftliche Nutzung mit sachgemäßer Anwendung animalischer und mineralischer Düngemittel gestattet, ohne daß hierbei jedoch genauer definiert ist, was unter sachgemäßer Anwendung zu verstehen und wie diese zu überwachen ist. Außerhalb der Schutzzone II sind z. B. Gärfutter-Mieten und außerhalb der Schutzzone III A schließlich häusliche Sickergruben zugelassen.

Zu welchen Schwierigkeiten die landwirtschaftliche Nutzung gemeinsam mit der Beseitigung von häuslichen Abwässern in Gruben in einem Wassergewinnungsgelände führen kann, soll an einem *Beispiel* aufgezeigt werden. Ein Wasserwerk am Niederrhein (Abb. 1) fördert im westlichen Teil seiner Brunnengalerie fast ausschließlich Rheinuferfiltrat, das in den waldbestandenen Rheinschottern eine Verweilzeit von wenigen Monaten hat. Im südöstlichen Teil gewinnt es ebenfalls infiltriertes Rheinwasser, das hier jedoch den Schotterkörper, dessen Oberfläche intensiv landwirtschaftlich genutzt wird, viel langsamer durchfließt. In den Förderbrunnen IX und X dieses Teils der Fördergalerie treten immer wieder Massenentwicklungen von Fadenbakterien der Art *Cladotrix dichotoma* auf, deren Vorkommen darauf hindeuten, daß eine Grundwasserbelastung mit Nährstoffen im Einzugsgebiet dieser Förderbrunnen stattgefunden hat oder noch andauert. Diese Fadenbakterien führen zu beträchtlichen Störungen in der Wasserversorgung, da sie von den Brunnen in die Hauptrohrleitung und schließlich in das Wassernetz der angeschlossenen Großstadt verschleppt werden.

Die chemische Analyse zeigte in den betroffenen Brunnen erhöhte Gehalte an Nitrat und organisch-gebundenem Kohlenstoff, während die Phosphat- und Kaliumgehalte keine Unterschiede gegenüber den Brunnen im westlichen Teil der Fördergalerie aufwiesen. Um die Herkunft der erhöhten Gehalte an Nährstoffen zu ermitteln, wurde ein umfangreiches Netz von Beobachtungsbrunnen eingerichtet und deren Wasser chemisch untersucht. In den Abbildungen 2 und 3 sind die Flächen gleicher  $\text{NO}_3^-$  bzw.  $\text{C}_{\text{org}}$ -Gehalte aufgezeichnet. Man kann deutlich erkennen, daß die größten Konzentrationen an diesen Stoffen im Gebiet südlich der Fördergalerie anzutreffen sind. In diesem Gebiet war — außerhalb der Schutzzone II — eine größere

Zahl von Sauerfuttermieten und Stallmistablagerungen im Gelände festzustellen.

In die Untersuchungen wurde auch die Bestimmung von bakteriellen Fäkalindikatoren einbezogen, um zu ermitteln, ob Siedlungsabwässer eben-

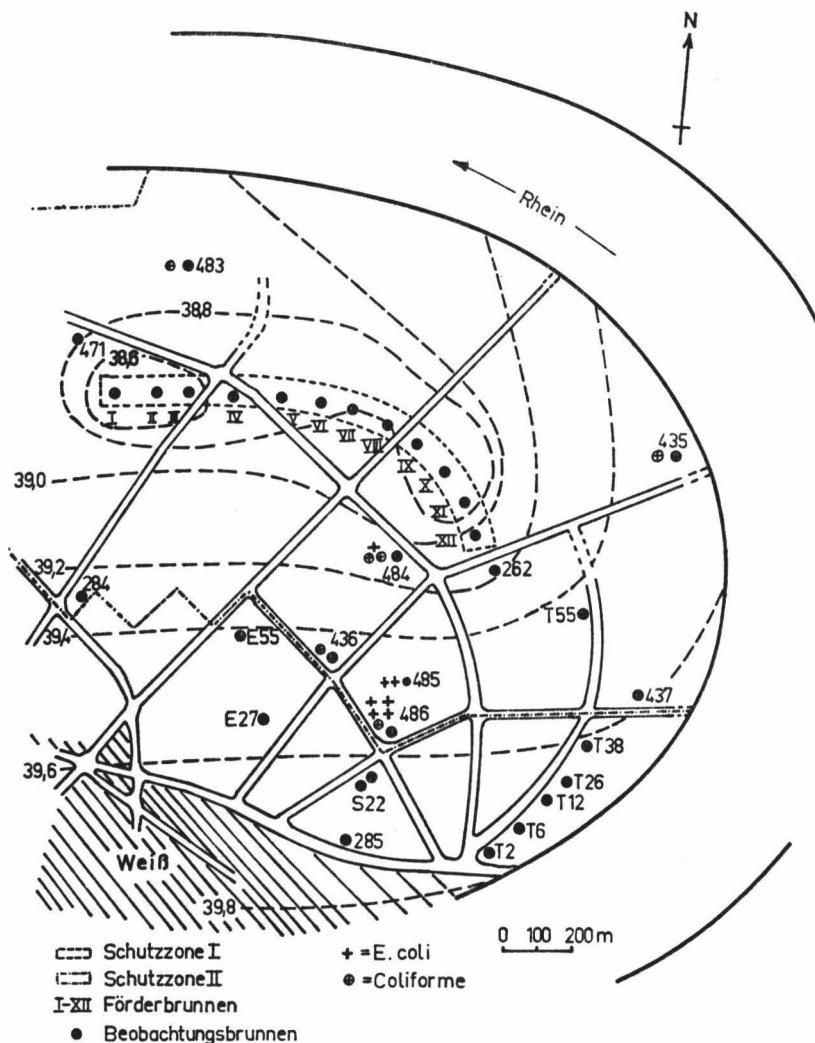


Abb. 1: Lage der Förder- und Beobachtungsbrunnen, Grundwassergleichen bei Betrieb der Brunnen II und X, sowie Vorkommen von E.coli und Coliformen während der einjährigen Untersuchungen.

falls an der Grundwasserverunreinigung beteiligt sind. Die bakteriologische Untersuchung der ein Jahr lang monatlich entnommenen Grundwasserproben ergab nur in einem geringen Prozentsatz der Proben einen positiven Befund an *E.coli*. Die wenigen *E.coli*-Vorkommen fanden sich jedoch nicht in den Hausbrunnen der nicht-kanalisierten Ortschaft, sondern ausschließlich in der Umgebung der Brunnen 486, 485 und 484 im Unterstrom der Gärfuttermieten und Stallmistablagerungen, nahe den Stellen mit den höchsten Gehalten an Nitrat und organisch-gebundenem Kohlenstoff südlich der Fördergalerie (Abb. 2, 3). In der Brunnengalerie selbst wurden *E.coli*-Befunde nie erhoben.

Zusätzlich wurde nach einem chemischen Fäkalindikator gesucht, von dem erwartet wird, daß er noch lange Zeit nach einer Abwassereinleitung nachzuweisen ist. Als geeignet hierfür erwies sich das Koprosterin, ein spezifisches Abbauprodukt im Kot von Warmblütern, das im Indestinaltrakt durch stereospezifische Reduktion beim Cholesterinstoffwechsel entsteht und im Grundwasser relativ beständig ist. Die Untersuchungen ergaben kein Koprosterin in den Hausbrunnen der Ortschaft, während die Koprosteringehalte in den Brunnen 486, 485 und 484 in enger Korrelation mit den positiven *E.coli*-Befunden standen. Das Koprosterin war auch noch im Südteil der Fördergalerie im Grundwasser nachzuweisen, während es im westlichen Teil durch die Verdünnung mit dem von Norden zuströmenden Uferfiltrat nur noch in Spuren entdeckt werden konnte. Man sieht daraus, daß das Koprosterin als empfindlicher Indikator für Abwasserbelastungen dienen kann.

In diesem Beispiel hat der Umfang der Schutzzone II zwar ausgereicht, um bakteriologisch einwandfreies Trinkwasser zu fördern. Man sieht aber auch, daß die nach den DVGW-Richtlinien in der Schutzzone III A erlaubten Gärfuttermieten und Stallmistablagerungen dazu geeignet sind, eine Grundwassereutrophierung hervorzurufen, die zu ernsthaften Störungen in der Wassergewinnung führen kann. Für eine Massenentwicklung von Mikroorganismen sind etwa folgende Nährstoffmengen im Wasser nötig: 1 mg  $C_{org}/l$ , 0,2 mg N/l, 0,01 mg P/l. Die Stickstoffanforderungen werden selbst in den nitratärmsten Grundwässern nie unterschritten. Auch die Phosphorgehalte dürften im Grundwasser für ein Mikroorganismenwachstum nicht der begrenzende Faktor sein; denn die Mikroorganismen sind in der Lage, den Phosphor durch pH-Änderungen aus der Mineralsubstanz freizusetzen. Auffallend ist aber, daß in den Brunnen, die frei von Mikroorganismen geblieben sind, die Gehalte an organisch-gebundenem Kohlenstoff um 0,5 mg/l, in den befallenen Brunnen dagegen deutlich über 1 mg/l liegen. Daraus kann man schließen, daß in diesem Falle im Grundwasser der Gehalt an organisch-gebundenem Kohlenstoff, verbunden mit erhöhten



Gehalten an leicht mineralisierbarem Stickstoff, für die Massenentwicklung der schleimbildenden Mikroorganismen ausschlaggebend war.

Bei *Schutzgebieten von Trinkwassertalsperren* ist zusätzlich zu den bisher genannten Gefahrenherden die Bodenerosion beachtenswert; denn bei Starkregen eingeschwemmte Schwebstoffe können in Talsperren eine Sedimenta-

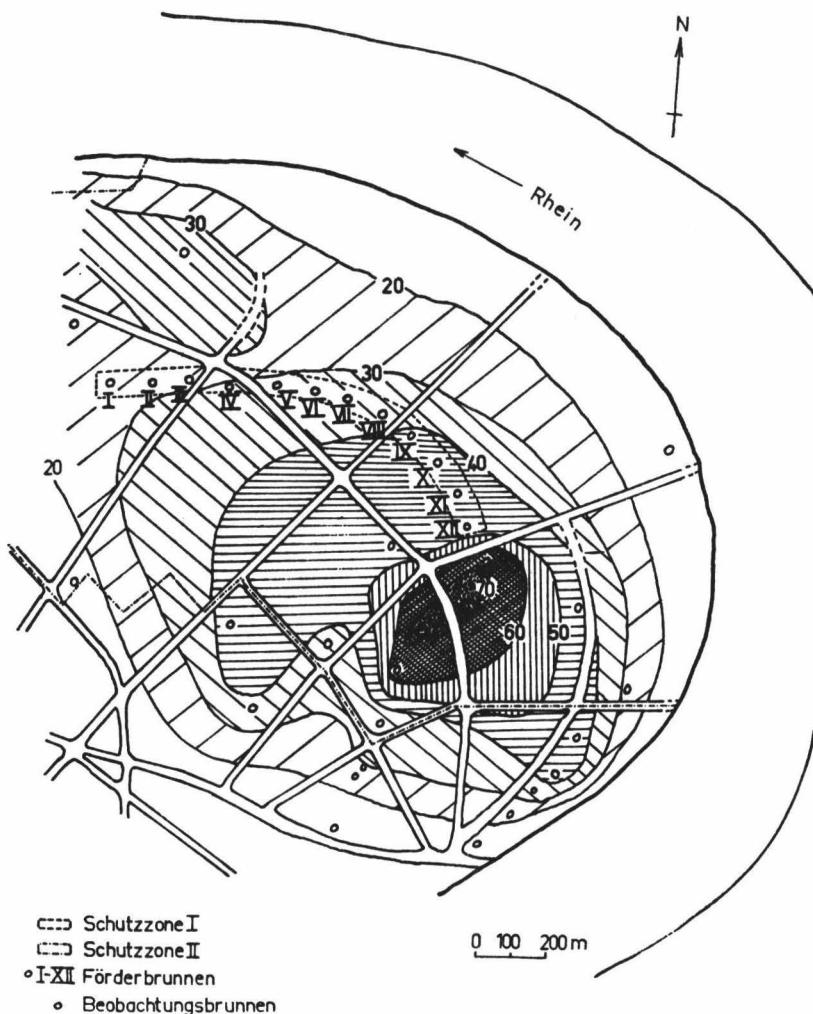


Abb. 2: Flächen gleicher Nitratgehalte (mg/l)

tion und durch ihren hohen Phosphatgehalt eine Verstärkung der Eutrophierung bewirken. Außerdem können zusammen mit den Bodenpartikeln Mineral- und Stalldünger sowie Schädlingsbekämpfungsmittel in die Gewässer gespült werden. Deshalb spielen Maßnahmen zur Bekämpfung der Bodenerosion im Schutzgebiet eine besondere Rolle.

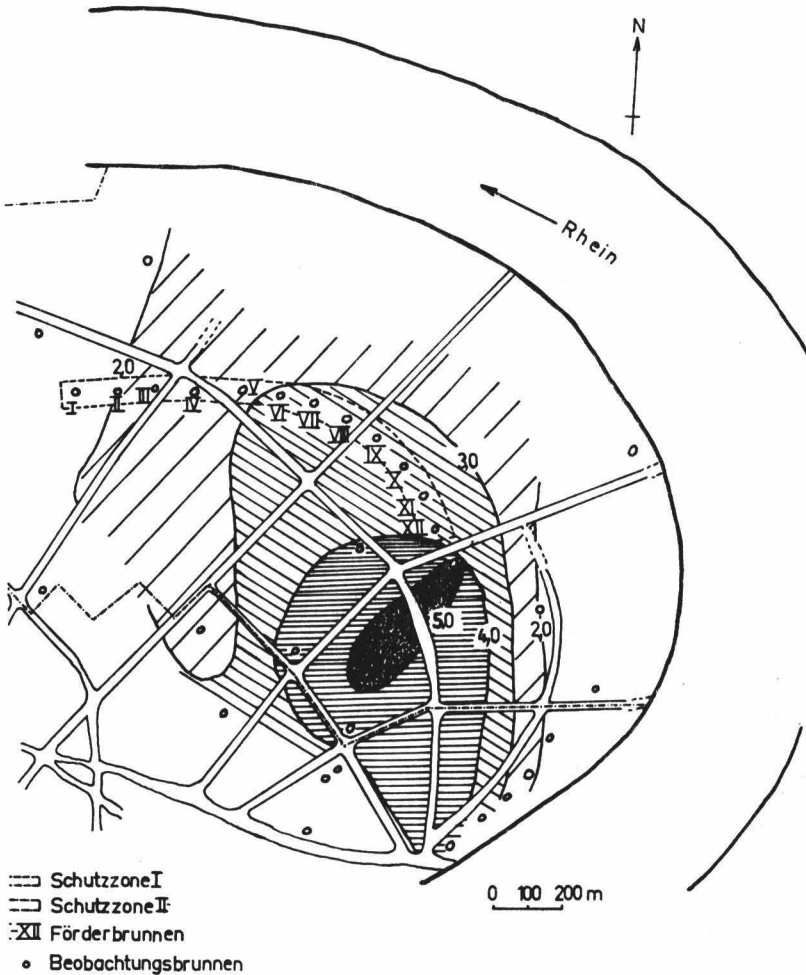


Abb. 3: Flächen gleicher Gehalte an organisch-gebundenem Kohlenstoff (mg/l)

Die *Schutzzone I* umfaßt bei Trinkwassertalsperren den Stauraum und eine Uferzone von 100 m Breite. Sie soll zur Befestigung des Bodens bewaldet sein. Bei Hangflächen mit stärkerem Gefälle soll sich der Schutzforst auch auf diese ausdehnen. Die Schutzzone I darf für keinerlei Nutzung freigegeben werden und befindet sich normalerweise im Besitz des WVU. In der *Schutzzone II* kann außer der forstwirtschaftlichen Nutzung auch die landwirtschaftliche zugelassen werden, wenn die Bewirtschaftung so erfolgt, daß keine Bodenerosion eintritt. In der *Schutzzone III* können Wohnbauten zugelassen werden, wenn sie ausreichende biologische Abwasserreinigung besitzen oder ihre Abwässer aus dem Einzugsgebiet ableiten.

Für oberirdische Gewässer und ihre Uferbereiche gelten in Zone II die Vorschriften von Zone I und in Zone III die Vorschriften der Zone II.

Diese Ausführungen sollten zeigen, daß

- a) die gesetzlichen Grundlagen für einen wirksamen Schutz von Trinkwassereinzugsgebieten gegeben sind, wenn auch in vielen Ländern die Verwaltungsvorschriften noch fehlen,
- b) zur Abfassung der Verwaltungsvorschriften die DVGW-Arbeitsblätter W 101 und 102 möglichst rasch auf den neuesten Stand gebracht werden sollten,
- c) zur Festlegung der Schutzgebietsgrenzen noch intensive naturwissenschaftliche Forschungen nötig sind; hierbei könnte sich die Einbeziehung von chemischen Fäkalindikatoren als nützlich erweisen.

## GESETZE, RICHTLINIEN, LITERATUR

### 1. Bundesgesetze

Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz) (WHG) vom 27. 7. 1957 (BGBl. I S. 1110).

Gesetz zur Änderung des WHG vom 19. 2. 1959 (BGBl. I S. 37)

2. Gesetz zur Änderung des WHG vom 6. 8. 1964 (BGBl. I S. 611)

3. Gesetz zur Änderung des WHG vom 15. 8. 1967 (BGBl. I S. 909)

Entwurf des 4. Gesetzes zur Änderung des WHG: Bundesrats-Drucksache 411/71 vom 20. 8. 1971.

### 2. Ländergesetze

*Baden-Württemberg:* Wassergesetz vom 25. 2. 1960 (GBl. S. 17) in der Fassung vom 1. 8. 1967 (BGBl. S. 127)

*Bayern:* Wassergesetz vom 26. 7. 1962 (GVBl. S. 143) in der Fassung vom 27. 10. 1970 (GVBl. S. 469)

- Berlin*: Wassergesetz vom 23. 2. 1960 (GVBl. S. 133) in der Fassung vom 27. 1. 1967 (GVBl. S. 201)
- Bremen*: Wassergesetz vom 13. 3. 1962 (GVBl. S. 59)
- Hamburg*: Wassergesetz vom 20. 6. 1960 (GVBl. S. 335)
- Hessen*: Wassergesetz vom 6. 7. 1960 (GVBl. S. 69)
- Niedersachsen*: Wassergesetz vom 6. 7. 1960 (GVBl. S. 105) in der Fassung vom 25. 6. 1970 (GVBl. S. 265)
- Rheinland-Pfalz*: Wassergesetz vom 1. 8. 1960 (GVBl. S. 153)
- Saarland*: Wassergesetz vom 28. 6. 1960 (ABl. S. 511) in der Fassung vom 25. 2. 1970 (ABl. S. 306)
- Schleswig-Holstein*: Wassergesetz vom 26. 6. 1960 (GVBl. S. 39) in der Fassung vom 23. 7. 1970 (GVBl. S. 39)
- Nordrhein-Westfalen*: Wassergesetz vom 22. 5. 1962 (GV S. 235) in der Fassung vom 16. 12. 1969 (GV 1970 S. 22)
- Verwaltungsvorschrift* über die Festsetzung von Wasserschutzgebieten und Quellschutzgebieten vom 6. 2. 1971 (Min.Bl. NW. S. 530).

### 3. Richtlinien

- DVGW-Arbeitsblatt W 101: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete, I. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser
- W 102: II. Teil: Schutzgebiete für Trinkwassertalsperren
- W 103: III. Teil: Schutzgebiete für zur Trinkwasserversorgung dienende Seen (in Vorbereitung)
- DIN 2000: Zentrale Trinkwasserversorgung. Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau und Betrieb der Anlagen. Merkblatt für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten. Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, 1971.

### 4. Literatur

- KAISER, P.: Festsetzung von Wasserschutzgebieten, GWF — Wasser/Abwasser 113 (1972), S. 5—14.
- KOLB, F.: Die Wasserversorgung und der Gewässerschutz im neuen Bundes- und Landesrecht. Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1968.
- KUSSMAUL, H.: Grundwasserverschmutzung und Verkeimung von Förderbrunnen durch landwirtschaftliche und häusliche Sickerwässer. Vom Wasser 38 (1971) 129—139.
- KUSSMAUL, H., und MUHLE, A.: Bestimmung von Koprosterin und Koprostanon im Grund- und Oberflächenwasser. Fortschritte in der Wasser- und Abwasseranalytik. Haus der Technik — Vortragsveröffentlichungen 283, 52—59 (1972).



# Beurteilung erhöhter Koloniezahlen im Trinkwasserverteilungssystem\*

Von Gertrud Müller

In einer vom Europäischen Büro der WHO berufenen Studiengruppe, deren Arbeit als Neuauflage der European Standards for Drinking Water niedergelegt wurde,<sup>1</sup> wird die Ansicht vertreten, daß zwar die Koloniezahlbestimmung weiterhin als ein Teil der bakteriologischen Trinkwasseruntersuchung betrachtet werden kann, man allerdings die Einschränkung machen muß, daß sie als alleinige Untersuchungsmethode für die Feststellung einer faekalen Verunreinigung des Trinkwassers von wenig Nutzen ist. Bei regelmäßiger Durchführung an einer gleichbleibenden Entnahmestelle durch plötzliche Schwankungen oder stetige Zunahme der Koloniezahlen sei aber ein Aussagewert gegeben. Die neuen International Standards for Drinking Water der WHO<sup>2</sup> führen sogar aus, daß Koloniezahlbestimmungen nur sehr selten für bakteriologische Wasseruntersuchungen herangezogen werden, und zwar deswegen, weil sie für die Feststellung einer faekalen Verunreinigung von wenig Wert sind. Sie bekämen nur durch wiederholte Ausführung und für die Beurteilung neu erschlossener Wasservorkommen eine gewisse Bedeutung. Wichtig ist also nach beiden Angaben nicht die Ermittlung einer einmaligen, absoluten Zahl, sondern daß Schwankungen in der Höhe der Koloniezahl in einer an einem bestimmten Punkt gewonnenen Zahlenreihe Bedeutung haben können. In Deutschland gilt es dagegen als Regel, daß Keimzahlen über 100/ml zu einer Beanstandung Anlaß geben können. Dieser Beanstandungsgrund wird in der Praxis sogar oft als fast gleichwertig dem Nachweis von Faekalindikatoren wie *E.coli* angesehen.

Nun mehren sich im in- und ausländischen Schrifttum<sup>3, 4, 5</sup> und in Fachdiskussionen Mitteilungen über im Wasserverteilungssystem festgestellte, über längere Zeiträume permanente Erhöhungen der Koloniezahl auf Werte von über 100 im ml Wasser, die auch als „Rohrnetzverkeimungen“ bezeichnet werden.

Der Hygieniker muß sich daher mit der Frage auseinandersetzen, inwieweit ein Anstieg der Koloniezahl seuchenhygienisch relevant ist, also auf eine potentielle Infektionsgefährdung hinweist. Er wird dabei von folgendem ausgehen können:

Das Verhalten von Bakterien im Wasser ist noch von vielen Einflüssen abhängig, und man muß sich sicher von dem Gedanken frei machen, daß

\* Zwischenzeitlich veröffentlicht in: Das öffentliche Gesundheitswesen 34 (1972), 7, S. 380—384.

Wasser ein in dieser Beziehung indifferentes Medium sei<sup>8, 9</sup>. Neben den Wechselwirkungen der verschiedenen Organismen untereinander spielen physikalische Einflüsse, wie Stagnation, Sedimentation, Absorption, Temperatur, Belichtung, und mit Sicherheit auch die chemische Zusammensetzung des Wassers eine Rolle, wobei sowohl die organischen Wasserinhaltsstoffe wie auch die anorganischen Bestandteile von Bedeutung sein können. Dieses Erkenntnis ist nicht neu, denn *Gärtner*<sup>10</sup> weist bereits darauf hin, daß die chemische Zusammensetzung des Wassers mit Sicherheit auch die Zahl der in ihm vorhandenen Bakterienarten beeinflusst, und auch *Rubner*<sup>11</sup> schreibt, daß, wenn Nährstoffe vorhanden sind, die größte Lebhaftigkeit des Bakterienanwuchses in den ersten zwei Tagen erfolgt.

Sogenannte „Rohrnetzverkeimungen“, besser erscheint der Begriff „erhöhte Koloniezahlen im Wasserverteilungssystem“, können ihrer Ursache und ihrer Bedeutung nach in 4 Gruppen unterteilt werden:

1. Echte Einbrüche von Fremdkeimen von außen, verursacht durch ein defektes Rohrsystem. Diese Gefahr ist um so größer, je älter, länger und je unübersichtlicher Trinkwasserverteilungssysteme werden. Das bedeutet, daß es sich um den ungewollten, aber gezielten Einbruch einer nicht immer saprophytischen Fremdfloora handelt. Die Gefahr eines Kurzschlusses, der durch den Einbruch von Siedlungsabwasser oder verunreinigtem Oberflächenwasser entsteht, liegt heute im allgemeinen nicht mehr im Wassernetz, sondern im Rohrsystem, z. B. durch Rohrbrüche, durch das Durchschlagen von Rohren während einer Bautätigkeit (z. B. U-Bahnbau), durch Querverbindungen mit minderwertigem Brauchwasser, durch ungenügende Desinfektion von neu angeschlossenen Leitungen u. a. m.

2. „Wiederverkeimungen“ nach Anwendung von Desinfektionsmaßnahmen, wie sie bekannt sind nach Chlorung, Ozonung oder Silberung, und die ihre Ursache im allgemeinen darin haben, daß die Keime nicht abgetötet wurden, sondern sich nach Abklingen der Desinfektionsmittelwirkung wieder erholten. Bei Mischung von Wässern unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung kann dadurch ein Sonderfall entstehen, daß z. B. ein nachwirkendes Desinfektionsmittel, wie es etwa das Chlor ist, durch den Eintrag organischer oder anderer reduzierender Substanzen einer plötzlichen Desinfektionsmittelzehrung unterliegt, so daß für die eigentliche Bakterienabtötung keine Reserve mehr übrig bleibt.

3. Keimvermehrungen am Zapfhahn durch Einschaltung von Trinkwassernachbehandlungsanlagen in die Versorgungsleitung nach der Wasseruhr. Die hieraus resultierende hygienisch-bakteriologische Qualitätsänderung des Trinkwassers z. B. durch den Einbau von Filtern, Ionenaustauschern oder Phosphatdosieranlagen in das Kaltwassersystem kann bei unsach-

gemäß der Installation und Druckschwankungen zu einer Beeinflussung des anliegenden Versorgungssystems führen.

4. Keimanreicherungen als Folge des Vorhandenseins bestimmter chemischer Wasserinhaltsstoffe. Man kann die im Oberflächenwasser durch Anreicherung von Phosphaten, Nitraten und organischen Verbindungen ausgelösten Eutrophierungsprozesse in gewissem Sinn auch auf das Rohrnetz übertragen, denn entsprechend der Zunahme dieser Substanzen in dem der Trinkwasserversorgung dienenden Rohwasser gehen zum mindesten einige von ihnen auch über die Aufbereitung in das Reinwasser über. Dort findet nun die normalerweise in geringsten Mengen vorhandene autochthone Wasserflora ein, wenn auch geringes, so doch ausreichendes zusätzliches Nährstoffangebot an Phosphat, Nitrat und/oder organischer Substanz. Ist das Wasser im Rohrnetz unter Druck in fließender Bewegung, ist kaum Zeit für eine Bakterienvermehrung. Treten aber Stagnationen im Rohrsystem auf oder muß das Wasser, wie es bei Fernwasserversorgung nötig ist, über sehr weite Strecken transportiert werden, sind Keimanreicherungen im Rohrnetz keine Seltenheit und unter Umständen die Folge einer sich ändernden Rohwasserqualität durch zunehmende Belastung mit Fremdstoffen im weitesten Sinne.

Die sich aus den bakteriologischen Befunden ergebenden Konsequenzen für die Beurteilung richten sich zunächst danach, ob die erhöhte Koloniezahl mit den konventionellen Nachweismethoden, d. h. Verwendung eines für heterotrophe Bakterien optimalen Nährmediums, und der Einhaltung der üblichen Bebrütungszeit von 2 Tagen bei 22 °C oder 37 °C Bebrütungstemperatur, erfaßt werden, oder ob die erhöhte Koloniezahl nur unter Verwendung von Mangelnährböden oder unter Verlängerung der Bebrütungszeiten auf 4 bis 7 Tage reproduzierbar ist. Das heißt im letzten Fall, daß man auf diese Weise versucht, nicht zu einer für die seuchenhygienische Beurteilung optimalen, sondern zu einer maximalen Keimzahlausbeute zu kommen<sup>12</sup>. Unter Umständen kann eine Differenz in den Koloniezahlen nach Bebrütung bei 22 ° und 37 °C einen Hinweis für die Beurteilung geben<sup>7</sup>.

Es ist daher zweckmäßig, für eine allgemeine Orientierung über die hygienische Qualität eines Trinkwassers sich nur mit solchen „Rohrnetzverkeimungen“ zu befassen, die nach einer Bebrütungszeit von zwei Tagen unter Verwendung von sogenannten optimalen Nährböden nachweisbar sind. Aber auch mit dieser Züchtungsmethode werden nicht nur seuchenhygienisch bedeutungsvolle Arten erfaßt.

Die sogenannten Befunde von erhöhten Koloniezahlen im Rohrnetz können trotzdem Zeichen für eine in verschiedenem Sinne veränderte Wasserqualität sein, und zwar:



1. Sie sind Anzeichen einer echten Seuchengefahr als Folge eines Abwasser- oder Oberflächenwassereinbruchs. Es sei daran erinnert, daß die Typhusepidemie in Hannover im Jahre 1926 vor Ausbruch der ersten Typhuserkrankungen durch das Auftreten von stark erhöhten Koloniezahlen im Trinkwasser gekennzeichnet war<sup>13</sup>, die dem Nachweis von Colibakterien zeitlich vorausgingen.

2. Die nachgewiesenen Keimvermehrungen im Rohrnetz können technisch stören, weil sie z. B. Kernpunkte für Ablagerungen werden können. Oder, da sie selbst organisches Material darstellen, können sie desinfektionsmittelzehrend wirken, so daß der Desinfektionsmittelzusatz erhöht werden muß oder überhaupt unwirksam gemacht wird.

3. Sie verhalten sich indifferent, stellen aber den Hygieniker und ggf. auch den Juristen vor Beurteilungsschwierigkeiten, weil zwar keine seuchenhygienischen Fragen berührt werden, sondern solche der Appetitlichkeit<sup>14</sup>. Man kann zunächst unterstellen, daß die einzelnen Keimarten, die jene in Gruppe 3 erwähnten Bakterienansammlungen verursachen, primär nicht pathogen sind. Wie weit diejenigen, die zu Proteus- und Pseudomonasarten gehören, in extrem hohen Zahlen oder durch nachträgliche Anreicherung in Lebensmitteln pathogen wirken können, muß vorerst dahingestellt bleiben.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß bei einer Zunahme von anscheinend „unspezifischen“ Koloniezahlerhöhungen im Wasserverteilungssystem eine Differenzierung der isolierten Keime erfolgen sollte, um den Befunden den richtigen Aussagewert zuordnen zu können. Es muß aber unabhängig davon darauf hingewiesen werden, daß in der Regel nach einheitlichen Untersuchungsmethoden mit Standardisierung von Nährsubstrat, Brüttemperatur, Brutdauer und Auswertungsmodus gearbeitet werden muß<sup>7, 16</sup>. Nur so ist eine einheitliche Beurteilungsgrundlage für Koloniezahlbefunde möglich. Auf jeden Fall ist es notwendig, bei Mitteilung des Ergebnisses nicht nur eine Koloniezahl im ml, sondern auch die verwendete Methodik anzugeben, damit derjenige, der die Verantwortung für die Beurteilung hat, die zur Verfügung gestellten Befunde richtig deuten kann.

Bakterienanreicherungen im Wasserversorgungssystem stellen also ein echtes Problem, nicht nur für den Betreiber eines Wasserwerkes, dar, sondern auch für die amtsärztliche Beurteilung, und zwar insbesondere so lange, wie im Gegensatz zu der von der WHO und auch in den angelsächsischen Ländern vertretenen Ansicht<sup>15</sup> nach bestimmten konventionellen Methoden im Laboratorium festgestellte Koloniezahlen mit Grenzwerten belegt werden sollen, deren Einhaltung als Auflage gilt.

Andererseits wird sich ein Setzen von Grenzwerten, die auf der Basis jahrzehntelanger Erfahrung gewonnen wurden, so lange nicht umgehen lassen, wie aus Zweckmäßigkeitsgründen bakterielle Indikatorsysteme zur

Beurteilung einer einwandfreien Wasserqualität herangezogen werden müssen.

### Zusammenfassung

Erhöhte Koloniezahlbefunde im Wasserverteilungssystem können bedingt sein durch Einbrüche von Fremdkeimen als Folge eines defekten Rohrsystems, unzulängliche Desinfektionsmittelwirkung, Installation von Trinkwassernachbehandlungsanlagen nach der Wasseruhr oder Vermehrung der autochthonen Wasserflora bei Vorhandensein von als Nährstoff dienenden Wasserinhaltsstoffen, wie organischer Substanz, Phosphaten, Nitraten. Die sich aus diesen bakteriologischen Befunden ergebenden Konsequenzen richten sich danach, ob die erhöhten Koloniezahlen durch Anwendung konventioneller Nachweismethoden gewonnen wurden. Bei anscheinend „unspezifischen“, d. h. seuchenhygienisch nicht relevanten Befunden muß ggf. eine Differenzierung der die Koloniezahl repräsentierenden Keime erfolgen.

Wichtig ist aber vor allen Dingen die Einhaltung einer einheitlichen Untersuchungsmethodik, um, besonders wenn es sich um die Überschreitung von Grenzwerten handelt, vergleichbare Beurteilungsgrundlagen zu haben.

### LITERATUR:

- <sup>1</sup> WHO, European Standards for Drinking Water, 2. Aufl. Genf 1970, deutsche Übersetzung: Von Müller, G.: Einheitliche Anforderungen an die Beschaffenheit, Untersuchung und Beurteilung von Trinkwasser in Europa, Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Heft 14 b, Fischer, Stuttgart 1971.
- <sup>2</sup> WHO, International Standards for drinking water, 3. Aufl., Genf 1971
- <sup>3</sup> ROGGENKAMP, K. H.: Aufkeimung bei der Mischung von Wässern im Rohrnetz, Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Heft 31, Fischer, Stuttgart 1970.
- <sup>4</sup> HARTWIG, W.: Der Kampf mit den Keimen, Neue Deliwa 2 (1968), 97.
- <sup>5</sup> ROCK, J. J.: Über das Verhalten desinfizierter Wässer in Rohrleitungen, Schriftenreihe Verein Wasser-Boden-Lufthygiene, Heft 31, Fischer, Stuttgart 1970.
- <sup>6</sup> DIETLICHER, K.: Wiederverkeimung ozonisierter Schnellfiltrate im Rohrnetz, Schriftenreihe Verein Wasser-Boden-Lufthygiene, Heft 31, Fischer, Stuttgart 1970.
- <sup>7</sup> Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Abschnitt K 5, Ausgabe Oktober 1971.
- <sup>8</sup> MÜLLER, G.: Die Salmonellen im Lebensraum einer Großstadt, Beiträge zur Hygiene und Epidemiologie, Joh. Ambr. Barth, Leipzig 19 (1965), 41.

- <sup>9</sup> MEYER, R.: Entwicklung von Nitröorganismen in aufbereiteten, gechlorten Trinkwässern mit unterschiedlichem Nährstoffangebot, Schriftenreihe Verein Wasser-Boden-Lufthygiene, Heft 31, Fischer, Stuttgart 1970.
- <sup>10</sup> GÄRTNER, A.: Die Hygiene des Wassers, Vieweg, Braunschweig 1915.
- <sup>11</sup> RUBNER, M.: Arch. Hyg. 57 (1906), 161.
- <sup>12</sup> MÜLLER, G.: Koloniezahlbestimmungen im Trinkwasser, GWF 113, 2 (1972), 53.
- <sup>13</sup> MOHRMANN, R.: Die Hannoversche Typhusepidemie im Jahre 1926. Veröfftl. Gebiete Med. Verw. Schötz, Berlin 24 (1927), 5.
- <sup>14</sup> DIN 2000, Leitsätze für die zentrale Trinkwasserversorgung, Abschn. 331, Entwurf Januar 1972.
- <sup>15</sup> Publ. Health Rep. Nr. 71, 4. Aufl., London 1969.
- <sup>16</sup> HABS, H., MÜLLER, G., SCHUBERT, R., SCHÄDLICH, V., SELENKA, F.: Die neuen Einheitsverfahren für die bakt. Wasseruntersuchung, z. Städtehygiene (1972).

# Bewertung der Korrosionsneigung von Trinkwasser aus der Sicht der öffentlichen Gesundheitspflege (Kurzfassung\*)

Von A. Grohmann

Lange bevor Umweltschutz Tagesgespräch war, war sich die Trinkwasserversorgung bewußt, daß die Schwermetalle dort bleiben mußten, wo sie hingehören, nämlich im Rohwerkstoff, bzw. wenn die Schwermetalle im Rohwasser auftreten, dann im Filter. Dieses Bewußtsein ist mit so bitteren Erfahrungen bezahlt worden, wie die der Bleivergiftungen 1888 in Dessau und 1930 in Leipzig. Leider müssen wir auch heute feststellen, daß dieses Bewußtsein einige Lücken aufweist, die insbesondere das Zink aus verzinkten Leitungen betreffen.

Verschiedene Umstände führen zu dieser Situation. Zum einen sind die Anforderungen höher geworden. Der Grenzwert für Blei ist in den europäischen WHO-Richtlinien<sup>1</sup> 0,1 mg/l, er soll aber nach der Vorschrift der Internationalen WHO-Richtlinien<sup>2</sup> 0,05 mg/l betragen. Der Grenzwert für Zink ist aus organoleptischen Gründen auf 5 mg/l festgelegt, nach einer Arbeit von Petri<sup>3</sup> ist es aber durchaus angebracht, ihn aus toxikologisch-hygienischen Gründen auf 2 mg/l festzusetzen.

Zum anderen versucht die öffentliche Gesundheitspflege traditionsgemäß, die Schwermetallaufnahme in das Wasser im Zusammenhang mit dem Begriff „überschüssige“ oder „rostschutzverhindernde“ Kohlensäure zu bringen. Es konnte in eingehenden Untersuchungen gezeigt werden, daß diese Begriffe den Tatsächlichkeiten viel zu wenig Rechnung tragen und in Wirklichkeit nicht für eine gute Bewertung der Umstände, die zu einer Korrosion führen können, ausreichen. Ich kann im Rahmen dieses Vortrages nicht auf die Einzelheiten eingehen, aber ich kann Ihnen berichten, daß die Begriffe „aggressiv, rostschutzverhindernd“ usw. aus der Literatur und aus den Analysenbögen sowie aus den Bewertungshilfen<sup>4</sup> eliminiert werden sollen und nach meiner Meinung sollte auch der Begriff „überschüssige Kohlensäure“ gleich mit eliminiert werden. Stattdessen suchen wir nach anderen, einfachen und umfassenden Bewertungshilfen, um einem bestimmten Problem Rechnung zu tragen.

Welches ist eigentlich dieses Problem? Wir nennen es Korrosion und meinen damit die Wechselwirkung des Rohwerkstoffes mit dem Wasser. Hierzu gehören drei Kriterien:

\* Vortrag wird ungekürzt veröffentlicht in Bundesges.-Bl. 16 (1973).

- a) Der metallurgische Zustand und die Zusammensetzung des Rohrwerkstoffes.
- b) Die chemische Zusammensetzung und die elektrochemischen Eigenschaften des Wassers.
- c) Die Betriebsbedingungen und die Frage nach der Wassernachbehandlung.

Es gibt keinen Grund, nicht alle drei Kriterien in den Normen und Arbeitsblättern geeigneter Fachorganisationen zu regeln. In diesem Falle hätte der Gesundheitsdienst wenig mehr zu tun, als auf die Einhaltung günstiger Kombinationen von Werkstoff, Wasser und Betriebsbedingungen zu achten. Tatsächlich kann dieser Weg beim Rohrwerkstoff und bei den Betriebsbedingungen beschritten werden, auch wenn das derzeitige Ergebnis noch nicht befriedigend ist, nicht dagegen beim Wasser. Die Situation ist heute die, daß genormtes Einheitswasser noch nicht geschaffen werden kann. Vielmehr muß sich der Gesundheitsdienst damit auseinandersetzen, daß jede Einspeisung in ein Versorgungssystem Wasser unterschiedlicher Qualität liefert, was gerade in Verbundwassersystemen zum Problem des Wassers mit zeitlich schwankender Zusammensetzung führt. Wir suchen also nach einem Bewertungsmerkmal, das zwei Bedingungen erfüllt:

Es soll einen guten Überblick über die Korrosionswahrscheinlichkeit verschaffen und

es soll sich einfach und mit einfachen Mitteln beeinflussen lassen.

Dabei interessiert uns im Zusammenhang mit der Korrosion nicht in erster Linie die Zerstörung eines Werkstoffes, sondern die mögliche maximale Konzentration an Schwermetallen im Wasser. Im Hinblick auf dieses Interesse und im Hinblick auf eine einfache Beeinflussung glauben wir, ein solches Merkmal im pH-Wert gefunden zu haben.

Gewöhnlich wird der Begriff „überschüssige Kohlensäure“ als Bewertungshilfe herangezogen; zu beachten ist aber, daß es sich hierbei um einen rechnerischen Wert zur Kennzeichnung der Kalkaggressivität des Wassers handelt, gleichwertig mit dem Begriff „Sättigungsindex“. Der Zustand der Kalksättigung (Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht) ist aber nur für die Korrosion von Eisenwerkstoffen, nicht für diejenige von Blei und Zink interessant.

Zink und Blei sind unedle Metalle, die sich vor der Auflösung in Wasser durch eine Deckschicht aus basischen Karbonatverbindungen wehren. Da Wasser kein Blei enthalten darf und gewöhnlich kein Zink enthält, verhält es sich stets und immer aggressiv gegen diese Deckschichten, bis während der Stagnation im Rohr die Zink- bzw. Bleikonzentration einen Pegel erreicht hat, bei dem das Wasser an Zink bzw. Blei gesättigt ist. Die Höhe dieser maximal möglichen Konzentration an Schwermetallen, die nur während einer Stagnation von Wasser im Kontakt mit dem metallischen Werk-

stoff erreicht werden kann, ist für die öffentliche Gesundheitspflege von Interesse und soll vorhergesagt werden können.

Ich möchte Ihnen die Situation am verzinkten Rohr erläutern, das heute weit größere Bedeutung hat als das Bleirohr. Da die Deckschicht aus Zinkkarbonat und basischem Zinkkarbonat besteht<sup>5</sup>, wird der pH-Wert und der Karbonatgehalt des Wassers von Einfluß sein.

Die obere Kurve in der Abb. zeigt die maximalen Sättigungskonzentrationen bei einem weichen Wasser, und die untere Kurve zeigt die Abhängigkeit in bezug auf ein hartes Wasser. Wir sehen, daß besonders beim weichen Wasser bei tiefem pH-Wert ganz erhebliche Zinkanteile in das Wasser übergehen können, die bei weitem den von der WHO festgesetzten Grenzwert von 5 mg/l überschreiten. Auch bei hartem Wasser ist dies der Fall, aber nicht in so hohem Maße wie beim weichen Wasser. Da also bei tiefem pH-Wert große Zinkkonzentrationen übergehen können, wird man fordern müssen, den pH-Wert zu erhöhen. Leider stoßen wir dabei auf eine technische Grenze, das ist nämlich der pH-Wert, bei dem Kalkablagerungen möglich wären.

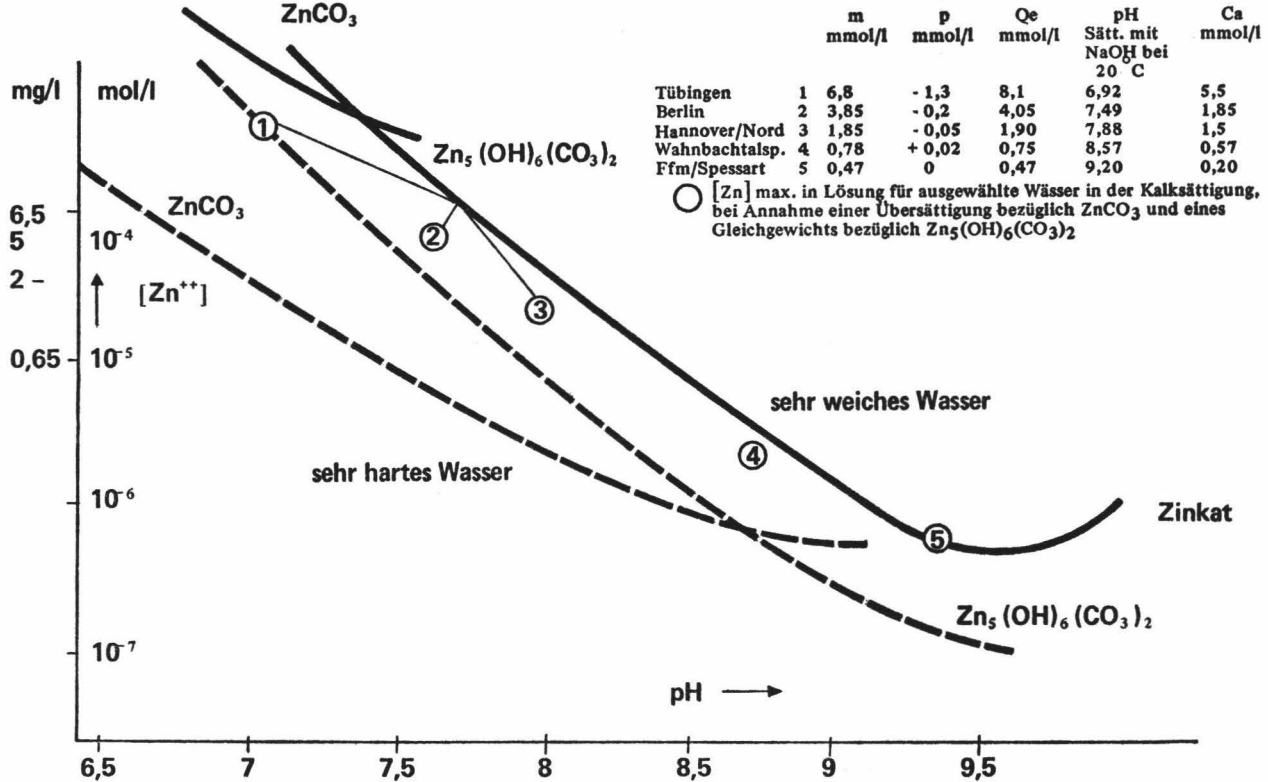
Wir sehen hier den wesentlichen Unterschied, den wir in bezug auf die bisherige Beurteilung dieses Korrosionsproblems machen. Während wir bisher die Kohlensäure als Ursache einer Zink- bzw. Bleiaufnahme zu sehen gewohnt waren, sehen wir keinen Zusammenhang mehr mit dem Gehalt an Kohlensäure im Wasser und der Zink- bzw. der Bleiaufnahme aus dem Rohrwerkstoff. Wir erkennen aber denjenigen pH-Wert, oberhalb dessen eine Kalkabscheidung möglich wird, als technisches Hindernis an, als ein Hindernis zur Erreichung günstigerer Verhältnisse. Mithin haben wir mit dem Sättigungs-pH einen Terminus technicus im Zusammenhang mit dem § 4 b des Lebensmittelgesetzes in der Fassung vom 21. Dezember 1958 zu berücksichtigen, der besagt, daß Bedarfsgegenstände — und als solche sind ja Rohre im Zusammenhang mit dem Trinkwasser anzusehen — nur Stoffe in das Trinkwasser abgeben dürfen, die technisch unvermeidbar und gesundheitlich unbedenklich sind:

Es ist technisch unvermeidbar, den pH-Wert auf einer solchen Höhe zu halten, bei der noch keine Kalkabscheidungen möglich sind.

Es ist zu prüfen, ob bei diesem pH-Wert das Wasser während der Stagnation im Rohrnetz Schwermetalle in Mengen aufnehmen kann, die gesundheitlich bedenklich sind.

Beim harten Wasser in der Abb. geht beim Sättigungs-pH, im höchsten aus technischen Gründen einzustellenden pH-Wert, gerade noch eine Menge Zink über, die als hygienisch unbedenklich angesehen wird; die Unbedenklichkeit wird von unserem Institut allerdings schon angezweifelt, weil wir glauben, daß nicht bei 5, sondern bei 2 mg/l, wenn nicht sogar tiefer, die

Prädominanzdiagramm der  $Zn^{++}$  - Sättigung nach Feitknecht und Grauer



Grenze liegen sollte<sup>3</sup>. Bei weichem Wasser ist die Situation günstiger, hier kann der pH-Wert bis 9,5 angehoben werden\*. Das ist ein pH-Wert, bei dem im Wasser bei der Stagnation nur noch eine völlig unbedenkliche maximale Zinkkonzentration erreicht werden kann.

Zusammenfassend stellen wir also fest, daß bei tiefem pH-Wert das weiche Wasser ungünstiger zu beurteilen ist als das harte Wasser, daß aber aus technischen Gründen beim weichen Wasser ein günstigerer Zustand einzustellen ist in bezug auf die maximale Zinkkonzentration, weil bei ihm viel höhere pH-Werte einstellbar sind. Das gleiche gilt auch in bezug auf die Bleiaufnahme aus Bleirohren, soweit der pH-Wert möglichst hoch, nämlich bis zum Gleichgewichts-pH-Wert in bezug auf die Kalksättigung eingestellt ist.

In der Abb. sind bewußt nicht die beiden Grenzen von 5 bzw. 2 mg/l eingezeichnet; denn die Argumentation in diesem Zusammenhang ist noch fließend, und man sollte nun in seinem Versorgungsgebiet nicht unbedingt ein Wasser verlangen, dessen Gleichgewichts-pH-Wert beispielsweise bei 7,4 oder 7,7 und höher liegt. Das Wasser sollte zwar überall einen möglichst hohen pH-Wert haben, aus technischen Gründen muß man dem Wasserwerk aber zugestehen, daß es den pH-Wert nicht über jene Grenze treibt, bei der Kalkabscheidungen möglich werden. Zur Verhinderung der Aufnahme von Schwermetallen braucht man nicht auf die Einstellung des Sättigungs-pH-Wertes zu dringen, allerdings unter der Voraussetzung, daß das Wasserwerk immer für die Pflege seines Rohrnetzes Sorge trägt und somit nicht mit Rohrbrüchen, z. B. in verseuchten Grundwassergebieten, zu rechnen ist.

Zweifelsohne erfüllt der pH-Wert als Kriterium für die Schwermetallaufnahme auch den zweiten Punkt, der vorher genannt wurde, nämlich den der leichten Beeinflußbarkeit. Mit Sicherheit läßt sich kein anderer analytischer Wert im Wasser so leicht und mit so geringem Aufwand an Kosten beeinflussen wie der pH-Wert. Die einfachste Möglichkeit hierzu besteht bekanntermaßen durch Belüftung und die Ausgasung des aktiven Bestandteiles Kohlensäure. Eine zweite Möglichkeit ist der Zuschlag basischer Stoffe, wie z. B. Kalkwasser oder Natronlauge. Auch hier sehen wir das Ergebnis nicht darin, daß durch Natronlauge die Kohlensäure abgebunden wird, sondern darin, daß der pH-Wert des Wassers erhöht wird. Daher wird empfohlen, auf die Bestimmung der Kohlensäure und auf die Angabe der überschüssigen Kohlensäure zu verzichten und vom Wasserwerk lediglich Auskunft darüber zu verlangen, warum nicht das Wasser nach abgeschlossener Aufbereitung einen pH-Wert von 8 oder höher hat. Diese Auskunft

\* Der pH 9,5 ist nach der Trinkwasser-Aufbereitungsordnung in der Fassung von 1960 der höchste pH-Wert, den ein Wasser nach abgeschlossener Aufbereitung haben darf.



kann dadurch gegeben werden, daß das Versorgungsunternehmen den Sättigungs-pH-Wert angibt, bei dessen Überschreitung eine Kalkabscheidung im Rohrnetz zu erwarten ist.

Soweit es Ihre Zeit erlaubt, können Sie aufgrund der genaueren Angaben in meiner Veröffentlichung über das gleiche Thema im Bundesgesundheitsblatt feststellen, welche maximale Zinkkonzentration in Ihrem Versorgungsgebiet zu erwarten ist, und diesen Wert mit experimentellen Befunden aus Rohren, in denen sich das Wasser 48 Stunden aufgehalten hat, vergleichen. Neubauten, die allerdings älter als ein halbes Jahr sein sollen, sind für diese Untersuchungen zu bevorzugen. Bei solchen Untersuchungen muß natürlich das erste Wasser, das aus dem Zapfhahn kommt, der Zinkbestimmung unterworfen werden. Wenn Sie gewisse Abweichungen vom Schema finden, so ist dies durchaus noch in Ordnung; denn es ist zu bedenken, daß die Zinkkorrosion von sich aus sowohl den Karbonatgehalt als auch den pH-Wert des Wassers beeinflusst und insofern während der Stagnation etwas andere Zustände erreicht werden als bei fließendem frischem Wasser. Dies gilt weniger für die geringe Zinkkonzentration bis 2 mg/l, als für die höhere Zinkkonzentration von 40, 60, oder sogar 100 mg/l.

Mit dem pH-Wert haben wir auch ein Merkmal in der Hand, um bei Verbundwassersystemen eine gute Übersicht zu bekommen. Wir haben hier im Hause diesem Thema eine eingehende Untersuchung gewidmet und ein Rechenprogramm geschaffen, das es uns erlaubt, den pH-Wert von Mischwässern bei bekannter Analyse der Ursprungswässer exakt auszurechnen<sup>6</sup>. Diese Überlegungen, die dazu führen sollen, daß die Bestimmung der überschüssigen, aggressiven oder sonstwie bezeichneten Kohlensäure eliminiert werden, finden bereits ihre Berücksichtigung bei der Neufassung der DIN 2000, der DIN 50930, die sich mit der Wechselwirkung Werkstoff/Wasser befaßt, und den Deutschen Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung, soweit sie sich auf die Aggressivität des Wassers beziehen. Insofern ist mir der Termin der Tagung „Umweltschutz und öffentlicher Gesundheitsdienst“ sehr willkommen, um auch bei Ihnen für eine rationellere Bewertung der Korrosionsneigung von Trinkwasser zu werben.

#### LITERATUR:

<sup>1</sup> Einheitliche Anforderungen an die Beschaffenheit. Untersuchung und Beurteilung von Trinkwasser in Europa: Tab. 1 und Tab. 2. WHO Genf, 2., verbesserte Auflage, nach dem englischen Text übersetzt von Gertrud Müller. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene E. V. Nr. 14 b, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1971.

- <sup>2</sup> International Standards for Drinking Water: S. 27 und S. 29, World Health Organisation (WHO), Genf, 1963.
- <sup>3</sup> PETRI, H. und GROHMANN, A.: Die gesundheitliche Bedeutung des Zinks als Umweltfaktor des Menschen speziell in der Trinkwasserversorgung. WaBoLu — Bericht 7, 1971; Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, 1 Berlin 33, Postfach.
- <sup>4</sup> Deutsche Einheitsverfahren, 3. Ausgabe, 6. Lieferung, Vf. H 7/8 und D 8. Verlag Chemie, Weinheim/Bergstr., 1971, Neufassung der DIN 50930 in Vorbereitung, Neufassung der DIN 2000, z. Z. im Gelbdruck.  
Zur Kalkaggressivität: GROHMANN, A.: Die Kohlensäure in den Deutschen Einheitsverfahren II; Vom Wasser 38 (1971), S. 97—118.
- <sup>5</sup> GRAUER, R. und FEITKNECHT, W.: Thermodynamische Grundlagen der Zinkkorrosion in carbonathaltigen Lösungen, Corrosion Science, 7 (1967), S. 629—644.
- <sup>6</sup> GROHMANN, A.: Computing Aggressivity of Mixed Waters, Journ. Amer. Water Works Association 64 (1972), S. 250—259.



# Schwermetalltoxizität

Von H. Petri

In der engen Begrenzung des Rahmenthemas „Trinkwasserversorgungsnetz“ läßt sich verständlicherweise nicht das ganze Spektrum der hygienisch-toxikologischen Probleme der Schwermetalle abhandeln, die für das Trinkwasser Bedeutung haben können. Auch um die aktuellen Fragen herauszustellen, die sich durch die verwendeten Zinküberzüge auf Stahlrohren in Hausinstallationen für das Trinkwasser jetzt ergeben haben, ist es angebracht, sich auf nur wenige Metalle zu beschränken.

An dem maßgeblichen Beispiel Zink, dessen Bedeutung auf dem Trinkwassersektor in Deutschland bisher stark vernachlässigt wurde, kann zugleich die ganze Problematik auch anderer für das Trinkwasser wesentlicher Schwermetalle erläutert werden. Hierbei rückt die sich wegen der Korrosion durch zahlreiche Wässer ergebende, weiterreichende Frage in den Vordergrund, ob oder inwieweit der Werkstoff Zink mit seinen obligaten Begleitstoffen (natürlichen Beimengungen) nach dem gegenwärtigen Stand hygienisch-toxikologischer Erkenntnisse weiterhin für Überzüge von Stahlrohren usw. zur Trinkwasserversorgung uneingeschränkt geeignet ist und ob die für den technischen Verwendungsbereich geltenden Richtlinien DIN 2444 „Zinküberzüge auf Stahlrohren“ in Verbindung mit DIN 1706 „Zink“ den Trinkwassersektor angemessen berücksichtigen.

Zu einer sachgerechten, den Anforderungen des Hygienikers und Umwelttoxikologen befriedigenden synoptischen Beurteilung muß versucht werden abzugrenzen, in welcher Relation die aufgenommenen Zinkmengen zum physiologischen Zinkbedarf des Menschen und zu der Zinkzufuhr aus den verschiedenen Umweltquellen\* insgesamt stehen.

## *Allgemeine physiologische, pathophysiologische und toxikologische Bedeutung des Zinks*

Zink ist in bestimmten Konzentrationen ein vom Menschen benötigter Mineralstoff. Bei normaler Ernährung werden dem Erwachsenen durchschnittlich etwa 10—15 mg Zn täglich zugeführt. Der Bedarf wird auf 2—10 mg Zn geschätzt, im Vorschulalter der Kinder auf 0,3 mg Zn/kg

\* Ausführliche Angaben siehe: PETRI, H. und GROHMANN, A.: Die gesundheitliche Bedeutung des Zinks als Umweltfaktor des Menschen, speziell in der Trinkwasserversorgung, WaBoLu — Bericht 7/71, Juni 1971.

Körpergewicht. Die weitaus größte Menge des durch die Nahrung zugeführten Zinks wird auf dem Darmweg — bis zu 80 bis 90 % — wieder ausgeschieden. Die Hauptexkretion nach Aufnahme und Verteilung im Körper erfolgt mit dem Pankreas- bzw. Duodenalsaft.

Zink ist in allen Körpergeweben, wenn auch in unterschiedlicher Menge, zu finden. Es hat für den Zellstoffwechsel und vor allem für den Eiweiß- und Kohlenhydratstoffwechsel Bedeutung. Bekannt ist, daß Zink bei einer Reihe von Enzymen und u. a. im Pankreas beim Insulin in Funktion tritt. Offenbar ist dieses Element im Organismus für die Fortpflanzung und für einen normalen Entwicklungs- und Wachstumsablauf wichtig. Die verschiedensten Erkrankungen des Menschen sind mit Änderungen im Blutzinkspiegel und im Zinkgehalt vieler Organe verbunden.

Ausgenommen von ernährungsphysiologischer Seite, wurde bisher meist vernachlässigt, daß ein Überangebot von Zink — ebenso wie ein Defizit — zu einer Verschiebung des biologischen Gleichgewichts der Mineralstoffe führt (Beziehungen zum Mineralstoffwechsel von Ca, Mg, P, Fe, Cu, Mo, Se usw.), wie vor allem an Tieren experimentell nachgewiesen wurde. Bei Wiederkäuern machen sich schon sehr frühzeitig Störungen in der Bakterienflora des Pansens durch Zink bemerkbar, entsprechende Einflüsse auf die Darmflora des Menschen sind anscheinend nicht untersucht. Allgemein bekannt ist beim Menschen die Wirkung der anorganischen Zinksalze als Reiz- und Ätzstoffe für die Schleimhaut des Verdauungstraktes, vor allem in akut toxischen Zinkkonzentrationen. Massive Vergiftungen beim Menschen sind in erster Linie durch Verwendung von in der BRD unzulässigen verzinkten oder aus Zink oder Zinklegierungen bestehenden Bedarfsgegenständen (Behälter, Leitungen usw.), z. B. für Aufbewahrung und Transport säurehaltiger oder leicht säuernder Lebensmittel (insbesondere Getränke), verursacht worden.

Die meisten früheren Untersuchungsergebnisse von manifesten, unschwer diagnostizierbaren Intoxikationsformen an Tieren haben sich erst nach Zufuhr relativ hoher Zinkmengen eingestellt. Es wirkten aber etwa 35—60 mg Zn/kg Körpergewicht (KG) im subchronischen Versuch an Kaninchen und Mäusen bei oraler Applikation bereits nach kurzer Zeit letal.

Nach neuen Ergebnissen von Versuchen an wachsenden Ratten, bei denen Verwertbarkeit des Futters (Eiweißausnutzung) und Zunahme des Körpergewichts sowie als subtilere Kriterien die Wirkung auf verschiedene Leberenzyme (Succinatdehydrogenase, GOT, GPT, Aldolase, Phosphatase) und der Sauerstoffverbrauch des Lebergewebes kontrolliert und beurteilt wurden, sollen bei gleichzeitigem Vorliegen von Cu, Pb und As in anteiligen Mengen, die einem regulären Futter entsprechen, pathophysiologische Veränderungen oberhalb von 35 ppm Zn auftreten. Der Wert 35 ppm wird als

obere Grenze einer physiologisch vertretbaren Zinkaufnahme angesehen, und es wird eine Reduzierung der Metallmengen in der Nahrung empfohlen.

Teratogene Wirkungen zeigt Zink selbst nur sehr schwach (in relativ hohen Konzentrationen). Einflüsse im embryotoxischen bzw. teratogenen Bereich waren auf andere chemische Stoffe erst mit hohen Zinkkonzentrationen am Versuchstier nachzuweisen.

### *Rolle des Zinks bei Tumoren*

In den Tierversuchen des Finnen *Halme*, der Mäusen per os Zinkchlorid in Konzentrationen von 10 bis 200 mg Zn/l lebenslang mit dem Tränkwasser zuführte, traten unter etwa 540 tumorresistenten Mäusen eines Hausstammes im zweiten und dritten Lebensjahr eine größere Anzahl unterschiedlicher Tumoren auf. Während in der  $F_0$ -Generation unter 368 Mäusen die Tumorfrequenz nur etwa 0,8 % betrug, erhöhte sich die Tumorrage bei den im Versuchsverlauf geborenen 175 Mäusen in der  $F_1$ -Generation auf etwa 2,5 % und stieg in den folgenden Generationen weiter, in der  $F_3$ - $F_4$ -Generation auf etwa 26 %. Neben einigen gutartigen Tumoren entwickelten sich hierbei großenteils auch bösartige Tumoren epithelialer und mesenchymaler Herkunft, wie Karzinome und Sarkome. Die Induktionszeit der Tumoren wurde außerdem in den Generationen  $F_3$ — $F_4$  deutlich kürzer.

Als Zinkdosis, die insgesamt die stärkste tumorinduzierende, konzerogene Wirkung in den Mäuseversuchen aufwies, gibt *Halme* 10—20 mg Zn/l Tränkwasser an.

In bezug auf die genannten und weiteren Versuche, die alle ausschließlich an Mäusen vorgenommen wurden, ist festzustellen, daß die vorliegenden Daten für eine statistische Signifikanz vorerst noch nicht ausreichend gesichert sind.

Ein gewisser Hinweis für die mögliche Bedeutung des Zinks als Cofaktor bei der Krebsinduktion liegt allerdings noch in anderer Hinsicht vor. Aufgrund epidemiologischer Untersuchungen, z. B. von *Stocks* und *Davies* (1964) in Großbritannien, wurde ein statistischer Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Magenkrebs beim Menschen und einem erhöhten Wert des Zink/Kupfer-Verhältnis von Erdböden gefunden, in denen Gemüse (Kartoffeln zum Eigenverbrauch) angebaut wurden.

Die hauptsächliche Quelle der Zinkzufuhr für den Menschen stellen normalerweise die Lebensmittel dar, abgesehen von Trinkwasser mit einem überhöhten Zinkgehalt. Relativ zinkreich unter den Grundnahrungsmitteln sind vorwiegend Getreideprodukte (bis 14 mg—%). Auffallend hohe Zinkmengen kommen in Austern vor.

*Auftreten von Zink und Begleitstoffen im Trinkwasser  
und gesundheitliche Auswirkungen*

Mehrere Vergiftungsausbrüche sind darauf zurückgeführt worden, daß das von Dächern mit verzinktem Eisenblech gesammelte oder in entsprechende Tanks gespeicherte weiche Regenwasser getrunken wurde. Trinkwasserreservoirs aus verzinktem Eisenblech sind schon vor längerer Zeit von der französischen Regierung für die Marine verboten worden.

Die Verwendung von Wasser, das relativ hohe Konzentrationen Zink enthält, soll nach *Negus* u. a. bedenklich sein, weil sich z. B. bei der Zubereitung saurer Erfrischungsgetränke giftige organische Zinkverbindungen zu bilden vermögen.

Bei Rindern kam es nach *Pickup*, *Worden* und *Bunyan* durch Tränkwasser mit einer Konzentration von 6 bis 8 mg Zn/l und Spuren von Kupfer (0,06 und 0,4 mg/l) zu Verdauungsbeschwerden (chronische Obstipation usw.) und zu nachlassender Milchleistung. Auslösende Ursache für die erhöhten Zinkwerte war eine Verbindung von Kupferleitungen in Hof und Stall mit einem Wassertank aus verzinktem Eisen. Nachdem der Wassertank einen Bitumenanstrich erhalten hatte, stellten sich keine Erkrankungsfälle mehr ein.

Anscheinend können beim Menschen durch Zusammentreffen bestimmter Faktoren schon in Konzentrationen über 50 mg Zn/l Trinkwasser akute Gesundheitsstörungen ausgelöst werden, während bei chronischer Zufuhr zinkhaltigen Trinkwassers ungünstigenfalls bereits von etwa 25 bis 30 mg Zn/l an manifeste gesundheitlich nachteilige Auswirkungen auftreten sollen.

Als weitere Kriterien für die Bewertung der Genußtauglichkeit des zinkhaltigen Trinkwassers sind noch das Aussehen und die organoleptische Wirkung maßgebend.

Die untere Trübungsgrenze wird von *Höll* und anderen mit etwa 2 mg Zn/l angegeben, abhängig von der Wasserhärte.

Die hauptsächlich interessierenden Zinksalze weisen alle einen mehr oder weniger abstoßenden und adstringierenden bzw. metallischen bitteren Geschmack oberhalb der Schwellenkonzentration auf, der noch einige Zeit nachwirkt.

Die niedrigsten Geschmackswellenwerte für Zink, die mit moderner Analytik in der Nachkriegszeit an einer Reihe von Testpersonen bestimmt worden sind, liegen bei 2 mg Zn/l in Trinkwasser mittlerer Härte von etwa 10° dH.

Die vorliegenden Daten sprechen somit offensichtlich dafür, daß ein Trinkwasser bereits mit einem Zinkgehalt über 2 mg Zn/l wegen seiner

äußeren Beschaffenheit (einschließlich der geschmacklichen Veränderung) nicht generell als einwandfrei, sondern ggf. als mehr oder weniger abstoßend, unappetitlich bzw. genußuntauglich anzusehen ist.

Nach den bisher geltenden Anforderungen in der Norm DIN 2444 „Zinküberzüge auf Stahlrohren“ ist für die Verzinkung der Rohre Hüttenzink mit mindestens 98,5 % Reinheitsgrad zu verwenden. Gemäß DIN 1706 „Zink“ darf Hüttenzink Zn 98,5 an zulässigen Beimengen enthalten:

	Gew.-% Zn 98,5	bei max. zulässiger Konz. von 5 mg Zn/l TW	zum Vergleich: max. zulässige Konz. im Trinkwasser
Blei	1,4	$\triangleq$ 0,07 mg/l	0,05 mg Pb/l
Kadmium	0,2	$\triangleq$ 0,01 mg/l	0,01 mg Cd/l

Reinheitsanforderungen hinsichtlich anderer technischer Verunreinigungen des Zinks, wie Arsen, Antimon, Kupfer, Zinn, werden für Hüttenzink Zn 98,5 nach DIN 1706 nicht gestellt.

Außer den durch Korrosion in Trinkwasserleitungsrohren entstehenden Zinkverbindungen sind bei der bisherigen (Grenzwert-)Konzentration von 5 mg Zn/l z. B. für Blei ein Wert von 0,07 mg Pb/l Trinkwasser bei 1,4 % Pb-Beimengung zur Zinkschicht und für Kadmium ein Wert von 0,01 mg Cd/l Trinkwasser bei 0,2 % Cd-Beimengung zur Zinkschicht zu erwarten. Die maximal zulässigen Konzentrationen für Trinkwasser betragen 0,05 mg Pb/l und 0,01 mg Cd/l.

Das würde also bedeuten, daß ein korrosionsbedingter Zinkgehalt von 5 mg/l mit einer über dem zulässigen Wert liegenden Bleimenge im Trinkwasser zwangsläufig verbunden ist. Bei höheren Zinkkonzentrationen im Trinkwasser — wie sie häufig gefunden werden — steigt der Bleiwert proportional an, und auch die zulässige Kadmiumkonzentration wird dann überschritten. Entsprechendes gilt ggf. für Arsen (z. Z. zulässiger Grenzwert im Trinkwasser 0,05 mg As/l).

Unter Berücksichtigung des nach toxikologischen Gesichtspunkten ermittelten Richtwertes von 0,35 mg Zn/l Trinkwasser, der sich bei Umrechnung aus der zuvor genannten, oberen physiologisch vertretbaren Menge von 35 ppm in der Nahrung und Einsetzen eines Sicherheitsfaktors von 100 ergibt, ist zumindest ein Wert von 2 mg Zn/l Trinkwasser, der nach der gegenwärtigen Kenntnis offenbar die obere Grenze für einwandfreie Trinkwasserqualität — einschließlich der äußeren Beschaffenheit (Aussehen und Geschmack) — darstellt, bis auf weiteres als neuer Grenzwert zu fordern.



*Gesamtdiskussion  
der Wirkungen der besprochenen Schwermetalle*

Ein gewichtiger Faktor ist bei den oben angeführten und auch bei anderen Zinkversuchen im Tierexperiment, die zur Beurteilung der Toxizität des Zinks und zur Festlegung von Grenzwerten herangezogen wurden, offenbar nicht genügend beachtet worden: die Prüfung auf Verunreinigungen des im Versuch verwendeten Zinks. Während Blei in jedem Falle als körperfremdes toxisches Element angesehen wird, ist noch nicht geklärt, ob oder inwieweit der Säugetierorganismus unter Umständen Kadmium als Spurenelement benötigt. Über die in weiten Bereichen stark toxischen Eigenschaften des Kadmiums bestehen allerdings keine Zweifel.

Im Hinblick auf die gerade in letzter Zeit stärker diskutierte Gefährdung durch langfristige Einwirkung niedriger Bleikonzentrationen muß neben der Speicherung des Bleis vorwiegend in Knochen einerseits auf die (häufig maskierten) Störungen bzw. Schädigungen des Zentralnervensystems hingewiesen werden, die sich vor allem bei dem besonders anfälligen Gehirn von Kindern eher auswirken können. Andererseits ist die neuerdings auch stärker herausgestellte Hemmung der Spermiogenese — schon durch Bleikonzentrationen unter 0,1 mg/l — von besonderer Tragweite. Die Verwendung von Bleirohren für Trinkwasserleitungen ist aus toxikologischen Gründen heute nicht mehr vertretbar.

Kadmium führt namentlich bei längerer Aufnahme zu einer Akkumulation in weichen Körpergeweben. In der Leber werden noch durch sehr geringe Cd-Mengen in den Mitochondrien der Leberzellen so wichtige Stoffwechselvorgänge wie die oxydative Phosphorylierung gehemmt. In Verbindung mit der Cd-Kumulation in der Niere wird angenommen, daß schon das Vorhandensein sehr kleiner Cd-Mengen in der Niere verantwortlich ist für schädliche Veränderungen in den Nierenarterien. Unter anderem von Schröder wird das infolge Korrosion in verzinkten Leitungsrohren durch Trinkwasser mit geringem Härtegrad freiwerdende Kadmium als ein Schlüsselfaktor in der Pathogenese von Arteriosklerose und (nephrogener) Hypertonie angesehen.

Über die Eigentoxizität von Zink und dessen Begleitelementen hinaus sind zur Bewertung der pathophysiologischen Gesamtwirkung auch die Wechsel- bzw. Kombinationswirkungen zwischen Zink und den anderen Metallionen und Mineralstoffen mit einzubeziehen. Beispielsweise ist Kadmium in bestimmten Konzentrationsbereichen ein Antagonist des Zinks, welches mit Zink in verschiedenen coenzymatischen Prozessen konkurriert und u. a. Einfluß auf die Fettstoffwechsel nimmt. In niedrigen oralen Kon-

zentrationen wird durch Zink nur bei einigen enzymatischen Prozessen die hemmende Wirkung des Kadmium aufgehoben. Des weiteren besteht eine Wechselbeziehung zwischen Zink und Blei. Zink erhöht die Bleispeicherung, umgekehrt setzt Blei die Zinkspeicherung herab. In der Niere vermehrt Zink ferner den Arsengehalt. Bei der komplexen Wechselwirkung von Cd und Zn in der Nahrung spielt Cu offenbar eine nicht unwesentliche Rolle.

In der Gesamtbilanz ist der Genuß von Trinkwasser allein mit den darin enthaltenden chemischen Stoffen offensichtlich toxikologisch anders — meist ungünstiger — zu bewerten als die Aufnahme zusammen mit verschiedenen, inaktivierend wirkenden Bestandteilen der Nahrungsmittel.

Abschließend bleibt also festzustellen, wie bereits aus dem zuvor dargelegten, begrenzten Ausschnitt zu ersehen ist, daß die Fragen über Schwermetalle in Grundlebensmitteln wie Trinkwasser auch im Hinblick auf die Hausinstallation noch heute oder gerade heute wieder unserer speziellen Aufmerksamkeit bedürfen.

*Anschrift: Wissenschaftl. Direktor Dr. med. H. Petri, Berlin 33, Corrensplatz 1*



# Bakteriologische Probleme der Trinkwassernachbehandlung

Von Gertrud Müller

Als eine der Möglichkeiten für die Entstehung von Koloniezahlerhöhungen im Wasserverteilungssystem muß die Installation von Trinkwassernachbehandlungsanlagen in das Wasserversorgungssystem nach der Wasseruhr angesehen werden<sup>1, 2</sup>. Dabei kann es sich um Filter, die zur Zurückhaltung von Bakterien, Trübungen oder chemischen Wasserinhaltsstoffen dienen, oder um Apparate handeln, die aktiv zu einer Verbesserung oder Veränderung der chemischen Wasserqualität beitragen sollen, wie etwa Phosphatdosierungsanlagen oder Ionenaustauscher zur Enthärtung des Trinkwassers. Daß Filter, unabhängig vom verwendeten Material (z. B. Kieselgur — Polyesterol — Asbest — Aktivkohle — gesilberte A-Kohle usw.), nur bei ständiger und ordnungsgemäßer Wartung Bakterien eliminieren, ist bekannt<sup>3</sup>. In den meisten Fällen tragen sie durch gleichfalls zurückgehaltene Nährstoffe, die zum Teil auch aus den gestorbenen, zunächst zurückgehaltenen Artgenossen bestehen, zu einer Bakterienvermehrung bei. Bekannt ist auch, daß bei Druckschwankungen Rückflüsse möglich sind und damit eine Beeinflussung des übrigen Rohrnetzes auftreten kann.

Phosphatzugabegeräte im einzelnen Hause sollen verhindern, daß sich in Warmwasserleitungen und Warmwassergeräten Kalk absetzt oder daß Korrosionen auftreten. Dagegen ist vom bakteriologischen Standpunkt aus solange nichts einzuwenden, wie die Wassertemperatur in den betreffenden Versorgungssystemen ständig auf mindestens 60° C gehalten wird. Sinkt die Temperatur längere Zeit hindurch merklich, erfolgt die Entnahme nur stoßweise oder wird nach der Wasseruhr Kaltwasser kontinuierlich mit Phosphat behandelt, so kann es zu sehr starken Keimvermehrungen kommen, besonders dann, wenn neben dem zugeführten „Dungstoff“ Phosphat auch noch geringe Mengen von Nitrat im Wasser vorhanden sind. So konnten bei einer laufend über einen Zeitraum von 14 Wochen geprüften Phosphatdosieranlage in einem Warmwasserversorgungssystem, das allerdings oft nur Wassertemperaturen um 30° C aufwies, im Gegensatz zum eingespeisten Leitungswasser, das stets Koloniezahlen unter 10 im ml hatte, während des gesamten Beobachtungszeitraumes 4- bis 5stellige Koloniezahlen ermittelt werden, die außerdem zu einem hohen Anteil aus gelatineverflüssigenden, fluoreszierenden Pseudomonaden bestanden.

In der Bundesrepublik wurden 1969 etwa 60 000 Phosphatdosiergeräte für den Hausgebrauch verkauft. Außerdem sind in deutschen Haushalten bereits 50 000 Ionenaustauscher installiert, und man rechnet mit einer jährlichen Zuwachsrate von 20 000 Stück<sup>4</sup>.

Im Gegensatz zu Phosphatdosieranlagen wird durch einen Ionenaustauscher eine echte Enthärtung des Wassers erreicht. Dabei macht die Anwendung von Trinkwassernachbehandlungsanlagen auf der Basis des Ionenaustausches als Kleinanlage, d. h. als Haushaltsanlage, nur einen Bruchteil des Gesamtkomplexes der Möglichkeiten zur Anwendung von Ionenaustauschern aus (z. B. Kesselspeisewasserbereitung, Enthärtung für Brauchwasser, Abwasserreinigung<sup>5</sup>, Anwendung in der Pharmazie<sup>6</sup> und im Krankenhausbereich<sup>7</sup> usw.). Abgesehen von den beiden letztgenannten Anwendungsgebieten spielen bakteriologische Probleme in der Regel kaum eine Rolle.

Nach der Wasseruhr in die Hausversorgung installierte Ionenaustauscher, die sich in der Regel der amtsärztlichen Kontrolle entziehen und für deren Überwachung ein Zuständigkeitsbereich schwer zu finden ist, werden daher zu einem echten hygienischen Problem, und zwar aus folgenden Gründen:

1. Wie sind durch solche Anlagen induzierte Koloniezahlerhöhungen im Trinkwasser des öffentlichen Versorgungsnetzes zu beurteilen?
2. Wie können diese Bakterienanreicherungen vermieden werden?
3. Welche Möglichkeiten bieten sich an, solche Anlagen laufend zu überwachen?

Die deutsche Wasserversorgung bemüht sich, durch z. T. immer schwieriger und kostspieliger werdende Aufbereitungsmaßnahmen ein bakteriologisch einwandfreies Wasser in das Versorgungsnetz einzuspeisen, und es besteht eigentlich kein Grund, dieses Trinkwasser, noch dazu beim Konsumenten, in einen Zustand zu versetzen, der nach der herkömmlichen Meinung als nicht mehr bakteriologisch einwandfrei zu betrachten ist. Aus laufenden Kontrollen von Anlagen, wie sie z. B. in Lebensmittelgroßbetrieben zur Herstellung von weichem Brauchwasser verwendet werden, ist seit Jahren bekannt, daß die Abläufe nur bei sorgfältigster Pflege bakteriologisch einwandfrei sind, und daß nicht nur erhöhte Koloniezahlen, sondern — je nach der Rohwasserqualität und der Beschaffenheit des Rohrsystems — auch Fäkalbakterien im Ablauf beobachtet werden können.

Die Ursache liegt einmal in der Tatsache, daß der Ionenaustauscher wie jedes Filter eine Adsorptionskraft auf Bakterien ausübt, d. h. da Wasser nicht keimfrei im Sinne von steril ist, die wenigen im Wasser vorhandenen Keime auf der Harzoberfläche zurückgehalten werden. Dort haben sie theoretisch die Möglichkeit, sich über einige Zeit zu konservieren, abzustarben oder sich zu vermehren; wobei die Nährstoffe für die Vermehrung aus dem Wasser, z. T. durch gleichfalls angereicherte organische Inhalts-

stoffe, aus abgestorbenen Artgenossen oder aber aus Harzbestandteilen geliefert werden könnten. Letzteres würde voraussetzen, daß sich das Harz nicht indifferent verhält, sondern durch das Wasser oder durch die Bakterien angreifbar ist.

Unsere bisher durchgeführten Untersuchungen hatten drei Fragestellungen:

1. Wie verhalten sich die im Trinkwasser vorkommenden und für die hygienische Beurteilung eines Trinkwassers herangezogenen Bakterien im Wasser bei gleichzeitiger Anwesenheit von verschiedenen Austauschharzen?
2. Wie verhalten sie sich in einem in Betrieb befindlichen Austauscher?
3. Besteht tatsächlich die Möglichkeit, daß Harzsubstanz als Nährstoffquelle für Bakterien dienen kann?

Während die zu den Punkten 1 und 3 durchgeführten Untersuchungen getrennten Veröffentlichungen vorbehalten bleiben sollen, soll hier nur kurz zu Frage 2 „Wie verhalten sich Bakterien in einem in Betrieb befindlichen Austauscher“ auszugsweise Stellung genommen werden.

Dazu wurde ein mit einem schwach sauren Kationenaustauscherharz beschickter, betriebsfertig gelieferter und installierter Ionenaustauscher untersucht, d. h. er befand sich in einem Zustand, wie er auch im Haushalt oder Wohnhaus in das Trinkwassernetz installiert worden wäre. Der Austauscher wurde Tag und Nacht kontinuierlich in Betrieb gehalten und der Ablauf zunächst stündlich, später dreimal täglich untersucht. Dabei konnten über eine Betriebszeit von 60 Tagen Colibakterien oder andere Fäkalindikatoren nicht nachgewiesen werden, während sich die Koloniezahlen im ml, wie in der Abbildung auf Seite 104 wiedergegeben, verhielten.

In der Abbildung sind die logarithmisch aufgetragenen, bei den einzelnen Entnahmen ermittelten Koloniezahlen wiedergegeben. Während sich die Zahlen bei Leitungswasser aus dem Zapfhahn, d. h. vor dem Austauscher, stets unter 10 bewegten, zeigte der Ablauf des Austauschers sofort nach Inbetriebnahme Koloniezahlen zwischen über 100 im ml und in der Regel von 10 000 bis 100 000 im ml.

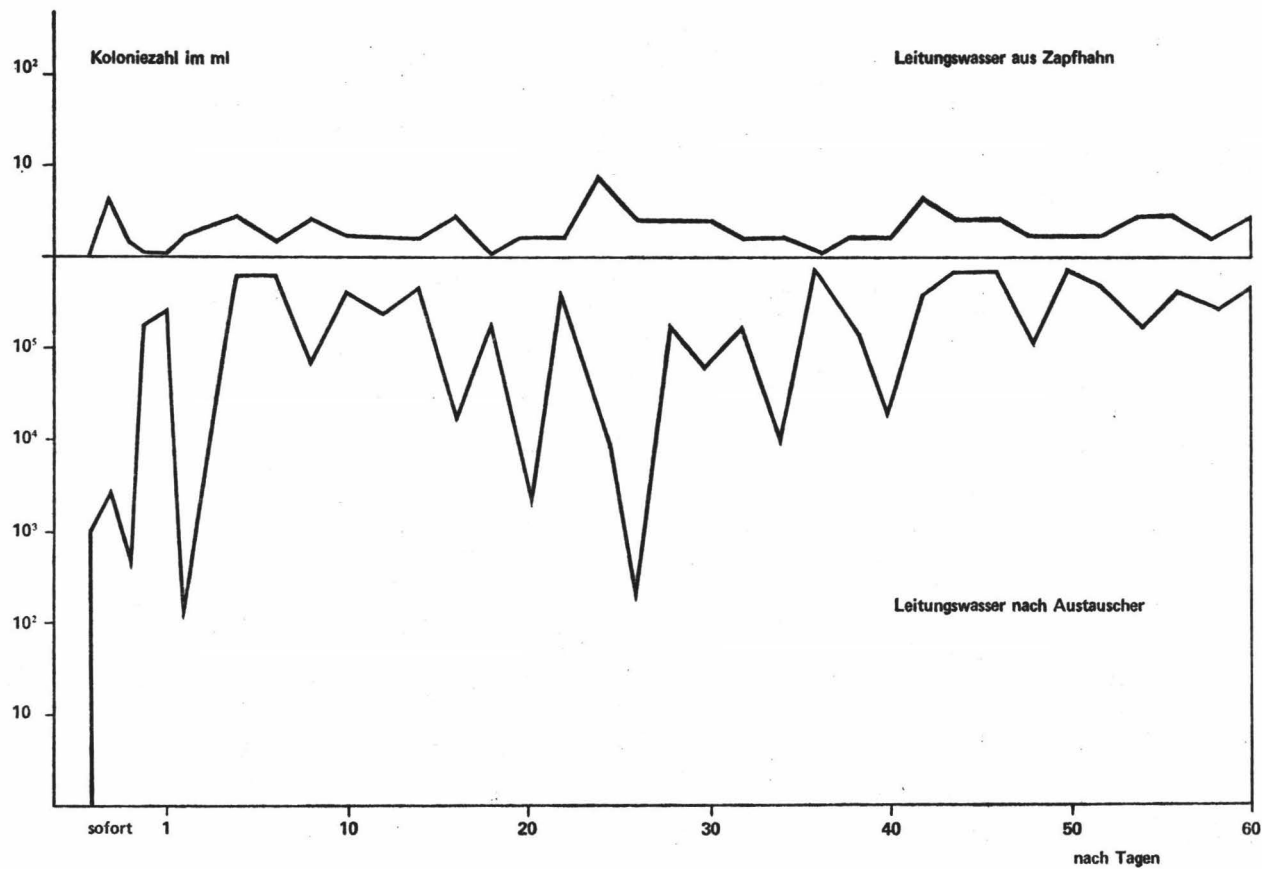
Nach Regeneration und Desinfektion des Austauschers wurde dieser im Zulauf mit einer einmaligen Zugabe von 500 ml städtischem Abwasser beschickt. Das Abwasser hatte etwa folgende bakteriologische Zusammensetzung:

Koloniezahl im ml: 7 Mio

(Kiebo, 2 Tage Bebrütung,  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , Abschn. K 5 DEV)

E.coli-Keimzahl im ml: 300 000

(Membranfiltration,  $37^\circ\text{C}$ ,  $20 \pm 2\text{ h}$ , Endoagar, Differenzierung nach Abschn. K 6 DEV)<sup>8</sup> entsprechend einem Colititer von  $10^{-6}$



Keimzahl an sulfitreduzierenden Anaerobiern (Nachweis nach der Methode *Papavassilou und Wegener* unter Verwendung von Membranfiltern für Phagen und größere Viren)<sup>9</sup>: 25 000 im ml.

Die Ergebnisse sind in der Tabelle dargestellt. Daraus geht hervor, daß bei einem Durchfluß von 1,2 m<sup>3</sup>/h, d. h. bei einem Gesamtdurchfluß von 1000 m<sup>3</sup> während der Untersuchungszeit, diese geringe Abwassermenge in der Lage ist, den Austauscher wochenlang zu verunreinigen und daß noch nach 5 Wochen ein bakteriologisch nicht einwandfreier Ablauf resultiert, obgleich die Verunreinigung nur einmal erfolgte und die Verunreinigungsmenge im Verhältnis zur Durchlaufmenge 1 : 5 · 10<sup>6</sup> betrug, also minimal war. Der Austauscher ist also nicht in der Lage, sich, wenn er einmal mit Bakterien behaftet ist, selbst wieder zu reinigen. Dem könnte man entgegenhalten, daß es nicht üblich ist, einen Austauscher solange ohne Zwischenbehandlung (Regeneration, Desinfektion) in Betrieb zu halten. Wäre dieser

*Einmalige Beschickung mit 500 ml Rohabwasser  
Durchfluß: 1,2 m<sup>3</sup>/h*

Entnahme	Koloniezahl im ml	E.coli-Keimzahl in 100 ml	Keimzahl an sulfit- reduzierenden Anaerobiern in 100 ml
vor Beschickung	1	0	0
nach: 1'	54 000	36 000	22 000
30'	25	500	27
5 h	15	100	0
24 h	6	9	4
2 T	64	11	1
3 T	1 200	120	8
7 T	84	8	1
8 T	15	2	0
9 T	6	1	0
10 T	40	0	0
14 T	7	8	0
21 T	15	1	0
28 T	26	7	0
5 Woch.	5	1	0

Gesamtdurchfluß: etwa 1000 m<sup>3</sup>



Austauscher im Wasserwerksbereich direkt oder in einem Industriebetrieb mit technisch geschultem Personal installiert, bestände dieser Einwand zu Recht. Aber nach eigenen Erfahrungen sind manche dieser nicht automatisierten Kleinanlagen im häuslichen Bereich installiert, ohne daß der Besitzer oder der Benutzer etwas davon weiß oder ohne daß man sich um die regelmäßige Wartung kümmert. Die veränderte Wasserqualität kommt dem Benutzer in den seltensten Fällen optisch zum Bewußtsein, so daß schon aus diesem Grunde kein Anlaß besteht, tätig zu werden.

Deswegen sind Untersuchungen an vollautomatischen Kleinanlagen in Angriff genommen worden, über deren Ergebnis nach Abschluß berichtet werden wird.

#### LITERATUR:

- <sup>1</sup> MÜLLER, G.: Ionenaustauscher als hygienisch-bakteriologisches Problem, Bundesgesundh.Bl. 14 (1971), H. 1/2, S. 1.
- <sup>2</sup> MÜLLER, G.: Zur Beurteilung von Koloniezahlerhöhungen im Wasserverteilungssystem, Das öffentl. Ges.-Wesen 34 (1972), S. 380.
- <sup>3</sup> MÜLLER, G.: Grundlagen und Probleme der Trinkwasserdesinfektion, Bundesgesundh.Bl. 12 (1969), S. 245.
- <sup>4</sup> Chemische Wasseraufbereitung, Zschr. Warentest 2 (1972), S. 77.
- <sup>5</sup> MALZ, F.: Chemie und Technologie der weitergehenden Abwasserreinigung, Vom Wasser 38 (1971), S. 321.
- <sup>6</sup> BRANTNER, H.: Über die Pyrogenhaltigkeit von demineralisiertem Wasser, Z. Bakt. I, O. A., 208 (1968), S. 452.
- <sup>7</sup> CARLSON, S., und HASSELBARTH, U.: Wasseraufbereitung für die Haemodialyse, Bundesgesundh.Bl. 14 (1971), H. 18, S. 256.
- <sup>8</sup> Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Verlag Chemie, Weinheim, Bergstraße, 1961. Abschn. K. 5 u. K. 6, Ausgabe Okt. 1971.
- <sup>9</sup> PAPAVALASSIOU, I., und WEGENER, K. H.: Membranfiltermethode zum Nachweis sulfitreduzierender Clostridien in Wasser, Zbl. Bakt. I, Orig. A., 167 (1957), S. 383.

*Anschrift: Dir. u. Prof. Dr. Gertrud Müller, Berlin 33, Corrensplatz 1.*

# Anwendung der Verbandsregeln für Bäderbau und Bäderbetrieb bei der Überwachung von Beckenschwimmbädern

Von U. Hässelbarth

Jeder Besucher eines Schwimmbades kann rechtlich erwarten, daß er sich dort keiner Gefahr einer Beeinträchtigung oder Schädigung seiner Gesundheit aussetzt. Dieses Recht ist gesetzlich verankert, von allen anerkannt und wird als so selbstverständlich angesehen, daß es im Vertrauen auf die Schwimmbadwasseraufbereitung und Desinfektion fast in Vergessenheit geraten ist. Bei näherer Betrachtung muß man leider feststellen, daß das Vertrauen in die Technik der Schwimmbadwasseraufbereitung sehr häufig nicht gerechtfertigt ist und Schwimmbaden durchaus eine leichtsinnige risikoreiche Handlung darstellen kann.

Auf Grund unserer heutigen epidemiologischen Erkenntnisse über die Gefährdung der menschlichen Gesundheit beim Schwimmbaden und der hygienischen Maßnahmen zur Verhütung einer derartigen Gefährdung sowie unserer Fähigkeit, technische Einrichtungen den Erfordernissen anzupassen, ist es zweifellos möglich, ein Schwimmbadwasser zu schaffen, das den gesetzlichen Bestimmungen und den Erwartungen des Schwimmbadbesuchers gerecht wird. Diese Feststellung klingt wiederum sehr einfach und führt zu der Annahme, daß Bau und Betrieb eines Schwimmbades problemlos sind, weil die Technik — so steht es jedenfalls in Firmenprospekten — sämtliche Schwierigkeiten gelöst hat. Bei der Untersuchung von Schwimmbädern, dem Studium der Literatur und einschlägigen Verordnungen, Richtlinien oder Regeln erkennt man, einem Irrtum erlegen zu sein.

Um die hygienischen Forderungen zu erfüllen, sind verschiedene technische Verfahren entwickelt worden, deren Brauchbarkeit oft sehr schwer zu beurteilen ist, weil umfangreiche systematische Untersuchungen im allgemeinen fehlen. Ein weiterer Nachteil ist, daß während des Betriebes auftretende Abweichungen von den sich aus den hygienischen Forderungen ergebenden Sollwerten meistens durch die Überwachung nur mit erheblicher, oftmals bereits bedenklicher Verzögerung bemerkt werden, weil die hierzu notwendigen Untersuchungen sporadisch erfolgen. Bekanntgewordenen Mißständen versuchte man bisher durch Erhöhen der Chlorzugabe zu begegnen. Diese Maßnahme ist unter Umständen wenig erfolgversprechend, weil die Desinfektionswirkung des Chlors nicht allein von der Chlormenge abhängt, wie wir es nachweisen konnten.

Der Bau von Schwimmbädern war bis etwa vor einem Jahrzehnt ein mehr oder weniger wirtschaftlich uninteressanter Sektor. Planung und Bauausführung blieb fast ausschließlich regional ansässigen Unternehmen vorbehalten, die sich redlich bemühten, die anstehenden technischen Probleme zu lösen. Überwiegend verwendete man Kenngrößen aus der Trinkwasseraufbereitung, weil entsprechende Angaben für Schwimmbäder praktisch nicht vorlagen. Da die Besucherzahl der meisten dieser Schwimmbäder klein war, reichten im allgemeinen ihre technischen Anlagen aus, um den hygienischen Belangen gerecht zu werden. Es ist deshalb verständlich, daß sich Verordnungen und Normen über Schwimmbäder lediglich darauf beschränkten, hygienische Forderungen kundzutun.

Durch die zunehmende Freizeit und Propagierung des Schwimmbades als gesunderhaltende Selbsthilfe, wurde in weiten Bevölkerungskreisen der Wunsch nach Schwimmbädern wachgerufen. Unterstützt durch die Empfehlungen des „Goldenen Plans“ setzte in den letzten Jahren im Schwimmbadbau eine Entwicklung ein, die nicht vorausgeahnt werden konnte. Infolge fehlender technischer Richtlinien wurden viele Schwimmbäder errichtet, deren technische Anlagen zur Aufbereitung des Wassers nicht der Besucherzahl angepaßt sind. Die Folge hiervon ist, daß eine große Anzahl der Schwimmbäder zumindest bei hoher Besucherfrequenz keine hygienisch einwandfreie Wasserbeschaffenheit aufweist und eine Gefahrenquelle darstellt. Diese Tatsache ist leider den verantwortlichen Gesundheitsbehörden nicht bekannt, weil die Probeentnahmen für bakteriologische und chemische Untersuchungen vorwiegend zu einer Zeit erfolgen, wo das Schwimmbad keine hohe Belastung aufweist.

Im Interesse der öffentlichen Gesundheitsvorsorge war es deshalb notwendig, Richtlinien für den Bau und Betrieb von Schwimmbädern zu schaffen, die die technischen Voraussetzungen festlegen, damit eine hygienisch einwandfreie Wasserbeschaffenheit während der gesamten Betriebszeit eines Schwimmbades garantiert werden kann.

In dieser Ansicht haben die Deutsche Gesellschaft für das Badewesen, der Deutsche Schwimmverband und der Deutsche Sportbund ein Gremium von Fachleuten gebeten, aus den in der Literatur mitgeteilten Werten und ihren eigenen Erfahrungen Richtlinien für den Bäderbau und den Bäderbetrieb zu erarbeiten, mit deren Hilfe ein stets beanstandungsfreier Betrieb eines Schwimmbades sichergestellt werden kann. Die Beratungen konnten im Frühjahr abgeschlossen und ihr Ergebnis im Sommer dieses Jahres veröffentlicht werden.

Die insgesamt 8 Punkte und eine Anzahl von Anlagen umfassenden Richtlinien erscheinen auf den ersten Blick äußerst kompliziert und unübersichtlich. Dieser Eindruck täuscht. Grenzwerte werden grundsätzlich nur

dann angegeben, wenn deren Einhaltung für die Durchführung eines beanstandungsfreien Betriebes eines Schwimmbades unbedingt erforderlich ist.

Die bekannten seuchen- und allgemeinhygienischen Anforderungen an Schwimmbadewasser, die der Hauptgegenstand der Empfehlungen des BMGes vom 14. Januar 1964 zur Verbreitung von Virusinfektionen als Gruppenerkrankungen nach dem Baden in Hallenbädern sind, findet man unter den Anforderungen an das Füllwasser (1.111) und den Anforderungen an das Beckenwasser (1.113). Hierbei wurden die bakteriologischen Grenzwerte der Beschaffenheit des Füllwassers und des Beckenwassers als allgemein anerkannte und bewährte Forderungen uneingeschränkt übernommen. Bei den Anforderungen an die chemische Beschaffenheit wurde für das Füllwasser gleichfalls wiederum Trinkwassereigenschaft verlangt, für das eigentliche Schwimmbadewasser, das in den Richtlinien als Beckenwasser bezeichnet wird, bei einigen Kenngrößen und Konzentrationsangaben einige zum Teil wesentliche Änderungen vorgenommen.

Zur Sicherung der Einhaltung eines seuchenhygienisch einwandfreien Zustandes während der Benutzung des Schwimmbadewassers muß für eine ständig wirksame Desinfektion gesorgt werden. Die Desinfektionswirkung ist jedoch nicht allein aus der Konzentration des Desinfektionsmittels zu ermitteln. Hierzu dient die Kombination der Werte der Oxydierbarkeit, der Gehalt an Ammonium und Nitrit und schließlich der Gehalt des Desinfektionsmittels. Die Empfehlungen des Bundesministeriums für Gesundheitswesen verlangen, daß die Oxydierbarkeit  $\leq$  gleich der des Füllwassers und Ammonium als auch Nitrit nicht nachweisbar sein sollen. Da die Badenden auch nach gründlicher Vorreinigung organische Substanzen an das Schwimmbadewasser abgeben und damit zu einer Erhöhung der Oxydierbarkeit beitragen, muß eine gewisse Zunahme der Oxydierbarkeit geduldet werden. Dieser Wert soll bei der Bestimmung der Oxydierbarkeit durch den Verbrauch an Kaliumpermanganat kleiner als 3 mg/l  $\text{KMnO}_4$  sein. Unter diesen Bedingungen ist nach zahlreichen Untersuchungen nicht mit einer wesentlichen Beeinträchtigung der Desinfektionswirkung zu rechnen und der Anspruch des Badegastes auf ein sauberes Schwimmbadewasser nur in duldbarem Umfang eingeschränkt. Für Ammonium wurde ein Grenzwert von  $\leq 0,2 \text{ mg/l NH}_4^+$  aufgenommen, da sich gezeigt hat, daß bis zu dieser Konzentration kein wesentlicher nachteiliger Einfluß auf die Desinfektionswirkung besteht und die vollständige Oxydation des Ammoniumgehaltes eines erheblichen technischen Aufwandes bedarf. Für Nitrit wurde kein Grenzwert angegeben, da dieses als Zwischenprodukt bei der Oxydation stickstoffhaltiger Verbindungen durch das Desinfektionsmittel erst dann in meßbaren Konzentrationen auftritt, wenn diese überhand

genommen haben und die Konzentration des Desinfektionsmittels so weit abgesunken ist, daß keine Desinfektionswirkung erwartet werden kann. In der Befundliste der chemischen Untersuchungen zur Betriebsüberwachung (1.813) wird der Nachweis des Nitrits verlangt.

Diese wesentlichste Neuerung der Richtlinien in diesem Zusammenhang ist die Vorschrift, daß für die Konzentration des Desinfektionsmittels nicht nur ein Mindestwert eingehalten werden muß, der je nach Bedarf beliebig überschritten werden kann, sondern auch ein Höchstwert zu beachten ist. Er beträgt für Chlor je nach den angewendeten Aufbereitungsverfahren 0,6 bzw. 0,5 mg/l Cl. Auf diese Weise wird den immer wieder vorgetragenen Klagen der Besucher von Schwimmbädern wegen starker Belästigung Rechnung getragen. Unter Einhaltung einer Reihe anderer Bedingungen, die weiter unten abgehandelt werden, ist innerhalb des gegebenen Konzentrationsbereiches eine ausreichende Desinfektionswirkung und die Einhaltung der seuchenhygienischen Grenzwerte mit Sicherheit zu erwarten. Mängel der Wasserführung oder der Aufbereitung oder zeitweise, wie dauernde Überlastung der Anlage, können fortan jedoch nicht durch überhöhte Desinfektionsmittelzugaben kompensiert, sondern müssen behoben werden, wenn der Betrieb einwandfrei durchgeführt werden soll.

Alle folgenden Vorschriften dienen der Erhaltung der seuchen- und allgemeinhygienischen Bedingungen. Zu ihrer Abfassung ging man von rein erfahrungstechnischen Gesichtspunkten aus. Ein im Becken befindliches, den genannten Bedingungen genügendes Schwimmbadewasser nimmt bei der Nutzung durch den Badenden Stoffe auf, die überwiegend organischer Art sind. Gleichzeitig vermindert sich die Konzentration an Desinfektionsmittel. Um für den nächsten und weitere kommende Badegäste wieder ein Schwimmbadewasser der festgelegten Beschaffenheit zur Verfügung zu haben, muß das Wasser abgeführt, die eingetragene Verunreinigung entfernt und der Desinfektionsmittelgehalt ergänzt werden, ehe es wieder in das Becken geleitet wird. Verunreinigung und Reinigung stehen in einem Wechselspiel. Eine einwandfreie Wasserbeschaffenheit im Becken ist unter den Bedingungen sichergestellt, daß die Verunreinigung nicht größer als die Reinigung und der Desinfektionsmittelverbrauch nicht größer als die Zugabe sind, wobei eine maximal zulässige Konzentration nicht überschritten werden darf, und die Abführung des verunreinigten Wassers sowie die Heranführung des gereinigten ohne größere Vermischung untereinander erfolgen. Hieraus ergibt sich der Begriff der Belastbarkeit eines Schwimmbades, deren Grenzwert die in den Richtlinien aufgeführte Nennbelastung ist. Sie legt den höchstzulässigen Besucherstrom in Personen/Stunde als Funktion des Verhältnisses der Reinigungswirkung  $\Delta OX$  (Differenz der Oxydierbarkeit des Wassers im Zu- und Ablauf der Aufbereitungsanlage,

ausgedrückt durch den Verbrauch an Kaliumpermanganat) und der Umwälzung (Förderstrom  $m^3/h$ ) fest. Das anzuwendende Aufbereitungsverfahren muß hierbei geeignet sein, auch bei geringfügiger Verunreinigung, stets die Ausgangsbeschaffenheit des Schwimmbadewassers, zumindest aber die Beschaffenheit des Füllwassers, zu erreichen. Diese Forderung gilt besonders im Hinblick auf die Entfernung kolloidal gelöster Inhaltsstoffe, die eine Abnahme der Keimtötungsgeschwindigkeit verursachen können. Diese Voraussetzung wird z. B. von Schnellfiltern nicht erfüllt, wenn dem Wasser vor der Filtration keine Flockungsmittel zugesetzt werden. Bei Aufbereitungsanlagen, deren Reinigungswirkung  $\Delta Ox > 3 \text{ mg/l KMnO}_4$  beträgt, ist nur eine teilweise Ausnutzung möglich, da dem Badegast eine höhere Verunreinigung des Schwimmbadewassers nicht zugemutet werden soll und hierbei auch höhere, dem Badegast unliebsame Desinfektionsmittelkonzentrationen angewendet werden müßten.

Die Nennbelastung ergibt sich aus dem Produkt der spezifischen Belastung und des Förderstromes  $N = b \cdot Q$  [Pers/h]. Die spezifische Belastung  $b$  [Personen/ $m^3$ ] ist eine Verfahrenskenngröße und wurde bisher nur für Schnellfilter bei direkter Flockung ermittelt. Für das Verfahren Flockung-Filterung-Ozonung-Aktivkohlefilterung konnte nur ein nach den vorliegenden Befunden vorläufiger Wert angegeben werden, der noch einer eingehenden Überprüfung bedarf. Für alle anderen Verfahren und zukünftigen Entwicklungen ist dieser Wert jeweils zu ermitteln, damit einerseits eine fundierte Bäderplanung möglich ist, andererseits ungerechtfertigte Beanstandungen und Überlastungen vermieden werden.

Mit Hilfe der spezifischen Belastung  $b$  [Personen/ $m^3$ ] und der vom Deutschen Schwimmverband und dem Deutschen Sportbund festgelegten Freiflächen von  $f_S = 4,5$  [ $m^2$ /Person/h] im Schwimmer- und Springerbecken und  $f_N = 2,7$  [ $m^2$ /Person/h] kann aus der Formel  $Q_h = F/f_{S,N} \cdot b$  [ $m^3/h$ ] der für die verschiedensten Becken erforderliche Förderstrom  $Q_h$  ermittelt werden. Die Nennbelastung ergibt sich damit sowohl aus der Beziehung  $N = bQ_h$  [Pers/h] als auch aus dem Ausdruck  $N = F/f_{S,N}$  [Pers/h].

Diese Beziehungen sind für die Anpassung aller Einrichtungen, z. B. der Vorreinigung wie auch der Nebenbetriebe, sehr wichtig. Kurzzeitige Überschreitungen der jeweils geltenden Nennbelastung um 10 % dürften sich noch nicht nachteilig auswirken. Um einen gewissen Ausgleich zu schaffen, besteht die Möglichkeit, durch Erhöhung des auf 30 l/Pers festgesetzten täglichen Füllwasserzusatzes um das sich aus der Besucherspitze  $\Delta N$  [Pers/Tag] ergebende Volumen  $V = N$  [ $m^3$ ] zu erhöhen.

In dem genannten Wechselspiel von Verunreinigung und Reinigung ist die Abführung des verunreinigten Wassers und die Heranführung des aufbereiteten Wassers von ausschlaggebender Bedeutung. Verläuft der Trans-

portvorgang nicht einwandfrei, so tritt eine Anreicherung der Verunreinigungen im Becken und gegebenenfalls auch eine Verminderung der Desinfektionsmittelkonzentration ein, während der Aufbereitungsanlage ein wesentlicher Anteil frisch aufbereiteten, nicht verunreinigten Wassers zufließt (Kurzschlußströmung).

Zur Sicherung der Transportvorgänge im Becken verlangen die Richtlinien, daß die Zu- und Abläufe am Becken so anzuordnen sind, daß das Wasser in allen Teilen des Beckens erneuert wird. Definitive Anweisungen für die Ausrüstung der Becken konnten nicht angegeben werden, da hierfür keine allgemeingültigen Grundlagen zur Verfügung standen. Auf diesem Gebiet, das für die Hygiene des Schwimmbades von großer Bedeutung ist, fehlen Kenntnisse, die durch Forschungen erarbeitet werden sollten.

Nicht einmal für die Prüfung der Durchströmung eines Beckens stehen hydraulische Prüfverfahren zur Verfügung, so daß in den Abnahmebedingungen der Nachweis einwandfreier Wasserbeschaffenheit an verschiedenen Stellen des Beckens bei Nennbelastung erbracht werden muß.

Ein wesentlicher Fortschritt ist in der Bestimmung zu sehen, daß zur Reinigung des oberflächennahen Bereiches ein möglichst großer Anteil des Förderstromes, der mindestens 30 % des Förderstromes betragen soll, kontinuierlich und gleichmäßig über die Überlaufrinne abgeführt werden soll. Hiermit wird den vielen guten Erfahrungen, die mit dem Abzug über die Überlaufrinne gemacht wurden, Rechnung getragen und die Verbreitung der beliebten Becken mit hochgezogenem Wasserspiegel gefördert.

In diesem Zusammenhang geben die Richtlinien mehr genaue Anweisungen für die Schwallwassermengenberechnung und Speicherbemessung. Weiterhin werden in den Richtlinien eine große Anzahl technischer Anweisungen gegeben, die sich vielfach bewährt haben und zum größten Teil allgemein bekannt sind.

Als wesentliche Neuerung ist dagegen die Einführung eines Schemas der behördlichen und betriebseigenen Überwachung anzusehen, die sich auf die für die Beurteilung eines Bades unbedingt notwendigen Werte beschränkt. Aus diesem Grunde wurde bei den behördlichen Untersuchungen vorläufig auf biologische Untersuchungen verzichtet, da sie nicht überall durchgeführt werden können. Durch die Führung eines Betriebsbuches mit laufender Angabe der Besucherzahlen in Personen/Stunde und kontinuierliche Messung des Redoxpotentials wird dem Amtsarzt eine lückenlose Überwachung ermöglicht. Zusammen mit der nunmehr für jede Anlage zu ermittelnden Nennbelastung erhalten die periodisch durchzuführenden Kontrollen der Aufsichtsbehörde den Charakter einer repräsentativen Stichprobe, die frei von groben Zufallsbefunden sind.

Für den Bauherrn und die am Bau beteiligten Firmen dürften schließlich die Abnahmebedingungen von großem Interesse sein. Es ist hierbei gelungen, für die einzelnen Teile, die oft von verschiedenen Firmen erstellt werden, Abschnittsprüfungen festzulegen, so daß ggf. vorhandene Mängel eindeutig festgestellt und behoben werden können.

Es ist zu hoffen, daß die Richtlinien sowohl bei den Bauherren und Betreibern von Schwimmbädern als auch bei den Firmen und Behörden eine wohlwollende Aufnahme finden.

Da das genannte Gremium sich auch zukünftig zur Fortsetzung der Arbeiten zusammenfinden soll, wird gebeten, diesem Vorschläge und Anregungen zur Verbesserung und Anpassung an die ständig fortschreitende technische Entwicklung zu geben.

*Anschrift: Direktor und Prof. Dr. U. Hässelbarth, Berlin 33, Corrensplatz 1*





# **Bedeutung des Redoxpotentials zur Kontrolle einer bakteriologisch und virologisch einwandfreien Badewasserqualität**

Von S. Carlson

Die zunehmende Verschlechterung unserer Oberflächengewässer und das wachsende Bedürfnis nach Luft und Wasser im Zuge der Freizeitgestaltung und Arbeitszeitverkürzung haben zu einer Entwicklung im Bäderbau geführt, die nicht vorauszusehen war. Der goldene Plan sieht für Städte mit 30 000 bis 80 000 Einwohnern eine Normalschwimmhalle ( $12,5 \times 25$  oder  $16,6 \times 25$  m) und für kleinere Gemeinden unter Berücksichtigung des Einzugsgebietes eine Kleinschwimmhalle vor ( $8 \times 25$  bzw.  $10 \times 25$  m) vor. Hieraus errechnet sich ein Nachholbedarf im Bäderbau bis 1975 von 339 großen und 813 kleineren Hallenbädern.

Aus präventivmedizinischer Sicht wäre die Verwirklichung des goldenen Planes sehr zu begrüßen, weil Schwimmen eine der wenigen Sportarten ist, die ohne Vereinsbildung ausgeübt werden kann. Der Wandel der Lebensbedingungen und Lebensformen wirkt sich zunehmend negativ auf den Gesundheitszustand fast sämtlicher Altersgruppen aus. Als einer der wesentlichsten Gründe wird der Bewegungsmangel durch die ständig fortschreitende Technisierung angenommen. Um Herz, Kreislauf und Muskulatur funktionsfähig zu erhalten, müssen sie belastet und trainiert werden. Eine der wichtigsten Aufgaben ist es deshalb, dem Menschen zur Einsicht zu verhelfen, daß er selbst durch körperliche Aktivität wesentlich zu seiner Gesunderhaltung beitragen kann und muß. Durch kurative Mittel lassen sich die durch Bewegungsmangel entstehenden chronischen Gesundheitsstörungen nicht beheben.

Als gesunderhaltende Maßnahme besitzt das Schwimmen für sämtliche Altersgruppen die größte Bedeutung, weil es nur wenige medizinische Indikationen gibt, die es begründet verbieten<sup>18</sup>. Um von der Witterung unabhängig zu sein, bevorzugt man den Schwimmbadhallenbau. Zahlreiche Nord- und Ostseebäder haben deshalb Hallenbäder errichtet, die Meerwasser enthalten<sup>21, 29</sup>.

Die gesundheitsdienlichen Aspekte des Schwimmens hervorzuheben, ist nur unter der Voraussetzung vertretbar, daß das Schwimmbadwasser stets eine einwandfreie hygienische Beschaffenheit aufweist. Diese selbstverständlich erscheinende Forderung in Beckenbädern mit umgewälztem Wasser zu

erfüllen, bereitet technologisch oft mehr Schwierigkeiten, als den verantwortlichen Gesundheitsbehörden bekannt ist.

An die Beschaffenheit des Schwimmbeckenwassers werden auf Grund der Tatsache, daß dasselbe Wasser einem ständig wechselnden Personenkreis dient, höhere Anforderungen als an Freibadgewässer gestellt. In der Bundesrepublik Deutschland, Südafrikanischen Union sowie in England sollen in 100 ml keine *E.coli* enthalten sein. In den USA wird verlangt, daß 5 Proben von je 10 ml keine *E.coli* aufweisen<sup>5, 6</sup>.

Jedes Schwimmbadwasser wird durch seine Besucher sowohl bakteriell als auch durch organische und anorganische Substanzen verunreinigt. Auf Haut und Schleimhäuten befinden sich neben Saprophyten häufig gleichzeitig pathogene Bakterien, Dermatophyten und Protozoen, die vom Wasser zum Teil abgeschwemmt werden<sup>20</sup>. In 20 bis 30 % finden wir heute bei gesunden Personen im Nasen-Rachen-Raum pathogene Staphylokokken. Die Zahl der Keimträger oder Ausscheider von Salmonellen kann fast mit 1 % angenommen werden<sup>5, 6</sup>. Noch höher ist nach unseren Erfahrungen der Prozentsatz derjenigen, die als inapparent Erkrankte bzw. latent Infizierte besonders in den Sommer- und Spätsommermonaten Entero- oder Adenoviren ausscheiden<sup>5, 6, 11, 12, 33</sup>.

Um Schwimmbadwasser nicht zur Infektionsquelle werden zu lassen, muß es ständig aufbereitet und desinfiziert werden. Die verfahrenstechnischen Verbesserungen der letzten Jahrzehnte haben dazu geführt, daß nur verhältnismäßig wenig durch Schwimmbadwasser übertragene Infektionen bekannt geworden sind. Über exakte Angaben werden wir jedoch nie verfügen, weil i. a. desinfiziertes Schwimmbadwasser epidemiologisch nicht als Infektionsquelle in Betracht gezogen wird, sofern nicht Massenerkrankungen direkte Hinweise liefern. Die Gefahr bakterieller Darminfektionen ist u. E. sehr gering, weil die hierzu erforderliche Zahl an pathogenen Bakterien praktisch nicht erreicht wird. Inwieweit bakterielle Hautinfektionen möglich sind, können wir nicht abschätzen. In Schweden und in den USA sollen nach Schwimmbadbesuch vereinzelt Hauterkrankungen durch *Mykobakt. balnei* aufgetreten sein<sup>35, 42</sup>. Schwierig wird die Beurteilung der Ursache bakterieller Erkrankungen der Schleimhäute des Nasen-Rachen-Raumes, der Nebenhöhlen und des äußeren Gehörganges. Vielleicht handelt es sich hierbei oft um eine Invasion dort ansässiger Keime nach vorausgegangener Schädigung der Zellen durch Chlorverbindungen oder überschüssige Flockungsmittel, wie z. B. Aluminiumsulfat. Vermehrt Beachtung werden wir zukünftig der Verbreitung von Pilzinfektionen<sup>38</sup> und Viruskrankheiten in Schwimmbädern schenken müssen. Auf dem Wasserwege übertragen werden können nach bisherigen Erfahrungen von den DMS-Viren die Papovaviren sowie Adenoviren und von den RNS-Viren die Picorna- und Reoviren<sup>4</sup>. Im

Verlauf einer Poliomyelitis-Schluckimpfung gelang es, Impfviren aus gechlortem Schwimmbadwasser zu isolieren<sup>43</sup>. Gruppenerkrankungen durch Adenoviren, vorwiegend Typ 3 und 7, traten nach Schwimmbadbesuch in Toronto, Washington, Tokio, Rom, Bukarest, in den Niederlanden und in der DDR auf<sup>14, 33, 34</sup>. Japanische Autoren berichten über Coxsackievirus-A-16-Infektionen. *Liebscher* konnte 1967 in 20 % der aus einem Schwimmbecken entnommenen Proben Coxsackievirus Typ B 3 nachweisen<sup>33</sup>. Erwähnt werden muß, daß im Sommer 1967 gehäufte Coxsackievirus-B-3-Meningitiden vorkamen.

In Süddeutschland konnten 1967 Lehrschwimmbecken als Infektionsquelle von Plantarwarzen ermittelt werden, die bekanntlich durch Viren aus der Papova-Gruppe verursacht werden. Ihre weitere Ausbreitung ließ sich nur durch vorübergehende Schließung und gründliche Desinfektion des Schwimmbades in Verbindung mit einem strengen Badeverbot für die Erkrankten eindämmen<sup>19</sup>.

Besorgnis erregt haben auch die Mitteilungen aus Nordböhmen über Todesfälle an eitriger Meningitis durch Amöben der Gattung *Endolimax* (*Hartmanella*), die nach dem Baden eintraten. Das Schwimmbeckenwasser enthielt etwa 50 bis 500 Amöben/l<sup>17, 41</sup>. Weitere Todesfälle durch die gleiche Amöbengattung sind inzwischen aus Florida, Virginia, Australien, Neuseeland, Großbritannien und Belgien bekannt geworden<sup>1, 3, 16, 28</sup>.

Diskutiert wird nach wie vor die Frage, ob *Trichomonas*-Infektionen auf dem Weg über das Schwimmbadwasser stattfinden können. Ein Beweis konnte bisher nicht erbracht werden. Untersuchungen ergaben, daß *Trichomonas vaginalis* in Ostseewasser eine Stunde bewegungs- und vermehrungsfähig bleiben. Durch 0,3 mg/l  $\text{Cl}_2$  sollen sie in 3 bis 5 min abgetötet werden<sup>2</sup>.

Neben den mikrobiellen Verunreinigungen als wichtigstes badehygienisches Problem müssen die Verschmutzungen des Wassers durch organische und anorganische Substanzen genannt werden.

Die Menge, die ein Badender abgibt, beträgt etwa 0,3 bis 0,5 g<sup>30, 37</sup>. Es handelt sich vorwiegend um Epithelien, Hauttalg, Schleim, Harnbestandteile und Kosmetika. Sofern es sich nicht um ein Schwimmbecken handelt, dessen Inhalt ständig durch Frischwasser ergänzt und ersetzt wird, müssen die Verunreinigungen aus dem Wasser entfernt werden, um eine zunehmende Verschmutzung zu verhindern. Zur Erzielung einer einwandfreien hygienischen Wasserbeschaffenheit ist eine gleichmäßige Durchströmung des Schwimmbeckens erforderlich. Durch falsch angelegte Zu- und Abläufe bilden sich innerhalb des Beckens Rotationszonen, in denen das Wasser ständig kreist und praktisch nicht am Austausch teilnimmt<sup>18, 25, 26, 27, 31, 32</sup>. Der Verschmutzungsgrad und die Chlorzehrung sind in diesen Walzengebieten

zwangsläufig höher. Ferner hat sich herausgestellt, daß an der Grenzschicht Luft/Wasser die Chlorkonzentration stets niedriger ist als in tiefen Beckenteilen. Durch Licht- und Wärmestrahlen der Sonne kann in Freibädern der Chlorgehalt in der Hauptverschmutzungszone, also an der Wasseroberfläche, soweit sinken, daß die dort befindlichen Keime und Viren nicht abgetötet bzw. inaktiviert werden. Die Durchströmung des Beckens muß deshalb so erfolgen, daß stets „frisches“ Desinfektionsmittel zur Oberfläche transportiert und die Oberfläche gleichzeitig „freigespült“ wird<sup>22</sup>.

Um die ungelösten kolloidalen Substanzen aus dem Beckenwasser entfernen zu können, müssen infolge weitgehend gleicher elektrischer Ladungsverhältnisse der Kolloide und des Filtermaterials dem Wasser vor dem Filtern Flockungsmittel zugesetzt werden. Die Wahl des Flockungsmittels ist vom pH-Wert des Wassers und seine Dosierung von der Umwälzhäufigkeit sowie dem Verschmutzungsgrad abhängig<sup>22, 23, 24</sup>. Bei zu geringer Flockungsmittelzugabe ist die Reinigungsleistung schlecht, und bei einer Überdosierung kann es zu Eintrübungen des Wassers durch Flockungsvorgänge im Becken kommen.

Ein weiteres Problem ist die Begrenzung der Besucher eines Schwimmbades. Unter der Voraussetzung, daß die Filteranlagen richtig dimensioniert sind, darf die stündliche Besucherzahl eines Bades bei beliebigem Wasserwechsel maximal 0,5 Personen/m<sup>3</sup> des umgewälzten und gefilterten Wassers nicht überschreiten. Wird dieser Grenzwert nicht eingehalten, kann eine hygienisch einwandfreie Wasserbeschaffenheit nicht mehr gewährleistet werden<sup>10, 11, 12, 22, 23, 24</sup>.

Von Bedeutung ist weiterhin der tägliche Frischwasserzusatz. Nicht entfernt werden können durch Flockung und Filterung die von den Badenden stammenden gelösten Substanzen. Um sie zu reduzieren, muß täglich ein Teil des Beckenwassers durch Frischwasser ersetzt werden. Erfahrungsgemäß reicht es aus, um ihre Anreicherung zu verhindern, wenn täglich 5 % des Beckenwassers durch Frischwasser ergänzt werden<sup>10, 11, 12, 22, 23, 24</sup>.

Leider werden oft aus Unkenntnis die hier erwähnten Forderungen an Konstruktion und Betriebsweise eines Schwimmbades nicht berücksichtigt. Schlechte Wasserbefunde, die sich zwangsläufig daraus ergeben, versucht man vielfach durch Erhöhung der Chlorzugabe zu beheben. Gewöhnlich führt diese meist behördlicherseits angeordnete Maßnahme nur zu starken Reizerscheinungen an den Bindehäuten der Augen<sup>36</sup> und der Nasenschleimhäute, ohne die bakteriologische Wasserbeschaffenheit nennenswert zu verbessern. Verbunden mit einer höheren Chlorung eines schlecht aufbereiteten Wassers sind fast stets starke Chlorgeruchsbelästigungen. Es ist eine irrije Ansicht, daß freies Chlor unangenehm riecht. Verantwortlich dafür sind

organische Chlorverbindungen, die in verschmutztem Wasser durch Chlorung entstehen.

Bisher wurde allgemein angenommen, daß die Höhe des Chlorgehaltes maßgebend ist, um einen guten Desinfektionseffekt zu erzielen. Nach langjährigen Untersuchungen wissen wir, daß dies nur zum Teil zutrifft. Verschiedene Konzentrationen an freiem und gebundenem Chlor können deshalb je nach Schwimmbadwasserbeschaffenheit gleiche Abtötungszeiten für *E.coli* ergeben (Abb. 1). Entscheidend ist also nicht der Chlorgehalt, sondern das Verhältnis zwischen der Oxydationskapazität des Chlors und der Menge der im Wasser vorhandenen reduzierend wirkenden Substanzen. Bestimmt werden kann dieses Verhältnis durch Redoxpotentialmessungen <sup>7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 24, 39, 40</sup>. Die Abb. 2 und 3 zeigen, daß die Abtötungszeit von *E.coli* in gechlortem Schwimmbadwasser von der Höhe des Redoxpotentials abhängt.

Wie wir früher bereits berichtet haben, ermöglicht die laufende Messung zur Registrierung des Redoxpotentials eine ständige Überwachung der Beschaffenheit des Schwimmbadwassers (Abb. 4).

Ungelöst ist bisher die Frage der Virusinaktivierung.

Die Angaben über die hierzu notwendigen Chlorkonzentrationen weisen in der Weltliteratur sehr große Unterschiede auf. Wir prüften deshalb in

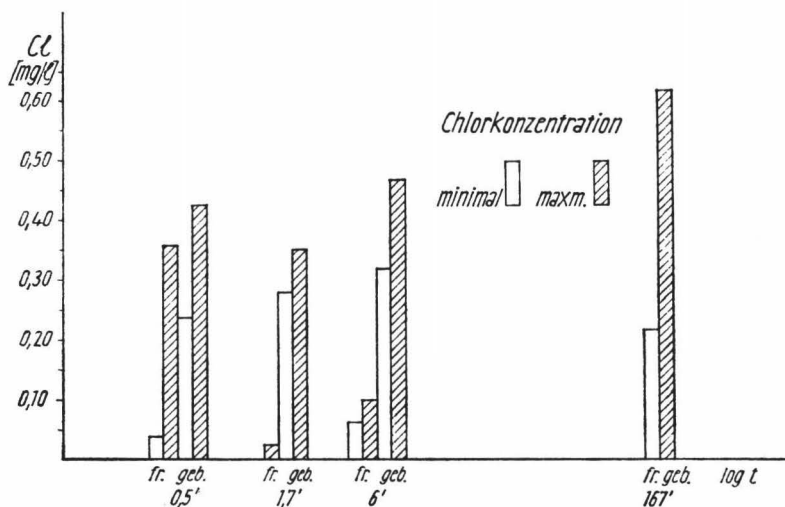


Abb. 1. Maximale und minimale Konzentration an freiem und gebundenem Chlor, die bei unterschiedlicher Schwimmbadwasserbeschaffenheit jeweils gleiche Abtötungszeiten für *E.coli* ergaben.

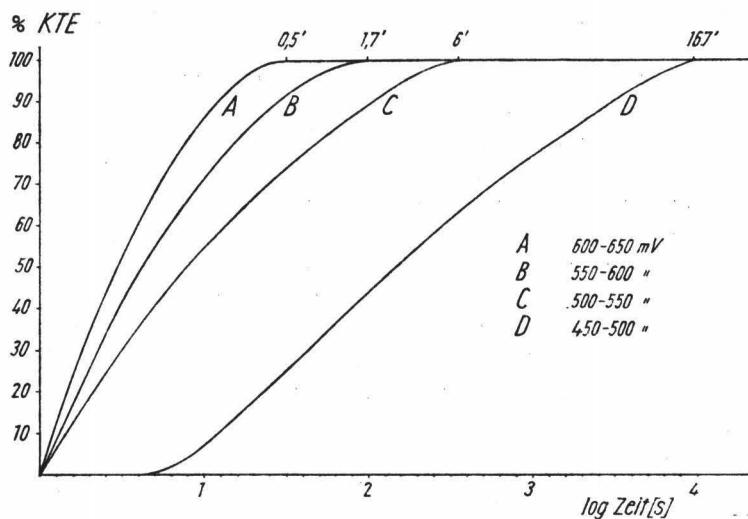


Abb. 2. Abtötungszeiten für *E. coli* in Abhängigkeit vom Redoxpotential in Schwimmbadwässern verschiedener Beschaffenheit mit unterschiedlichem Chlorgehalt.

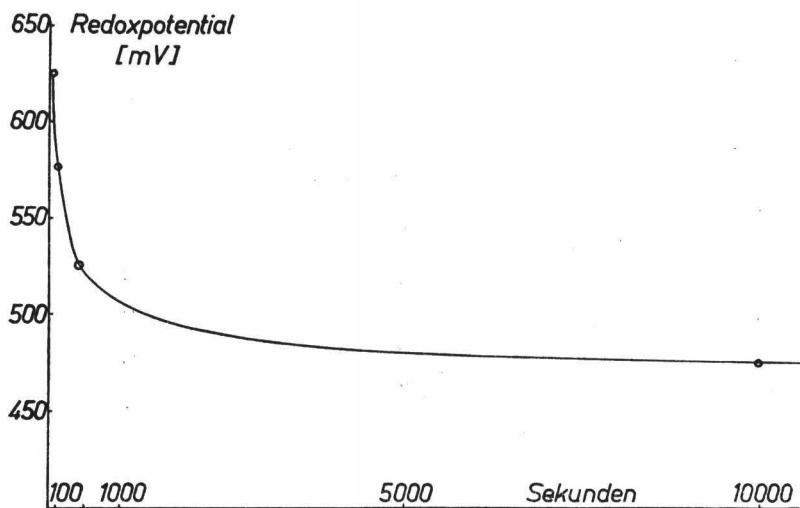


Abb. 3. Abtötungszeiten für *E. coli* in Abhängigkeit vom Redoxpotential des gechlorten Wassers.

eigenen Untersuchungen die Virusinaktivierung durch Chlor unter Berücksichtigung des Redoxpotentials<sup>9</sup>. Als Virusstämme dienten Poliomyelitis-Virus I Sabin L Sc2ab und II Sabin P 712Ch2ab. Die Untersuchungen ergaben, daß gechlortes Schwimmbadwasser ein Redoxpotential von + 780 mV aufweisen muß, wenn innerhalb von 1 min eine vollständige Inaktivierung der beiden Poliomyelitisstämme erreicht werden soll. Geht man von diesen Werten aus und erniedrigt das Redoxpotential um jeweils

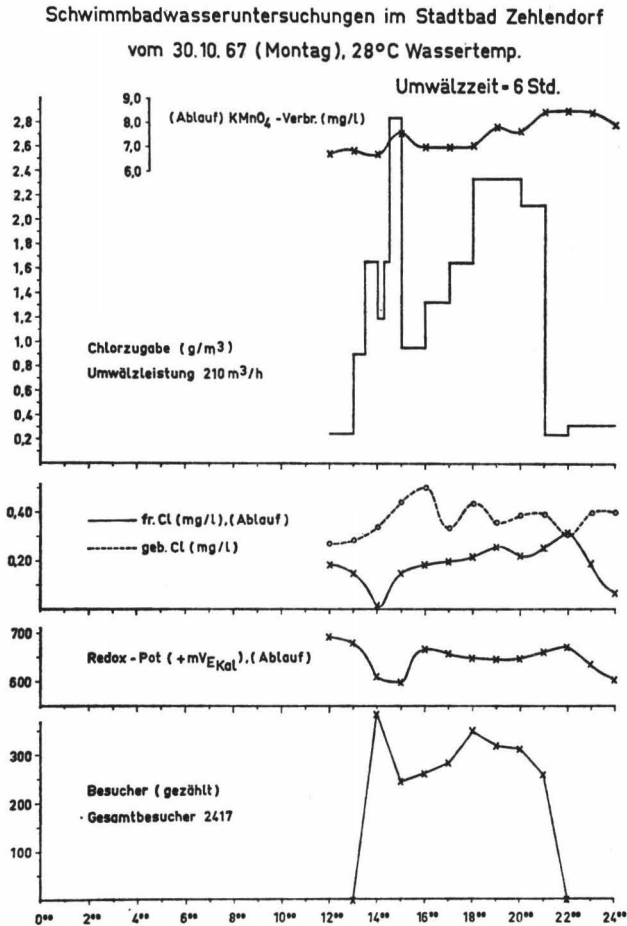


Abb. 4. Gehalt an freiem und gebundenem Chlor, Redoxpotentialverlauf und Kaliumpermanganatverbrauch eines Schwimmbadwassers mit zu hoher Besucherzahl und unzureichender Chlorung.



20 mV, so verlängert sich die Inaktivierungszeit stets um das Doppelte. Dies bedeutet, daß ein Redoxpotential von wenigstens + 700 mV für 16 min aufrechterhalten werden muß, um Poliomyelitisviren zu inaktivieren. Die ermittelten Konzentrationen an freiem Chlor erlauben — wie in unseren früheren Untersuchungen an *E.coli* — keine bindenden Rückschlüsse auf die Virusinaktivierungsgeschwindigkeit. Die Werte an freiem Chlor betragen im Minimum und Maximum für Virusinaktivierungszeiten von 1 min 0,5 bis 2 mg/l, von 2 min 0,5 bis 1,0 mg/l, von 4 min 0,2 bis 1,2 mg/l und von 8 bis 16 min etwa 0,2 mg/l. Maßgebend war die Höhe des Redoxpotentials, die entscheidend vom Gehalt reduzierender Stoffe im Wasser abhängt. Aus diesen Werten läßt sich ableiten, daß zur Inaktivierung von Viren im Vergleich zu *E.coli* wesentlich höhere Redoxpotentiale und längere Einwirkungszeiten notwendig sind.

Über die Inaktivierungszeiten anderer Virusarten können wir bisher keine verbindlichen Angaben machen. Ob auch Hepatitisviren durch Schwimmbadwasser übertragen werden, ist bisher nicht bekannt. Modellversuche mit dem Australia-Antigen werden demnächst von uns aufgenommen.

Zusammenfassend können wir feststellen, daß in den letzten Jahren wesentliche Fortschritte in der Schwimmbadwasserhygiene erzielt worden sind. Sie betreffen vorwiegend die Durchströmung der Becken, die Wasseraufbereitung und -desinfektion. Soweit die Erkenntnisse berücksichtigt werden, ist eine hygienisch einwandfreie Wasserbeschaffenheit gewährleistet. Durch Messung und Registrierung des Redoxpotentials steht dem Amtsarzt eine Methode zur Verfügung, die seine Überwachungspflicht wesentlich erleichtert.

Eine wertvolle Hilfe in technischen Fragen stellen die von der Deutschen Gesellschaft für das Badewesen e. V., vom Deutschen Schwimmverband e. V. und Deutschen Sportbund e. V. herausgegebenen Richtlinien für Bäderbau und Bäderbetrieb, Abschnitt: Technik „Wasseraufbereitung für Schwimmbeckenwasser“ dar.

#### LITERATUR:

- <sup>1</sup> Anonym: Morbidity a. Mortality 17 (1968), 330.
- <sup>2</sup> BRUHNS, R.: Untersuchungen über die Häufigkeit der Trichomoniasis vaginalis und ihre sozialhygienische Bedeutung. Inaug. Diss., Lübeck, 1968.
- <sup>3</sup> BUTT, C. G.: New Engl. J. Med. 274 (1966), 1473—1476.
- <sup>4</sup> CARLSON, S.: Gas- u. Wasserfach 106 (1965), 325—329.

- <sup>5</sup> ders.: Bundesgesundheitsbl. 9 (1966), 169—173.
- <sup>6</sup> ders.: Arch. Badewesen 20 (1967), 146—149.
- <sup>7</sup> ders.: Moderne Schwimmbadwasserhygiene, Schriftenreihe des Vereins f. Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Heft 27, S. 27—34. Verlag G. Fischer, Stuttgart, 1968.
- <sup>8</sup> CARLSON, S. u. HASSELBARTH, U.: Das Verhalten von Chlor und oxydierend wirkender Chlorsubstitutionsverbindungen bei der Desinfektion von Wasser. Vortrag. Tagung Fachgruppe Wasserchemie d. Ges. Dtsch. Chemiker, 21. Mai 1968 in Bad Ems. Vom Wasser, Jahrbuch f. Wasserchemie u. Wasserreinigungstechnik XXXV (1968), S. 266—283. Verlag Chemie, Weinheim.
- <sup>9</sup> dies.: Poliomyelitisinaktivierung in gechlortem Schwimmbadwasser unter Berücksichtigung des Redoxpotentials. 9. Arbeitstagung der Dtsch. Ges. Hyg. u. Mikrobiol., Mainz, 8. 10. 1970. Ref. Zbl. Bakt. I Ref. 224 (1971), 3.
- <sup>10</sup> dies.: Erfahrungen mit Redoxpotentialmessungen zur Erfassung und Kontrolle der Schwimmbadwasserdesinfektion. Vortrag. 1. Tagung Österr. Ges. Mikrobiol. u. Hyg., 31. Mai 1968 in Eisenstadt. Ref. Zbl. Bakt., I. Ref. 219 (1969), 18.
- <sup>11</sup> dies.: Arch. Badewesen 22 (1969), 45—51.
- <sup>12</sup> dies.: Sport- u. Bäderbauten 9 (1969), 154—164.
- <sup>13</sup> dies.: Die präventivmedizinische Bedeutung des Schwimmsports. Vortrag: Weltkongreß Sport-, Bäder- u. Freizeitbauten, Brünn, 27. 6. 1969, Kongreßbericht Seite 160—166.
- <sup>14</sup> CARLSON, S., HASSELBARTH, U. u. MECKE, P.: Arch. Hyg. 152 (1968), 306—320.
- <sup>15</sup> dies.: Die Abhängigkeit der keimtötenden Wirkung vom Redoxpotential. Vortrag. 1. Arbeitstagung Dtsch. Ges. Hyg. u. Mikrobiol., 5./6. Nov. 1966 in Mainz. Ref.: Zbl. Bakt., I. Ref. 206 (1967), 500.
- <sup>16</sup> CARTER, R. F.: J. path. Bact. 96 (1968), 1.
- <sup>17</sup> ČERVA, L., FERDINANDOVA, M., NOVAK, K. u. ZIMAK, V.: Münch. Med. Wschr. 110 (1968), 1364.
- <sup>18</sup> GANSLOSER, E.: Sport- und Bäderbauten 6 (1966), 216—219.
- <sup>19</sup> GERTH, H. J., BASSLER, S. u. STEINITZ, H.: Med. Welt (1970), 298—303.
- <sup>20</sup> GRÜN, L. u. KLEYBRINK, H.: Arch. Badewesen 25 (1972), 107—109.
- <sup>21</sup> HAVEMEISTER, G. u. JENTSCH, F.: Arch. Hyg. 154 (1971), 447—461.
- <sup>22</sup> HASSELBARTH, U.: Bundesgesundheitsbl. 8 (1965), 353—357.
- <sup>23</sup> ders.: Arch. Badewesen 20 (1967), 62—65.
- <sup>24</sup> ders.: Gesundheitsingenieur 91 (1970), 77—83.
- <sup>25</sup> HASSELBARTH, U. u. CARLSON, S.: Arch. Badewesen 18 (1965), 6—10.
- <sup>26</sup> HÖSEL, G. u. LANGER, W.: Arch. Badewesen 15 (1962), 10 u. 113.
- <sup>27</sup> HÖSEL, G., LANGER, W. u. STELTER, K.: Studien an einer modernen Freibadanlage über Fragen der Wasserführung nach hygienischen Gesichtspunkten, Schriftenreihe des Vereins f. Wasser-, Boden- u. Lufthygiene, Heft 19, S. 30. Verlag G. Fischer, Stuttgart, 1961.
- <sup>28</sup> JADIN, J. B., HERMANNE, J., ROBYN, G. u. WILLAERT, E.: Bull. Acad. nat. de med. 155 (1971), 232—239.
- <sup>29</sup> JENTSCH, F.: Arch. Badewesen 24 (1971), 532—534.
- <sup>30</sup> KLOSTERKÜTTER, W.: Arch. Badewesen 17 (1964), 108—112.
- <sup>31</sup> LANGER, W.: Arch. Badewesen 17 (1964), 367.
- <sup>32</sup> ders.: Bundesgesundheitsbl. 8 (1965), 289.
- <sup>33</sup> LIEBSCHER, S.: Z. f. d. ges. Hygiene u. ihre Grenzgebiete 16 (1970), 189—200.
- <sup>34</sup> MANNBECK-FOY, H., COONEY, M. K. u. HATLEN, J. B.: Arch. Environ. Health 17 (1968), 795—802.

- <sup>35</sup> MOLLOHAN, C. S. a. ROMER, M. S.: Amer. J. Publ. Health 51 (1961), 883
- <sup>36</sup> NIETSCH, B. u. SLEZAK, H.: Wiener Klin. Wschr. 70 (1958), 491—492.
- <sup>37</sup> REPLOH, H.: Arch. Badewesen 6 (1953), 203.
- <sup>38</sup> RIETH, H.: Städtehygiene 20 (1969), 282—285.
- <sup>32</sup> SCHAEZLE, P.: Gesundheitstechnik 4 (1970), 39—46.
- <sup>40</sup> ders.: Gas, Wasser, Abwasser 50 (1970), 114—115.
- <sup>41</sup> SKOCIL, V., ČERVA, L. u. SERBUS, C.: J. Hyg., Epidemiol., Microbiol. a. Immunol. 14 (1970), 61—66.
- <sup>42</sup> TISON, F., TACQUET, A. et DEVULDER, B.: Ann. Inst. Pasteur, Lille, XVIII (1967), 167—176.
- <sup>43</sup> WITT, G.: Arch. Hyg. 148 (1964), 188.

# Wasserbeschaffenheit in Freibadegewässern

## Überwachung und Untersuchung im Raum Berlin\*

Von R. Strecker

Die Kontrolle der öffentlichen Bäder stützt sich noch immer auf den § 69 der 3. DVO zur Vereinheitlichung des Gesundheitswesens von 1934. Dieser reichte in seiner sehr allgemeinen Fassung zur damaligen Zeit wohl aus, kann jedoch heute wegen der starken Verschmutzung der Oberflächengewässer bei der Beurteilung der Eignung dieser Gewässer zu Badezwecken nicht mehr genügen.

Während in früheren Zeiten im Sommer fast ausschließlich im Freien gebadet wurde, werden jetzt wegen der Verunreinigung der Seen und Flüsse mehr und mehr Sommerbäder (Beckenbäder mit Umwälzung) bevorzugt. Für das Wasser in solchen Bädern sind klare Qualitätsanforderungen erarbeitet und auch allgemein anerkannt worden.

Ganz anders ist die Situation bei der Beurteilung der hygienischen Wasserbeschaffenheit in Freibadegewässern, die von der Natur her schon sehr unterschiedlich und wegen der Orts- und Volumensverhältnisse nur wenig und allenfalls indirekt zu beeinflussen sind.

Selbstverständlich besteht keine Meinungsverschiedenheit darüber, daß auch beim Baden in solchen verschmutzten Gewässern jegliche Gesundheitsgefährdung ausgeschlossen sein soll, über den tatsächlichen Gefährdungsgrad gehen die Ansichten jedoch weit auseinander.

Dies dürfte der Grund dafür sein, daß bisher — vielleicht nicht einmal unerwünscht — keine bindenden Standards über die Beschaffenheit von Freibadegewässern bestehen. Von Niedersachsen erlassene „Richtlinien über die Hygiene in öffentlichen Badeanstalten“ stießen alsbald auf Widerspruch in anderen Bundesländern, da bei Berücksichtigung der dort angegebenen Werte viele Gewässer, in denen bisher anstandslos gebadet werden konnte, gesperrt werden mußten.

Da es fragwürdig erscheint, der Bevölkerung Badeverbote allein wegen umstrittener Grenzwerte aufzuerlegen, sollte die Beurteilung und Entscheidung über die Eignung eines Gewässers zu Badezwecken dem zuständigen, mit den örtlichen Verhältnissen vertrauten, erfahrenen Sachverständigen überlassen bleiben.

\* Kurzfassung des Vortrages.

Die Beurteilung der Berliner Freibadegewässer stützt sich auf seit etwa 25 Jahren durchgeführte und regelmäßig an rund 35 Stellen vor und während der Badesaison monatlich vorgenommene Untersuchungen.

Dabei sind, je nach Witterungsbedingungen, im Frühjahr meist ungünstige Befunde festzustellen, die sich jedoch erfahrungsgemäß mit Beginn wärmeren Wetters und damit steigender Selbstreinigungskraft stets soweit bessern, daß mit Beginn der eigentlichen Badezeit einwandfreie Wasserverhältnisse herrschen. Berücksichtigt wird dabei wesentlich auch die Tendenz der Befunde über einen längeren Untersuchungszeitraum und nicht nur die vorliegenden Ergebnisse, die ja lediglich einen augenblicklichen Zustand aufzeigen.

Neben der Überwachung der Gewässer aus badehygienischer Sicht erfolgen Kontrollen der Wasseraufsichtsbehörde. Diese hat im Rahmen des Wasserhaushaltsgesetzes § 27 eine bisher nur in Berlin bestehende Reinhaltordnung oberirdischer Gewässer erlassen, die das Einleiten verschiedenster Abwässer, Verschmutzungen in Ufernähe usw., regelt und u. a. zur Schaffung einer Fäkalienammelstation für Fahrgastschiffe geführt hat.

Bei nicht zu engherziger Beurteilung, Bereitschaft zu Kompromissen und einem gewissen Maß an Entscheidungswillen sollten die Freibademöglichkeiten in Berlin weiter zu erhalten und durch verstärkte Kontrollen sowie Sanierung über einen längeren Zeitraum sogar eine Besserung der Wasserbeschaffenheit der Berliner Gewässer zu erreichen sein.

# Wassergefährdende Stoffe in Oberflächenwässern aus der Sicht der Trinkwasserversorgung\*

Von U. H ä s s e l b a r t h

Es gibt seit Jahren sehr viele Klagen über die zunehmende Verschmutzung der Gewässer. Der Gewässerschutz scheint bislang nur in einigen begrenzten Gebieten Erfolg zu haben, insgesamt gesehen, erreicht er zur Zeit lediglich eine Verzögerung der Zunahme der Verschmutzung. Die Gewässerbeschaffenheit, die vor Beginn der Einleitungen geklärt und ungeklärt Abwässer bestanden haben mag, dürfte sich nicht wieder einrichten lassen. Man spricht deshalb von einer Grenze der zulässigen Belastung, die im Gleichgewicht mit der Selbstreinigungskraft noch eine ausreichende Wassergüte zuläßt. *Rincke*<sup>1, 2</sup> konnte nachweisen, daß mit steigender Abwasserbelastung eine Erhöhung der Gesamtreinhalteleistung erforderlich ist, wenn die Grenzbelastung nicht überschritten werden soll. Diese Grenzbelastung erscheint jedoch nur sinnvoll zu sein, wenn sie eindeutig beschrieben werden kann und sichergestellt ist, daß unter diesen Bedingungen ein Gewässer in einem guten Zustand gehalten werden kann und den Gewässernutzern, insbesondere den hierauf angewiesenen Trinkwasserversorgungsunternehmen, keine nicht zu bewältigenden oder unbilligen Schwierigkeiten verbleiben.

Hierzu ist es notwendig, für eine größere Anzahl von Inhaltsstoffen Konzentrationsangaben und Werte von Kenngrößen zu wissen, die jene Grenze umreißen, bei deren Überschreitung die Aufbereitung eines Oberflächenwassers zu Trinkwasser technisch oder wegen zu hohen Aufwandes nicht mehr möglich ist. Der Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern hat mit seinem Arbeitsblatt W 151<sup>3</sup> bereits im Jahre 1962 eine umfassende Liste von Grenzwerten für 3 Gruppen mit jeweils 20 Punkten vorgelegt. Die obere Gruppe A gibt Grenzwerte für Oberflächenwässer, die sich ohne Bedenken zur Trinkwasseraufbereitung eignen, die mittlere Gruppe B setzt Grenzwerte für Wasser, die nur mit Bedenken und unter erheblichen Kosten verwendet werden können, und die Gruppe C kennzeichnet jenen Bereich, in dem die Wässer für die Trinkwasseraufbereitung in der Regel als ungeeignet angesehen werden müssen. Man könnte nun, was seinerzeit nicht beabsichtigt war, die oberen Werte der Gruppe B als Minimalanforderung an ein maximal belastetes Gewässer festlegen. Prüft

\* Veröffentlicht in GWF 113 (1972), H. 11, S. 509.

man die 20 Grenzkonzentrationen und Kennwerte auf ihre Aussagekraft, so kommt man zu einer Reihe bemerkenswerter Ergebnisse.

I. Es gibt eine Reihe von Wasserwerken, die gezwungen sind, aus zumindest zeitweise wesentlich schlechteren Rohwässern, als diesem Standard entspräche, ein hygienisch unbedenkliches Trinkwasser herzustellen.

II. Die zur Aufstellung des Standards verwendeten Daten reichen zur Kennzeichnung der Minimalanforderungen nicht aus.

III. Aus den Standardwerten kann nicht geschlossen werden, ob ein derart beschaffenes Oberflächengewässer eine tragbare Wassergüte aufwiese, wenn man die Trinkwasserversorgung als den empfindlichsten Gewässernutzer ansieht.

Auf Grund der Erfahrungen mit der Aufbereitung verunreinigter Oberflächenwässer und des Fortschritts der Aufbereitungstechniken sollte es möglich sein, empfindliche Stellen zu zeigen, hieraus wenn möglich Grenzwerte abzuleiten und direkte Forderungen an Einleiter zu stellen.

Betrachten wir hierzu die Schemata der gebräuchlichen und jeweils in ihrer Art entwickelten und fortgebildeten Aufbereitungsgänge. Im wesentlichen handelt es sich um drei Typen:

1. eine durchgehend chemische Aufbereitung direkt entnommenen Wassers,
2. eine chemische Aufbereitung direkt entnommenen Wassers mit anschließender Langsandsandfiltration oder Grundwasseranreicherung, einschließlich Wiedergewinnung und nochmaliger Aufbereitung, und
3. die Uferfiltration als indirekte Entnahme mit anschließender chemischer Aufbereitung. Auf die Unterschiede bei der Entnahme aus Seen (Talsperren) und Fließgewässern soll hier nicht eingegangen werden.

Die Reinigung muß sich auf eine große Anzahl von Stoffen erstrecken, die sich grob in 8 Klassen zusammenfassen lassen. Hierzu gehören die Gesteinstrüben, die, soweit sie nicht als sedimentierbare Suspension anfallen, kolloidale Eigenschaften aufweisen, Eisen und Mangan sowie hochmolekulare organische Stoffe, die wiederum kolloidale Eigenschaften haben. Dazu zählt auch das Phytoplankton. Eine besondere Gruppe bilden die echt gelösten organischen Stoffe. Schließlich folgen die Mikroorganismen, die Gruppe der wegen ihrer toxischen Wirksamkeit zu beachtenden Metallionen, die üblicherweise als Schwermetalle bezeichnet werden und die bekannten Alkali- und Erdalkalisalze.

Betrachtet man die Aufbereitungstype 1 [chemische Aufbereitung bei direkter Entnahme]. Gesteinstrüben können ohne Schwierigkeiten in beliebigen Konzentrationen zurückgehalten werden. Das gleiche gilt auch für Eisen und Mangan, die im Gewässer in Ionenform, überwiegend aber als Oxidhydrate auftreten, nicht aber wenn sie bei Anwesenheit von Chelatbildnern in kopolarer Bindung auftreten. Chelatgebundenes Eisen und

Mangan sind durch Flockung und Filterung praktisch nicht rückhaltbar, widerstehen weitgehend oxydativen Einwirkungen von Chlor und Ozon und können durch Adsorption auf Aktivkohle oder makroporösen Ionenaustauschern nur unvollkommen zurückgehalten werden, verunreinigen das Trinkwasser und wirken sich durch den langsam einsetzenden Abbau im Rohrnetz nachteilig aus. Ein bekannter Vertreter der in Gewässern auftretenden Chelatbildner ist das Äthylendiamintetraacetat. In diese Klasse gehört auch das NTA<sup>4</sup> sowie die bei der Entnahme für Trinkwasserzwecke noch nicht nachgewiesenen Polyphosphate. Ligninsulfonsäuren könnten einen ähnlichen Effekt zeigen.

Organische Stoffe, die in kolloidaler Form vorliegen, können nach den sich heute abzeichnenden Fortschritten in der Flockungstechnik durch Anwendung kationischer und anionischer Polyelektrolyte und besonderer Steuerungstechniken als quantitativ entfernbar angesehen werden. Eine Begrenzung ihrer Konzentration dürfte sich nicht wegen der Belange der Aufbereitungstechnik, sondern wegen ihrer Wirkung im Gewässer ergeben.

Erhebliche Sorgen bereiten der Trinkwasseraufbereitung dagegen die echt gelösten organischen Inhaltsstoffe. In diese Gruppe gehören derart viele Substanzen, daß man sie kaum aufzählen kann. Es handelt sich aber nicht nur um Stoffe, die in ein Gewässer eingebracht werden, sondern auch um solche, die im Gewässer unter der Einwirkung von Einleitungen oder Algenmassenentwicklungen entstanden sind.

Bei der Flockung und Filterung wird nur der Anteil zurückgehalten, der zufällig mit dem Flockungsmittel unlösliche Verbindungen bildet (Stumm-scher Anteil)<sup>5</sup>. Bei der oxydativen Behandlung durch die bekannten Mittel, wie Chlor oder Ozon, kann keine quantitative Oxydation zu Kohlenoxid erreicht werden. Außer einem geringen Anteil vollständiger Oxydation werden lediglich eine Vermehrung von Hydroxy-, Oxy- Carboxylgruppen erreicht, die sich für den weiteren Gang der Aufbereitung nicht unbedingt günstig auswirken muß. Das wirksamste Verfahren zur Entfernung echt gelöster organischer Inhaltsstoffe ist die der Flockung und Filterung nachgeschaltete Adsorption an Aktivkohle oder makroporösen Ionenaustauschern. Es ist technisch möglich, hierdurch ein nach dem Geschmack und Geruch einwandfreies Trinkwasser herzustellen. Das Verfahren ist jedoch sehr teuer. Die Entfernung der echt gelösten Stoffe ist auch hier unvollständig. Da die Konstitutionen der verbleibenden Stoffe unbekannt sind und die Konzentrationen der einzelnen Stoffe praktisch nicht ermittelt werden können, ist eine toxikologische Bewertung nicht möglich, so daß der Hygieniker Bedenken anmelden muß und eine Beschränkung des Restgehalts zur Verminderung des Risikos für die Verbraucher zu verlangen hat. Wegen der aufbereitungstechnischen Schwierigkeiten und des hierfür dauernd



erforderlichen finanziellen Aufwandes resultiert hieraus die Forderung nach einer Beschränkung der Konzentration dieser Inhaltsstoffe im Vorfluter. Hierfür wären aber einige Untersuchungen erforderlich. Grob geschätzt, dürfte die Konzentration an echt gelösten organischen Inhaltsstoffen, gemessen als organisch gebundener Kohlenstoff, in einem im Gleichgewicht belasteten Fließgewässer ungefähr 3 mg/l org C betragen, so daß im aufbereiteten Trinkwasser der Gehalt an echt gelösten Stoffen mit Sicherheit unter 1 mg/l org C gehalten werden kann.

Die Entfernung von Mikroorganismen ist nur durch ein heute technisch mögliches Zusammenwirken von Flockung und Filterung mit oxydierender Desinfektion möglich und bereitet keine Schwierigkeiten, die zu besonderen Anforderungen an die Beschaffenheit des Oberflächengewässers führt. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß bei vollständiger Desinfektion von verbleibenden Mikroorganismen keine Seuchengefahr ausgeht, wohl aber eine Neigung zur Wiederverkeimung in Aufbereitungsanlagen sowie im Rohrnetz bestehen kann, der gesondert begegnet werden muß. Soweit es sich heute übersehen läßt, müßte dieses Problem beherrschbar sein.

Auf die Entfernung von „Schwermetallen“, zu denen der Einfachheit halber auch das Quecksilber und das Arsen gezählt werden sollen, ist dieser Aufbereitungstyp nicht eingerichtet. Man findet im Trinkwasser praktisch die gleichen Konzentrationen wie im Oberflächenwasser, oftmals sogar höhere, da die zur Aufbereitung verwendeten Mittel Verunreinigungen aufweisen, darunter auch verschiedene „Schwermetalle“. Es ist zur Zeit kein wirtschaftlich arbeitendes großtechnisches Verfahren bekannt, das die „Schwermetalle“ bis auf die toxikologisch erforderliche duldbare Restkonzentration aus dem Wasser zu entfernen geeignet wäre und mit dem die Aufbereitungsfolge ergänzt werden könnte.

Es ist deshalb notwendig, daß in einem von der Trinkwasserversorgung genutzten Oberflächengewässer diese Stoffe praktisch nicht vorhanden sind. Hieraus folgt, daß die Einleitung „schwermetallhaltiger“ Abwässer, insbesondere solcher aus Galvanikbetrieben, metallverarbeitenden und einschlägigen chemischen Produktionsbetrieben, wirksam unterbunden wird.

Besondere Beachtung ist der Bedeutung der Salze im Oberflächenwasser zu schenken. Ammoniumionen können oxydativ in Stickstoff bzw. in Nitrat umgewandelt werden, sofern der Gesamtnitratgehalt nicht den Grenzwert überschreitet. Eine Denitrifikation bei erhöhtem Nitratgehalt durch Ionenaustausch ist technisch möglich, doch wegen der hohen Kosten und der durch den Anfall von Regenerierlaugen zu bewältigenden Umweltschutzprobleme nicht anwendbar. Der Nitratgehalt sollte im Oberflächengewässer deshalb 30 mg/l  $\text{NO}_3$  nicht übersteigen.

Calcium kann durch zusätzlich anzuordnende Entkarbonisierungsanlagen nur soweit entfernt werden, wie ein äquivalenter Anteil Hydrogencarbonat im Oberflächenwasser zur Verfügung steht. Darüber hinausgehende Anteile sowie Magnesium und die Alkalihalogenide sind nur durch Ionenaustauscher dem Wasser zu entziehen. Die Kosten für die Entsalzung könnten in gewissem Umfang noch als tragbar angesehen werden. Die Anwendung des Verfahrens verbietet sich jedoch wegen der weiteren Erhöhung der Salzbelastung des Oberflächengewässers. Zur Regenerierung der Ionenaustauscher wird eine Menge Salz (NaCl) benötigt, die ungefähr 20 % größer ist als die aus dem Wasser zu entfernende. Da die Regenerierabläufe nicht anderweitig schadlos beseitigt werden können, müssen sie wieder in das Gewässer eingeleitet werden. Hierdurch erhöht sich der Regenerieraufwand des Unterliegers und auch dessen Erhöhung der Salzbelastung. Bei allgemeiner Anwendung dieses Verfahrens müßte aber auch der Abbau von Steinsalz und damit die Salzbelastung der Oberflächengewässer infolge Ablassens der Endlaugen steigen.

Berücksichtigt man den durch die Zugabe von Aufbereitungsmitteln unvermeidbaren Anstieg der Salzkonzentration, so sollten im Vorfluter folgende Konzentrationen nicht überschritten werden:

Na <sup>+</sup>	4 mmol/l	Cl <sup>-</sup>	6 mmol/l
K <sup>+</sup>	0,2 „	Br <sup>-</sup>	0,05 „
Ca <sup>2+</sup>	5 „	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3 „
Mg <sup>2+</sup>	1 „		

Die Gesamtsalzbelastung sollte unter 6 mmol/l bleiben. Für die Wasserreinigung mit direkter Entnahme, chemischer Aufbereitung und anschließender Langsamsandfilterung bzw. Grundwasseranreicherung, Wiedergewinnung und gegebenenfalls erneuter Aufbereitung, gilt bis auf wenige Besonderheiten das gleiche wie für die direkte Aufbereitung. Die Entfernung echt gelöster organischer Inhaltsstoffe, die beim ersten Aufbereitungstyp der Adsorption über Aktivkohle bzw. makroporösen Ionenaustauschern zufiel, wird hier im Langsamsandfilter oder bei der Versickerung in den Untergrund biologisch durchgeführt. Die Leistung ist auch hier unvollständig. Der größtmögliche biologische Abbau ergibt sich unter aeroben Bedingungen, so daß der Sauerstoffgehalt die Leistungsfähigkeit begrenzt. Der Gehalt an echt gelösten organischen Inhaltsstoffen darf auch hier ungefähr 3 mg/l org C nicht übersteigen.

Störungen sind weiterhin durch eine zu hohe Eutrophierung des Wassers auf den Langsamsandfiltern oder Versickerungsbecken gegeben, da hierdurch

Algenmassenentwicklungen begünstigt werden, in deren Folge der Gehalt an organischen Verbindungen steigt und der biologische Reinigungsprozeß gestört wird. Um diese Störungen zu vermeiden, werden zur Zeit Verfahren entwickelt, durch welche die Algenentwicklung durch Behandlung mit Kaliumpermanganat, Phosphatelimination oder pulsierende Versickerung verhindert werden kann.

Die einst eleganteste Methode zur Aufbereitung von Oberflächenwässer zu Trinkwasser war, sofern die geologischen Gegebenheiten zur Verfügung standen, zweifellos die Uferfiltration. Soweit ich in Erfahrung bringen konnte, wird sie heute wegen der starken Verunreinigung der Fließgewässer nur mit nachgeschalteter chemischer Aufbereitung betrieben. Von den drei Typen der hier behandelten Aufbereitungsgänge ist sie die auf Verunreinigung des Wassers am empfindlichsten reagierende.

Unter den heute herrschenden Bedingungen kann man, wenn man einige Sonderfälle nicht zu stark bewertet, allgemein sagen, daß Gesteinstrüben voll zurückgehalten werden. Im Zusammenwirken mit organischen Inhaltsstoffen sollen im Flußbett und an den Uferzonen Verdichtungen aufgetreten sein, die die Sickerleistungen ganz wesentlich herabsetzten. Die früher praktisch vollständige Rückhaltung von Eisen, Mangan und organischen Kolloiden ist durch den völligen Verzehr des im Wasser gelösten Sauerstoffs bereits zu Beginn der Filtrationsstrecke und die Ausbildung weiterer anaerober Zonen soweit zurückgegangen, daß diese Aufgaben von der nachgeschalteten chemischen Aufbereitung übernommen werden mußten. Das gleiche gilt für den Abbau echt gelöster organischer Inhaltsstoffe. In einigen Fällen der Uferfiltration an stark belasteten Fließgewässern wird zur Unterhaltung der Abbauvorgänge nach dem völligen Verzehr des gelösten Sauerstoffs Nitrat überwiegend sogar bis zum Ammonium reduziert, so daß dieses durch besondere Vorkehrungen wieder entfernt werden muß. Es kann zur Zeit nicht gesagt werden, ob sich die Uferfiltratstrecken bei Anhebung der Wassergüte des Fließgewässers auf die eingangs genannte Gleichgewichtsbelastung unter Berücksichtigung unserer Zusatzforderungen so weit erholen können, daß sie ihre Aufbereitungsfunktion wieder voll erfüllen.

Die Rückhaltung von Mikroorganismen ist auch unter heutigen Bedingungen als weitgehend zufriedenstellend anzusehen. Eine zusätzliche chemische Desinfektion ist stets erforderlich, doch sind Wiederverkeimungen in solchen Wässern nicht oft beobachtet worden.

„Schwermetalle“ werden wie bei der künstlichen Grundwasseranreicherung praktisch nicht zurückgehalten. Lediglich in einigen Anlagen, in deren Infiltrationsstrecken außer den erwünschten Sanden und Kiesen Felspäte, Zeolithe oder andere natürliche Ionenaustauscher vorhanden sind, tritt eine

gewisse Rückhaltung auf. Die Aufnahmekapazität ist jedoch nicht unbeschränkt.

In der Rückhaltung der „Salze“ unterscheidet sich die Uferfiltration mit nachgeschalteter chemischer Aufbereitung nicht von den anderen Aufbereitungsgängen.

Insgesamt gesehen, zeigen die drei hier behandelten Aufbereitungsgänge für Oberflächenwässer keine so wesentlichen Unterschiede in ihrer Empfindlichkeit gegen Verunreinigungen des Gewässers, das man diskutieren könne, ob man den empfindlichsten Gang zur Grenzwertbildung heranziehen oder gar auf diesen verzichten sollte, um die Grenzwertbildung aus den Betriebsbedingungen der leistungsfähigeren aufzubauen.

Unterstellt man, daß unter der Gleichgewichtsbelastung eines Gewässers, insbesondere eines Fließgewässers, die Kennzeichen der biologischen Wassergüteklasse II zu verstehen sind, so sind zur Erhaltung der Trinkwasserversorgung aus diesen Gewässern folgende zusätzliche Begrenzungen notwendig:

I. Beschränkung des Gehalts an echt gelösten organischen Verbindungen auf Werte bis zu 3 mg/l org C. Hierunter fallen in der Summe die sonst gesondert aufgeführten Phenole und die Mineralölprodukte sowie deren biologisch schwer abbaubare Abbauprodukte, sonstige direkt eingeleiteten organischen Verbindungen aus Abwässern der chemischen und verwandten Industrien, aber auch die echt gelösten Verbindungen aus dem Abbau von Algen nach Massenentwicklungen. Die Verbraucherbelastung, unter Anwendung der heute technisch möglichen Aufbereitung, würde dann bei einem Gemisch organischer Substanzen überwiegend unbekannter Struktur und toxischer Wirkung bei Werten unter 1 mg/l org C liegen. Inwieweit bei Überwiegen einer ggf. stark toxisch wirkenden Substanz eine Gefährdung des Menschen möglich ist und deshalb besondere Überwachungseinrichtungen und Sonder-Reinigungsmaßnahmen erforderlich werden, läßt sich noch nicht abschätzen.

II. Beschränkung des Gehalts an Chelatbildnern. Hierfür liegen noch keine Grenzwertvorschläge, aber auch keine erprobten analytischen Verfahren vor. In Ermangelung dieser Grundlagen wird vorgeschlagen, vorläufig festzustellen, daß nicht mehr als 0,05 mg/l Eisen oder die äquivalente Menge eines anderen Schwermetalls, sofern dessen Konzentration nicht anderweitig auf einen niedrigeren Wert beschränkt ist, in chelatgebundener Form vorliegen dürfen. Hierdurch ergibt sich eine Forderung an die Einleitung von Abwässern aus Galvanikbetrieben, Papier- und papierverarbeitenden Fabriken ggf. Zuckerfabriken, aber auch häuslicher Abwässer wegen der Reinigungsmittel.

III. Beschränkung des Gehalts an „Schwermetallen“. Hier sollten die Konzentrationen im Oberflächenwasser höchstens die Werte der WHO-Standards einer Expertengruppe des Europäischen Büros der Weltgesundheitsorganisation in Genf erreichen<sup>6</sup>. Ausgenommen hiervon ist Zink, dessen Gehalt 0,2 mg/l Zn nicht übersteigen sollte, da sonst Schäden bei biologischen Aufbereitungsprozessen zu befürchten sind und wegen der technisch unvermeidbaren Korrosionen in Hausinstallationen aus verzinkten Stahlrohren der Grenzwert mit Sicherheit stark überschritten wird<sup>7</sup>.

IV. Beschränkung des Gehalts an „Salzen“. Die Konzentration der Alkali-, Calcium-, Magnesium-Chlorid und Sulfationen sollten soweit beschränkt sein, daß zur Herstellung eines haushaltsgerechten Einheitswassers zwar noch eine Entkarbonisierung erforderlich, jedoch auch möglich ist; auf jeden Fall aber die Notwendigkeit eine Rückhaltung von  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  und  $\text{SO}_4^{2-}$  vermieden wird.

Diese vier Forderungen erscheinen auf den ersten Blick recht harmlos. Ihre Erfüllung dürfte der Abwasserreinigung und dem Gewässerschutz sehr viele Probleme bereiten. Ihre Erfüllung sollte aber nach dem heutigen Stand der Technik möglich sein. Ihre Durchsetzung muß verlangt werden, da die Wasserwerke sonst vor Probleme gestellt werden, die nach dem Stand der Technik heute nicht lösbar sind.

#### LITERATUR:

- <sup>1</sup> RINCKE, G.: Erfordernisse für die Sanierung unserer Gewässer. Korrespondenz Abwasser 19 (1972), 2—7.
- <sup>2</sup> RINCKE, G.: Wirtschaftliche Betrachtungen zu den Reinhaltanforderungen in einem Flußgebiet. GWF 109 (1968), 1229.
- <sup>3</sup> Eignung von Oberflächenwasser als Grundstoff für die öffentliche Trinkwasserversorgung. DWGW Regelwerk — Arbeitsblatt W 151 Juli 1962, ZfGW-Verlag Frankfurt/Main.
- <sup>4</sup> BERNHARDT, H., und WILHELMS, A.: Einfluß chelatbildender Substanzen auf die Flockung mit Aluminiumsalzen in der Trinkwasseraufbereitung. Vom Wasser 38 (1971), 215—232.
- <sup>5</sup> HASSELBARTH, U., und LANGER, W.: Der Flockungsprozeß im direkten, parallel aufsteigenden Wasserstrom. Jahrbuch „Vom Wasser“ 37 (1970), 190—208.
- <sup>6</sup> Einheitliche Anforderungen an die Beschaffenheit, Untersuchung und Beurteilung von Trinkwasser in Europa. Gertrud Müller, Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1971.
- <sup>7</sup> Die gesundheitliche Bedeutung des Zinks als Umweltfaktor des Menschen speziell in der Trinkwasserversorgung. Petri und Grohmann, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, WaBoLu-Bericht 7/71.

*Anschrift: Direktor und Professor Dr. Ulrich Hässelbarth, 1 Berlin 33, Corrensplatz 1.*

# **Wassergefährdende Stoffe in Oberflächengewässern aus der Sicht häuslicher, städtischer und industrieller Abwassereinleiter**

Von W. N i e m i t z

Wenn von Stoffen gesprochen wird, die Nachteile irgendwelcher Art für die Gewässer verursachen können, wird neben Ausdrücken wie Schadstoff, gesundheitsbedenklicher oder gar gesundheitsgefährdender Stoff in jüngster Zeit häufig, insbesondere von Behörden, der Ausdruck „wassergefährdender Stoff“ benutzt. Für ihn ist im Materialienband zum Umweltprogramm der Bundesregierung eine Definition gegeben, die unter maßgeblicher Mitarbeit des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes erarbeitet wurde. Sie bezieht sich allerdings zunächst nur auf Lagerung und Transport solcher Stoffe. Es kann jedoch kein Zweifel darüber bestehen, daß sie in Zukunft auch für die Bewertung von Abwassereinleitungen in die Gewässer und für andere Probleme des Gewässerschutzes maßgebend werden wird und insoweit die entsprechenden Formulierungen des Wasserhaushaltsgesetzes zwar nicht ersetzen, aber aus fachlicher Sicht ergänzen wird. Die Definition lautet: Wassergefährdend bei Lagerung und Transport sind insbesondere solche Stoffe oder deren Reaktionsprodukte im Wasser, die grundsätzlich oder von einer bestimmten Menge bzw. Konzentration an die Beschaffenheit von Gewässern direkt oder indirekt so zu verändern vermögen, daß

- a) die Gesundheit des Menschen und seine belebte Umwelt bedroht oder anderweitig nachteilig beeinflusst oder
- b) die örtlich gegenwärtig und zukünftig in Betracht kommenden Nutzungen nachteilig beeinflusst oder über ein im Gesamtinteresse aller Nutzer tolerierbares Maß hinaus beeinträchtigt werden.

Aus dieser Definition kann man erkennen, daß es nicht nur darauf ankommt, die Gesundheit des Menschen, soweit sie über die Nutzung der Gewässer bedroht ist, zu schützen, sondern auch die der belebten Umwelt, d. h. die Ökologie des gesamten Lebensraumes der Menschen. Darüber hinaus werden aber auch die Abbauprodukte im weitesten Sinn des Wortes einbezogen, womit der Tatsache Rechnung getragen wird, daß diese gelegentlich noch wassergefährdender sein können als der Ausgangsstoff. Das gilt zumindest für bestimmte Nutzungen oder Organismen ungeachtet der Erfahrung, daß sich die Natur im großen Ganzen mit mehr oder weniger Erfolg bemüht, eingebrachte Fremdstoffe zu „entgiften“.

Bekanntlich gelangt nun über die Abwässer eine umfangreiche Palette wassergefährdender Stoffe in z. T. sehr großer Menge in die Gewässer, was aber nicht besagt, die Abwässer seien die einzige Quelle von Belang für die Verschmutzung der Gewässer. Es sei in diesem Zusammenhang nur auf die Auswirkungen von Unfällen bei Lagerung und Transport solcher Stoffe hingewiesen, ferner auf Niederschlagswässer von Verkehrsflächen in nicht-kanalisierten bzw. trennkanalisierten Gebieten und auf Abschwemmungen von Pflanzenschutzmitteln und anderen, in der Landwirtschaft verwendeten oder bei deren Betrieb entstandenen Stoffen von landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Für die folgenden Betrachtungen wird zweckmäßigerweise unterschieden zwischen rein häuslichen Abwässern, kommunalen oder städtischen Abwässern mit einem mehr oder weniger großen oder spezifischen Anteil an industriellen Abwässern und unmittelbar in die Gewässer eingeleiteten industriellen Abwässern. Weiter soll davon ausgegangen werden, daß diejenigen Reinigungsverfahren angewendet werden, die heute im allgemeinen gefordert, aber leider — wie bekannt — noch lange nicht überall angewendet werden. Die übliche Forderung lautet heute noch „Biologische Reinigung“ oder allenfalls noch „eine der biologischen Reinigung im Wirkungsgrad gleichwertige andersartige Methode“.

Die Frage lautet zunächst: Wie ist die übliche mechanisch-biologische Abwasserbehandlung hinsichtlich ihrer Fähigkeit, wassergefährdende Stoffe zu eliminieren oder wenigstens gefahrlos zu machen, zu beurteilen? Nun, bei rein häuslichen Abwasser darf man wohl sagen, daß dieses nach dem Passieren einer ausreichend dimensionierten und gut gewarteten biologischen Reinigungsanlage seit Inkrafttreten des Detergentiengesetzes keine anderen, sich dem biologischen Abbau widersetzen, bedenklichen Stoffgruppen enthält. Das hängt damit zusammen, daß im Haushalt keine Stoffgruppe in auch nur annähernd vergleichbarer Menge Verwendung findet wie Waschmittel, auf jeden Fall keine, die wie Waschmittel mehr oder weniger vollständig ins Abwasser gelangt. Allerdings wird man in Zukunft den Zwischenprodukten des biologischen Abbaues, die sich anreichern und unter Umständen bedenklich sein können, mehr Aufmerksamkeit widmen müssen als bisher. Das gleiche gilt auch für die nicht-ionogenen Tenside, deren Verbrauch langsam zunimmt, ohne daß es für diese Stoffklasse zur Zeit gesetzliche Beschränkungen gibt. Sollten jemals andere, ins häusliche Abwasser in größerer Menge gelangende Stoffe im Haushalt Verwendung finden, so müßten hierfür ggf. ähnliche Regelungen gefunden werden wie das Detergentiengesetz. Vorläufig zeichnet sich eine solche Entwicklung nicht ab.

Die Frage, inwieweit das in häuslichen Abwässern vorhandene Phosphat, das überschlägig etwa je zur Hälfte aus menschlichen Ausscheidungen und aus den Begleitstoffen der Tenside in den Waschmitteln stammt, als ausgesprochen wassergefährdend angesehen werden kann, soll hier nicht erörtert werden. Auf jeden Fall wird bei Einleitung häuslicher bzw. städtischer Abwässer in Seen oder sehr langsam fließende Gewässer in steigendem Maß eine Eliminierung des Phosphats zum Schutz gegen die Eutrophierung notwendig werden. Das gilt unabhängig davon, ob es eines Tages gelingen wird, die Phosphate in Wasch- und Reinigungsmitteln durch andere, ebenso wirksame, von der Rohstoffbasis und der Herstellung wirtschaftlich vertretbare, aber für die Gewässer nachweislich unbedenklichere Stoffe zu ersetzen. Das bedeutet, daß es besser ist, durch einen etwas höheren Betriebskosteneinsatz das Gesamtphosphat aus den Abwässern zu entfernen, als übereilte Maßnahmen hinsichtlich des Phosphat-Ersatzes zu propagieren. Die Phosphat-Eliminierung aus Abwässern bereitet technisch keine Schwierigkeiten, allerdings muß man, u. a. wegen des merklich erhöhten Schlamm-anfalles, mit einer Kostensteigerung von etwa 20 bis 30 % im Vergleich zu den Kosten einer mechanisch-biologischen Reinigung rechnen.

Streng genommen müssen auch die Krankheitserreger zu den wassergefährdenden Stoffen gerechnet werden, die praktisch immer im häuslichen bzw. städtischen Abwasser vorhanden sind, und zwar auch — wenngleich in verminderter Zahl — in gut biologisch gereinigtem Abwasser. Da hierüber an anderer Stelle diskutiert wird<sup>1, 2</sup>, braucht diese Frage hier nicht weiter erörtert zu werden.

Bei städtischen Abwässern mit einem mehr oder weniger erheblichen Anteil an industriellen Abwässern sieht dagegen die Situation deutlich anders aus. Im allgemeinen werden die industriellen Abwässer — oder sollten es doch wenigstens — vor ihrer Einleitung in die städtische Kanalisation auf ihren Gehalt an solchen Stoffen untersucht, die den Kanalarbeitern, den Kanalisationsanlagen oder dem Betrieb der städtischen Kläranlage gefährlich werden könnten. Ist das der Fall, sind die entsprechenden Abwasserinhaltsstoffe durch innerbetriebliche Maßnahmen wie Vorreinigung so weit herabzusetzen, daß keine Gefahr mehr besteht. Entsprechende Hinweise gibt ein gemeinsames von der Abwassertechnischen Vereinigung, dem Kuratorium für Kulturbauwesen und dem Bundesverband der Deutschen Industrie herausgegebenes Arbeitsblatt. Ein bekanntes Beispiel sind die Galvanikabwässer, die, soweit Cyanide als Komplexbildner benutzt werden, heute keine technischen Probleme mehr aufwerfen.

Allerdings zeichnet sich gerade im Fall der Galvanikabwässer eine Problematik ab, die in gewisser Weise für die Entwicklung auf dem Umweltschutzgebiet charakteristisch ist. Offensichtlich nämlich mit dem Ziel, das



„umweltfeindliche“ Cyanid, das man aber technisch, wie gesagt, einwandfrei beherrschen kann, durch „umweltfreundlichere“ Produkte zu ersetzen, werden in der galvanischen Industrie in zunehmendem Maß organische Komplexbildner benutzt. Diese rufen zwar unmittelbar in den Kläranlagen keine Störungen hervor und sind, wenigstens zum Teil, auch biologisch abbaubar, aber sie werfen dafür neben dem Verschleppen von Schwermetallen bzw. Buntmetallen in die Abwasserbehandlungsanlagen mit entsprechenden Folgen wie Störungen in den Faulbehältern andere Umweltprobleme auf, die bereits diskutiert wurden<sup>3</sup> und vielleicht viel gravierender sind als gelegentliche „Cyanid-Pannen“.

Wenn städtisches Abwasser nach seiner biologischen Reinigung nicht den Anforderungen der Wasserbehörde entsprach und das nachweislich auf eingeleitete industrielle Abwässer zurückzuführen war, wurden entsprechende zentrale oder örtliche Maßnahmen durchgeführt, die sich bisher weitgehend in Analogie zu den wasserbehördlichen Auflagen auf eine Verminderung des Gehalts an absetzbaren Stoffen, des biochemischen Sauerstoffbedarfs oder des Gehalts an ausgesprochenen „Giftstoffen“ beschränkten. Bei der zunehmenden „Chemisierung“ unserer Umwelt wird man aber seitens der Gemeinden zwei Gruppen von Stoffen erhöhte Aufmerksamkeit widmen müssen: zum einen den biologisch schwer abbaubaren Stoffen und zum anderen den wassergefährdenden Stoffen, wobei allerdings insofern eine gewisse Überschneidung besteht, als es durchaus wassergefährdende Stoffe gibt, die leicht abbaubar sind, während schwer abbaubare Stoffe nicht in jedem Fall als wassergefährdend bzw. zumindest nicht als stark wassergefährdend angesehen werden können.

Unter biologisch schwer abbaubaren Stoffen sind solche Stoffe zu verstehen, die eine biologische Kläranlage weitgehend — wenn auch nicht ganz — unbeeinflusst durchlaufen und somit in die Gewässer gelangen. Dort können sie zu erheblichen Schwierigkeiten bei der Aufbereitung von Oberflächenwasser zu Trink- und Betriebswasser führen. Weiter besteht die Gefahr einer Anreicherung über die sog. Nahrungsmittelkette. Das ist auf lange Sicht deswegen bedenklich, weil wir bisher nur sehr wenig darüber wissen, wie sich einzelne dieser Stoffe bei langjähriger Zufuhr in kleinsten Mengen auf die menschliche Gesundheit auswirken können. Zusätzliche Schwierigkeiten entstehen dadurch, daß — selbst wenn über einzelne Stoffe in dieser Hinsicht Näheres bekannt wäre — hinsichtlich der kombinierten Wirkung einer mehr oder weniger großen Zahl solcher Stoffe nur aufgrund sehr langwieriger Forschungsarbeiten zuverlässige Angaben gemacht werden können. Wir sind daher einfach darauf angewiesen, dafür zu sorgen, daß möglichst wenig an solchen Stoffen in unsere Umwelt gelangt, zumindest an solchen Stoffen, die wasserlöslich sind, denn auf dem Sektor der festen

Kunststoffe z. B. stellt sich diese Problematik doch merklich weniger besorgniserregend dar.

Wenn man seitens der Gemeinden diese mit den schwer abbaubaren Stoffen verbundenen Probleme in den Griff bekommen will — und darauf werden die Wasserbehörden mehr und mehr drängen —, dann bleibt nichts anderes übrig, als die industriellen Haupteinleiter in die gemeindlichen Kanalisationen auf diese Stoffe hin näher zu untersuchen. Das wird sich insbesondere dann empfehlen, wenn der Ablauf der gemeindlichen Kläranlage einen merklichen Anteil an diesen Stoffen enthält. Das ist u. a. erkennbar daran, daß in solchen Fällen die Relation zwischen dem Biochemischen Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen ( $BSB_5$ ) als Maß für die biologisch abbaubare Substanz und dem Chemischen Sauerstoffbedarf nach dem Dichromatverfahren (das bisher weitgehend übliche Kaliumpermanganatverfahren ist dafür ungeeignet) oder besser noch dem Gehalt an organischem Kohlenstoff als Maß für die gesamte organische Substanz merklich von derjenigen abweicht, die für rein häusliches biologisch gereinigtes Abwasser charakteristisch ist. Aus der Tabelle, die willkürliche, aber in den Relationen zwischen den einzelnen Parametern einigermaßen praxisnahe Zahlen für einige biologisch bzw. chemisch-physikalisch gereinigte häusliche bzw. städtische Abwässer enthält, ist ersichtlich, daß unter Umständen ein Abwasser, das in bezug auf den Biochemischen Sauerstoffbedarf nicht der heute üblichen Forderung von 20 bis 25 mg/l genügt, insgesamt gesehen für das Gewässer eine geringere Belastung darstellen kann als ein Abwasser, das zwar die  $BSB_5$ -Forderung erfüllt, aber einen hohen Gehalt an schwer

Abwasserart	$BSB_5$ in mg $O_2$ /l	Chemischer Sauerstoffbedarf (mit $K_2Cr_2O_7$ ) in mg $O_2$ /l	Organischer Kohlenstoff in mg C/l
rein häusliches Abwasser, biologisch gereinigt	20	60	18
„normales“ städtisches Abwasser, biologisch gereinigt	20	70	22
städtisches Abwasser mit hohem Gehalt an biologisch schwer abbaubaren Stoffen, biologisch gereinigt	20	150	55
desgl., chemisch-physikalisch gereinigt	45	100	35

Beispielhafte Zusammensetzung einiger biologisch bzw. chemisch-physikalisch gereinigter Abwasserarten

abbaubaren Stoffen enthält. Diese Betrachtungsweise setzt allerdings voraus, daß der Nachholbedarf an Kläranlagen befriedigt ist, d. h. daß unsere Gewässer auch bei längeren Trockenwetterperioden und hohen Wassertemperaturen immer genügend Sauerstoff enthalten.

Wenn es den Städten und Gemeinden in den nächsten etwa 5 bis 10 Jahren nicht gelingen sollte, durch örtliche Maßnahmen an Schwerpunkten innerhalb der fraglichen Betriebe den Gehalt an schwer abbaubaren Stoffen merklich zu verringern, wird es eines Tages unvermeidlich sein, daß die Städte und Gemeinden ihre Kläranlagen erweitern müssen, d. h. daß sie die sogenannte weitergehende Abwasserreinigung<sup>4</sup> durchführen müssen. Die Kosten, die dann hierfür aufgewendet werden müßten, würden noch einmal etwa den Betrag ausmachen, den sie bereits für die mechanisch-biologische Reinigung haben aufbringen müssen. Es wird dann an sie die Frage gerichtet werden, ob dann von vornherein eine chemisch-physikalische Reinigung nicht besser gewesen wäre. Für eine derartige Maßnahme sind allerdings z. Z. infolge eines beträchtlichen Rückstandes in der angewandten Forschung, insbesondere hinsichtlich des Betriebes halbertechnischer Versuchsanlagen, ohne die wegen fehlender Aussagen über Betriebskosten und Betriebssicherheit keine Großanlagen zu planen sind, in der Bundesrepublik ähnlich wie in den meisten Ländern der Welt mit Ausnahme vielleicht der USA die Voraussetzungen noch nicht gegeben.

Auch bei den wassergefährdenden Stoffen im engeren Sinn wird man an den Schwerpunkten des Anfalles ansetzen müssen. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß z. Z. eine Arbeitsgruppe im Auftrag des BMI damit beschäftigt ist, geeignete Testverfahren auszuwählen bzw. ggf. weiterzuentwickeln, mit denen es bei aller Unzulänglichkeit, die solchen Verfahren prinzipiell anhaftet, möglich ist, solche Stoffe — hier zunächst in Hinblick auf Unfälle bei Lagerung und Transport — abschätzend in unterschiedliche Gefahrenklassen einzuteilen. In bezug auf die erwähnten Schwerpunktmassnahmen beanspruchen selbstverständlich diejenigen Stoffe besonderes Interesse, die in die höchsten Gefahrenklassen eingestuft werden; denn auf diese müßten sich die Bemühungen um eine Verminderung ihres Anfalles konzentrieren, sei es durch prozeßtechnische Änderungen oder durch gezielte Abwasserbehandlung an Ort und Stelle ihres Anfalls.

Es braucht hier nicht betont zu werden, daß prozeßtechnische Änderungen wie Kreislaufführung u. a. dergestalt, daß auf die Produktionseinheit bezogen weniger, leichter zu reinigendes oder noch besser überhaupt kein Abwasser anfällt, in jedem Fall die beste Lösung sind. Und es muß der Gerechtigkeit halber festgestellt werden, daß solche Lösungen bereits in vielen Fällen gefunden wurden, insbesondere natürlich beim Bau neuer Produktionsstätten. Ohne solche Maßnahmen speziell bei solchen Betrieben,

die unmittelbar in die Gewässer einleiten und bei denen daher der Druck besonders groß ist, wäre es nicht möglich gewesen, den Anstieg der Gewässerverschmutzung allmählich geringer zu halten als die Zunahme der Produktion. Die erwähnte Arbeitsgruppe hat die Bedeutung dieses Problems bei ihren Überlegungen erkannt. Es ist nämlich eines ihrer Ziele, die Testverfahren mit den entsprechenden Grenzwerten bzw. Grenzwertbereichen so allgemeingültig zu gestalten, daß es der Industrie möglich ist, bereits im Stadium der Entwicklung neuer Stoffe deren spätere Umweltproblematik einigermaßen zuverlässig abschätzen zu können. Nur dann können die später aufzubringenden Kosten zur Vermeidung von Umweltschäden einkalkuliert werden, was sicherlich in nicht seltenen Fällen dazu führen dürfte, daß auf eine großtechnische Produktion verzichtet wird.

Die örtliche Erfassung von schwer abbaubaren und/oder wassergefährdenden Stoffen durch gezielte Abwasserbehandlungsmaßnahmen oder prozeßtechnische Änderungen ist grundsätzlich um so wichtiger, je gefährlicher der Stoff ist, je größer die Menge ist und bei Abwasserbehandlungsverfahren an Ort und Stelle je spezifischer die jeweils günstigste Behandlungsmethode ist. Bezogen auf die Möglichkeit, die biologische Reinigung einzusetzen, bedeutet dies, daß — von Ausnahmen abgesehen — die gemeinsame Behandlung mit den städtischen Abwässern die Methode der Wahl sein dürfte.

Eine gemeinsame Behandlung ist auch insofern von Vorteil, als die Abwasserreinigung bei gleichbleibender Abwasserkonzentration sowohl in Betriebskosten als mehr noch in Investitionskosten je m<sup>3</sup> um so aufwendiger wird, je kleiner die zu behandelnde Abwassermenge wird. Im Durchschnitt kann man mit einer Verdoppelung der Kosten rechnen, wenn die Abwassermenge um eine Zehnerpotenz abnimmt. Das bedeutet, daß die Anlagen sehr kleiner Betriebe unwirtschaftlich hohe Kosten verursachen können. Nicht zuletzt aus diesem Grund und damit aus einer Art Daseinsvorsorge sollten die Gemeinden dem Trend entsagen, zwecks eigener Entlastung gegenüber den Wasserbehörden ihren Einleitern praktisch die gleichen Auflagen zu machen, wie die Wasserbehörde sie von Direkteinleitern fordern würde. (Dieser Trend führt außerdem dazu, daß immer mehr die Direkteinleitung angestrebt wird, da man dann ja auch noch die Kanalbenutzungsgebühr sparen kann, womit ein erheblicher Teil der Kosten für die eigene volle Reinigung der Abwässer getragen werden kann.) Eine Zunahme der Direkteinleitungen nach Zahl und Umfang kann jedoch aus verschiedenen Gründen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann<sup>5</sup>, nicht im Interesse des Gewässerschutzes und damit auch der Wasserbehörden liegen. Das sollten diese bei der Auflagenfestsetzung für gemeindliche und städtische Einleiter berücksichtigen.

Ähnliches, was bisher über die schwer abbaubaren und wassergefährdenden Stoffe in städtischen Abwässern gesagt wurde, gilt für die Direkteinleitungen industrieller Abwässer der verschiedensten Industriesparten. Auch hier wurde bis in die jüngste Zeit das Schwergewicht auf solche Maßnahmen gelegt, die eine biologische Reinigung der gesammelten Abwässer ermöglichen, erklärlich aus dem absoluten Vorrang, den die Sicherung ausgewogener Sauerstoffverhältnisse im Gewässer hatte. Das führte, wie bekannt, dazu, daß alle Abwässer, die biologisch abbaubar waren oder den biologischen Abbau anderer Stoffe nicht hemmten (was um so weniger der Fall ist, je größer der Anteil biologisch abbaubarer Stoffe ist), zusammengeführt wurden, um zentrale biologische Kläranlagen zu errichten, wobei häufig außerordentlich hohe Kosten und ein entsprechender Zeitaufwand erforderlich waren, um überhaupt erst einmal die notwendigen Kanalisationsarbeiten durchzuführen. Jetzt stehen die Anlagen oder sind wenigstens soweit in ihrem Bau bzw. in der Planung fortgeschritten, daß ohne großen Zeitverlust und entsprechende Mehrkosten ein Umsteigen auf eine chemisch-physikalische Behandlung nicht möglich ist. Und auch die Forderung, im Anschluß an die biologische Reinigung eine chemisch-physikalische Behandlung vorzunehmen, ist — nicht zuletzt auch aus wirtschaftlichen Gründen — von heute auf morgen nicht realisierbar, ganz abgesehen davon, daß die Kombination : Biologische Reinigung als 1. Stufe und chemisch-physikalische Behandlung als 2. Stufe keineswegs immer die optimale Lösung darstellt.

Wenn man daher in den Bemühungen um einen verbesserten Gewässerschutz weiterkommen will, wird man auch bei den Direkteinleitern zunächst nach Schwerpunkten fahnden müssen, d. h. nach solchen Stellen innerhalb des Betriebes, an denen besonders große Mengen an schwer abbaubaren Stoffen bzw. wassergefährdenden Stoffen anfallen, insbesondere, wenn diese auch noch in konzentrierter Form vorliegen, so daß sich ihre Eliminierung „lohnt“. Während man bei Einleitungen in die städtische Kanalisation in erster Linie auf Stoffe der höchsten Gefahrenklassen achten muß, wird man bei Direkteinleitern wegen der unmittelbaren Auswirkung auf das Gewässer und wegen der im allgemeinen größeren Produktion solcher Betriebe auch noch nach Stoffen mittlerer Gefahrenklassen suchen müssen. Selbstverständlich sind für solche Überlegungen über die Priorität von Reinigungsmaßnahmen nicht die mg/l-Werte maßgebend, sondern einzig und allein die Frachten, d. h. die Stoffmengen, die je Zeiteinheit ins Gewässer gelangen. Und ebenso selbstverständlich sollte es sein, daß man beim Vergleich verschiedener Betriebe der gleichen Art, also etwa Brauereien, oder, um ein Beispiel aus dem Bereich der Großindustrie zu nennen, das für die Belastung der Gewässer von besonderer Bedeutung ist, Zellstofffabriken, die Fracht dann auf die Produktionseinheit beziehen muß, um die

Anstrengungen der Betriebe hinsichtlich ihrer Abwasserreinigung miteinander besser vergleichen zu können und den Stand der Technik bei Neuanlagen stärker zum Zuge kommen zu lassen. Auch die bekannten, von einem Ausschuß der LAWA erarbeiteten „Normalwerte für Abwasserreinigungsverfahren“ werden diesen Gesichtspunkt ebenso wie den der schwer abbaubaren Stoffe in Zukunft stärker berücksichtigen müssen, als es bisher für notwendig gehalten wurde.

Es ist im Rahmen dieser Ausführungen nicht möglich, auf die Vielfalt von Reinigungsmaßnahmen einzugehen, die für die Abwasserbehandlung an den genannten Schwerpunkten in Betracht kommen können (siehe hierzu<sup>4)</sup>). Es soll aber nicht verschwiegen werden, daß solche Maßnahmen bei ihrer nachträglichen Durchführung in älteren Betrieben oft sehr aufwendig sein können, und zwar nicht nur in bezug auf die Investitionskosten, sondern auch in bezug auf die Betriebskosten. Hier erhebt sich die Frage, ob es immer notwendig ist, derart aufwendige Maßnahmen zu allen Jahreszeiten und vor allem bei allen Abflußverhältnissen im Vorfluter durchzuführen. Man wird sie sicherlich bejahen, wenn es sich z. B. um die Fernhaltung von Quecksilber oder ähnlich hoch toxischen Stoffen handelt. Aber in vielen Fällen wird man sie aus volkswirtschaftlichem Interesse auch verneinen können, z. B. wenn es sich um die meistens sehr aufwendige Fernhaltung von Salzen oder auch von Ammonium-Ionen handelt. Die Wasserbehörden sollten dieser Frage mehr Beachtung widmen, als es bisher geschehen ist, zumal eine derartige Anpassung an die Vorflutverhältnisse bei chemisch-physikalischen Verfahren zu größeren Kosteneinsparungen führt (da hier meistens der Betriebskostenanteil höher ist) und sich auch betriebstechnisch leichter realisieren läßt, denn diese Verfahren können in der Regel im Gegensatz zur biologischen Reinigung ebenso schnell an- wie auch wieder abgeschaltet werden, ggf. sogar automatisch in Abhängigkeit von der Wasserführung. Daß dabei ein ausreichender Sicherheitsspielraum bleiben muß, dürfte selbstverständlich sein, d. h. vor allem das Abschalten darf erst erfolgen, wenn genügend Sicherheit darüber besteht, daß es sich wirklich um ein länger anhaltendes Steigen der Wasserführung handelt.

Wenn man der Möglichkeit zeitlich begrenzter Reinigungsmaßnahmen zustimmt, würde es bei den Betrieben liegen, ob sie es nach Ermittlung der oben genannten Schwerpunkte, die selbstverständlich nur in Zusammenarbeit mit der Wasserbehörde festgelegt werden können, vorziehen, Schwerpunktmaßnahmen bei entsprechend ungünstigen Vorflutverhältnissen durchzuführen oder während dieser Zeit die entsprechende Produktion zu drosseln oder auch einzustellen. Sicherlich sollte ein derartiges Verfahren nicht auf ganz seltene Gefahrensituationen beschränkt bleiben, wie es z. B. bei der Luftverunreinigung mit dem sog. Smog-Alarm geschieht, sondern es

würde mehr oder weniger in jedem Jahr über einen oder auch mehrere, je nach den Witterungs- bzw. Abflußverhältnissen kürzere oder längere Zeiträume durchgeführt werden müssen. Selbstverständlich handelt es sich bei der Drosselung oder gar Stilllegung einer Produktion um einen verhältnismäßig schwerwiegenden „dirigistischen“ Eingriff in das Wirtschaftsleben, um den wir aber vermutlich nicht herumkommen werden, wenn uns die Kosten für den Umweltschutz nicht über den Kopf wachsen sollen. Und man kann auch kaum erwarten, daß sich solche Dinge allein durch die Abwasserabgabe regeln lassen, denn dann würde der Betrieb solche vorübergehenden Maßnahmen zu den Zeiten vornehmen, zu denen es in seine betrieblichen Dispositionen paßt, und nicht, wenn es aus der Gewässersituation heraus unbedingt erforderlich ist.

Insgesamt gesehen läuft die Beurteilung eines jeden industriellen Abwasserproblems auf die Beantwortung folgender Frage hinaus: Mit welchen Maßnahmen können die Frachten möglichst vieler Inhaltsstoffe des einzuleitenden Abwassers, verglichen mit den zu fordernden Flußwasserstandards, bei möglichst großer Wirtschaftlichkeit, die in unser aller Interesse liegt, und ausreichender Betriebssicherheit, die ebenso wichtig ist, auf möglichst niedrige Werte gebracht werden? Dabei verdienen selbstverständlich die Komponenten den Vorrang, die für eine Nutzung des betreffenden Vorfluters von besonderer Bedeutung sind, d. h. bei denen eine Überschreitung des Standards unter allen Umständen vermieden werden sollte. Wenn man daher Flußwasserstandards aufstellt — und daran wird an vielen Stellen gearbeitet —, sollte man sich hinsichtlich der Einstellung der Stoffe in verschiedene Gefahrenklassen vielleicht doch überlegen, ob nicht auch die Bedeutung des einzelnen Standards in bezug auf die Notwendigkeit, ihn auch bei großen Wasserführungen so weit wie möglich zu unterschreiten, unterschiedlich ist. Das wird um so mehr gelten, je mehr Parameter für Flußwasserstandards eingeführt werden sollen. Einen Schritt in dieser Richtung hat das Europäische Büro der Weltgesundheitsorganisation getan, das in den „Vorschlägen für einheitliche Anforderungen an die Beschaffenheit, Untersuchung und Beurteilung von Trinkwasser in Europa“<sup>6</sup> unterscheidet zwischen toxischen Stoffen und störenden Stoffen. Während erstere sicherlich so vollständig wie möglich ferngehalten werden sollten, verursachen letztere bei der Trinkwasseraufbereitung nur von bestimmten Konzentrationen an Störungen, so daß bei diesen Stoffen eine Steuerung in Abhängigkeit von der Wasserführung durchaus vertretbar zu sein scheint.

Was das spezielle Problem der Salzbelastung unserer Gewässer betrifft, so ist es — auf lange Sicht gesehen — sicherlich sinnvoller, solche Produktionen, deren Abwässer Salze enthalten, ans Meer bzw. an die Unterläufe der großen Ströme zu legen, soweit aus diesen, wie z. B. bei der Unter-



elbe, kein Trinkwasser gewonnen werden muß. Selbst zu erwartende internationale Regelungen werden dem nicht entgegenstehen, solange es sich um Alkali- und Erdkali-Chloride-Sulfate, -Carbonate und vielleicht in geringerem Umfang auch -Nitrate handelt, d. h. um Salze, die ohnehin im Meerwasser in außerordentlich hoher Konzentration vorliegen, so daß schon in geringer Entfernung von der Einleitungsstelle eine merkliche Erhöhung des Salzgehaltes nicht mehr feststellbar sein dürfte. Es würde eine ausgesprochene Strapazierung des Begriffes „Wettbewerbsverzerrung“ bedeuten, wenn man mit dieser Begründung solche Einleitungen unterbinden würde. Ähnliches gilt übrigens, ohne daß hier darauf eingegangen werden soll, für die sog. thermische Belastung der Gewässer.

Wenn von wassergefährdenden Stoffen im Zusammenhang mit der Behandlung städtischer und industrieller Abwässer gesprochen wird, kann der bei der Abwasserreinigung anfallende Klärschlamm nicht unerwähnt bleiben. Sein Mengenanfall ist um so größer, je weitergehend das Abwasser gereinigt werden muß. Er enthält einen großen Teil der ursprünglich im Abwasser vorhandenen Stoffe in mehr oder weniger stark angereicherter Form, und die Behandlung, Beseitigung oder — wenn möglich — Verwertung muß so erfolgen, daß keine neue Wassergefährdung verursacht wird. Das Schlammproblem, auf das hier nicht näher eingegangen werden kann<sup>7</sup>, wird sowohl der Bedeutung für die Umwelt nach wie auch in bezug auf die Kostenbelastung immer mehr zum Hauptproblem der Abwasserbehandlung.

Abschließend bleibt festzustellen, daß trotz aller Bemühungen um Wiederverwendung des Abwassers die Nutzung der Oberflächenwässer für die Ableitung vorflutergerecht aufbereiteter Abwässer auch auf lange Sicht hin eine *conditio sine qua non* für unsere Zivilisation bleiben wird. Eine und sicherlich nicht die unwichtigste Aufgabe des Öffentlichen Gesundheitsdienstes — und um den geht es hier ja in erster Linie — ist es, an der auch im Hinblick auf wassergefährdende Stoffe ohne Zweifel unerläßlichen Kompromißfindung zwischen Maßnahmen an Abfallsort der Abwässer, in zentralen Kläranlagen, im Gewässer und schließlich ggf. auch am Nutzungsort, z. B. bei der Trinkwasseraufbereitung, maßgeblich mitzuwirken. Um dafür in jedem anders gelagerten Einzelfall das notwendige Rüstzeug zu besitzen, ist eine sachgerechte Ausbildung und vor allem auch eine sich ständig den neuen Erkenntnissen aus Wissenschaft und Technik anpassende Fortbildung notwendig. Diese Fortbildung sollte aber auf keinen Fall getrennt nach Fachrichtungen durchgeführt werden, denn dann wird die Kompromißfindung immer schwieriger und immer mehr von Zufälligkeiten der jeweiligen Situation bestimmt und nicht von einer Gesamtbetrachtung der sachlichen Gegebenheiten. Vielmehr muß sich eine solche Fortbildung an



einer Zusammenführung der wichtigsten am Umweltschutz — hier auf dem Gebiet der Wasser-, Boden- und Lufthygiene — beteiligten Disziplinen orientieren, wie es hier versucht worden ist.

#### LITERATUR:

- <sup>1</sup> MÜLLER, G.: „Hygienische Probleme der Krankenhausabwasserbehandlung“, dieses Heft, S. 171—174.
- <sup>2</sup> NIEMITZ, W.: „Schwerpunktdesinfektion von Abwässern vor ihrer Einleitung in eine gemeindliche Kanalisation oder Desinfektion der gemeindlichen Abwässer nach ihrer mechanisch-biologischen Reinigung?“, dieses Heft, S. 175—183.
- <sup>3</sup> HASSELBARTH, U.: „Wassergefährdende Stoffe in Oberflächenwässern aus der Sicht der Trinkwasserversorgung“, dieses Heft, S. 127—134.
- <sup>4</sup> JANICKE, W.: „Chemisch-Physikalische Abwasserreinigung“, dieses Heft, S. 155 bis 158.
- <sup>5</sup> NIEMITZ, W.: „Gemeinsame oder getrennte Behandlung kommunaler und industrieller Abwässer“, Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Heft 27, S. 35—44.
- <sup>6</sup> Anon.: Einheitliche Anforderungen an die Beschaffenheit, Untersuchung und Beurteilung von Trinkwasser in Europa (Vorschläge einer vom Büro der Weltgesundheitsorganisation, Kopenhagen, berufenen Studiengruppe). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1971, übersetzt von Müller, G.
- <sup>7</sup> LESCHBER, R.: „Klärschlammbehandlung und -beseitigung“, dieses Heft, S. 185 bis 193.

*Anschrift: Leitender Direktor und Professor Dr. W. Niemitz, Berlin 33, Corrensplatz 1*

# Pflanzenschutzmittel

## als Beispiel nicht lokalisierbarer Gewässerbelastungen

Von F. Herz el

Schädlingsbekämpfungs- und Pflanzenschutzmittel stellen einen nicht mehr wegzudenkenden Faktor bei der Rationalisierung und Ertragssteigerung in der Landwirtschaft dar und gehören damit zweifellos in die Reihe derjenigen Entwicklungen, die einen wirksamen Beitrag zur Erreichung und Festigung unseres Lebensstandards erbracht haben.

Leider hat der verstärkte Einsatz dieser Mittel auch wieder zu Problemen geführt: Die Mittel sollen einerseits intensiv und ausreichend lange wirksam sein, andererseits sollen ihre Rückstände und deren Umwandlungsprodukte nicht persistieren, sondern sich möglichst schnell wieder zersetzen, nachdem sie ihren Zweck erfüllt haben. Hier ergibt sich ein echter Interessengegensatz zwischen Anwendung und Umweltschutz, und dies ist meines Erachtens der Ausgangspunkt vieler Mißverständnisse und der meisten gegensätzlichen Darstellungen dieses Komplexes, je nachdem, von welcher der beiden Blickrichtungen man die Angelegenheit betrachtet.

Ziel unserer Anstrengungen muß es nun sein, einen vernünftigen Kompromiß in dieser Frage zu finden. Das Pflanzenschutzgesetz fordert in § 8 unter anderem, daß ein zuzulassendes Pflanzenschutzmittel bei bestimmungsgemäßer und sachgerechter Anwendung keine schädlichen Auswirkungen für die Gesundheit von Mensch und Tier sowie keine sonstigen schädlichen Auswirkungen haben darf, die nach dem Stande der wissenschaftlichen Erkenntnisse nicht vertretbar sind. Leider ist es außerordentlich schwierig, einen für die „objektive“ Beurteilung der Situation notwendigen umfassenden Überblick zu haben, zumal die Frage, „was ist unbedingt erforderlich und was sollte reduziert, ersetzt oder ganz weggelassen werden“, meist stark vom Einzelfall her beurteilt werden muß.

Es soll hier durchaus nicht verschwiegen werden, daß das Problem der Rückstände von Pflanzenschutzmitteln in „Wasser, Boden und Luft“, das u. a. in unserem Hause bearbeitet wird, ein früher etwas stiefmütterlich behandeltes Untersuchungsobjekt war. Das mag damit zusammenhängen, daß die Höhe der Pflanzenschutzmittelrückstände — was zumindest für Wasser und Luft zutrifft — zum Teil wesentlich geringer ist als in vielen Lebensmitteln, die seit vielen Jahren Gegenstand weit intensiverer Forschung hinsichtlich Rückstandsanalytik und Toxikologie gewesen sind. Man könnte dagegen einwenden, daß es über den Verbleib von Pflanzenschutzmittelresten im Boden viele Arbeiten gibt. Zielsetzung dieser Untersuchungen war

jedoch meist die Klärung der Frage, wie lange das Mittel auf seine Umgebung biologisch wirksam bleibt und ob es Nachkulturen schädigen kann und nicht, was mit dem Präparat letztlich geschieht. Dementsprechend wurden dazu — früher wohl auch in Ermangelung aufwendiger mikrochemisch-analytischer Untersuchungsmöglichkeiten — verbreitet Bioassays für diese Tests herangezogen, die jedoch nur Konzentration von der Wirkschwelle an aufwärts anzeigen und die — soweit es sich um Wuchshemmtests handelt — mit dem Nachteil eines zeitlichen Verzuges behaftet sind.

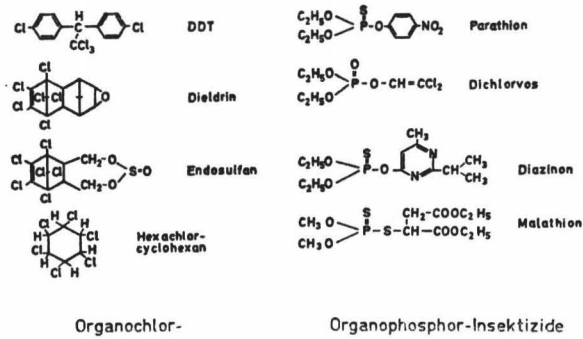
Hier soll jedoch vorwiegend der Frage nachgegangen werden, welche Bedeutung Pflanzenschutzmittelrückstände als Verunreinigung unserer Oberflächengewässer besitzen. Dazu müssen wir die einzelnen Gruppen von Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln etwas näher betrachten. Vom Anwendungsumfang her sind hier vor allem die Insektizide, die Herbizide und die Fungizide interessant. Andere Pestizidarten, wie Akarizide (Spinnmilbenmittel), Molluskizide (Weichtiervernichtungsmittel), Rodentizide (Nagetiervertilgungsmittel) und Saatgutbeizmittel, Bodenentseuchungsmittel und dergleichen spielen mengenmäßig keine wesentliche Rolle.

Von Insektiziden sind im wesentlichen die Gruppen der Organochlor- und der Organophosphorwirkstoffe zu nennen. Die erstere zeichnet sich aus durch ihre außerordentliche Persistenz und Akkumulationsmöglichkeit in der Umwelt, die vor allem in letzter Zeit Gegenstand heftiger Diskussionen gewesen ist und in verschiedenen Ländern zu weitgehender Einschränkung oder zum Verbot der Anwendung geführt hat.

In den folgenden Aufstellungen sollen jeweils einige willkürlich ausgewählte Vertreter dieser drei Wirkstoffgruppen vorgestellt werden: Die Zusammenstellung der Insektizide zeigt die beiden großen Gruppen der chlorierten und der phosphorhaltigen Verbindungen (Abb. 1). Vielfältiger sind die Substanzklassen bei den herbiziden und den fungiziden Substanzklassen (Abb. 2).

Nach ihrer chemischen Natur sollen diejenigen Eigenschaften dieser Verbindungsklassen besprochen werden, die hinsichtlich der Gefährdung unserer Umwelt im allgemeinen und des Wassers im speziellen wichtig sind. Hierzu gehören vor allem ihre Giftigkeit, ihre Beständigkeit gegenüber chemischem und mikrobiologischem Abbau sowie ihre Wasserlöslichkeit im Hinblick auf ihr Versickerungsverhalten.

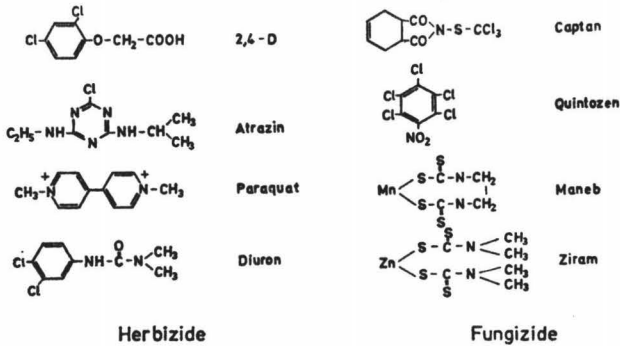
Zunächst zur Toxizität: In einer Arbeit aus 1966 nimmt *M. Hanf* in folgendem Schema eine Einstufung der Wirkstoffe unserer drei Hauptgruppen Insektizide, Herbizide und Fungizide nach der Giftverordnung in die drei Giftabteilungen 1, 2 und 3 vor (Abb. 3). Wie Sie wissen, beinhaltet die Abteilung 1 die giftigste Stufe, die Abteilung 3 die sogenannte weniger giftige 3. Stufe. Wie wir sehen, sind unter den insektiziden Wirkstoffen die



Organochlor-

Organophosphor-Insektizide

Abb. 1. Chemische Struktur einiger Insektizide.



Herbizide

Fungizide

Abb. 2. Chemische Struktur einiger Herbizide und Fungizide.

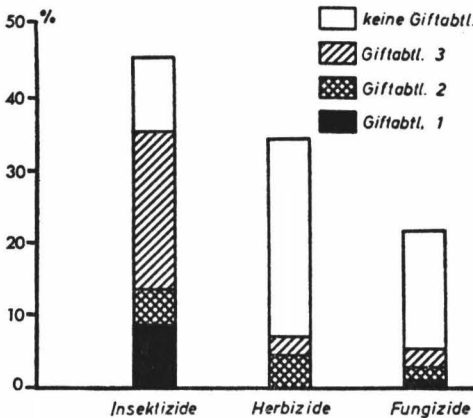


Abb. 3. Verteilung der Wirkstoffe von Insektiziden, Herbiziden und Fungiziden auf die verschiedenen Giftabteilungen.

meisten in eine der drei Giftklassen einzuordnen, bei den Herbiziden die meisten nicht, d. h. sie müssen in den angebotenen Präparaten nicht ausdrücklich als Gifte deklariert werden.

Dem gleichen Autor ist z. T. die folgende Graphik entnommen; sie zeigt die Entwicklung des Verbrauches von insektiziden Wirkstoffen in der Bundesrepublik in Prozent des Gesamtverbrauchs bis 1964; die folgenden Werte sind in Produktionsvolumen ausgedrückt (Abb. 4).

Wege, auf denen Pflanzenschutzmittel ins Oberflächengewässer gelangen, gibt es im wesentlichen zwei: Ihr Ausgangspunkt sind einmal die behandelten Pflanzen einschließlich des Bodens, auf den immer unvermeidlich ein beachtlicher Teil des angewandten Präparats gelangt. Die anderen nicht unerheblichen Quellen sind Produktionsstätten bzw. Formulierbetriebe von Pflanzenschutzmitteln, von wo Rückstände über das Abwasser ihren Weg ins Gewässer finden können.

Die erstgenannten Quellen sind nicht immer leicht lokalisierbar. Von den behandelten Flächen wird bei Regen eine mehr oder weniger große Menge des Mittels abgeschwemmt und kann über kleine Rinnsale, Bäche und dergleichen schließlich in das nächste größere Gewässer gelangen. Diese Gefahr besteht besonders bei schweren Lehm- und Tonböden, in die plötzlich fallender Regen nicht genügend schnell eindringen kann, vor allem aber auch in Intensivbehandlungsgebieten, wie in Hopfenkulturen, oder an abschüssigen Anbauflächen, wie z. B. im Weinbau, in dem eine recht frequentierte Pflanzenschutzmittelbehandlung erfolgt und in dessen unmittelbarer Nähe sich oft Gewässer befinden.

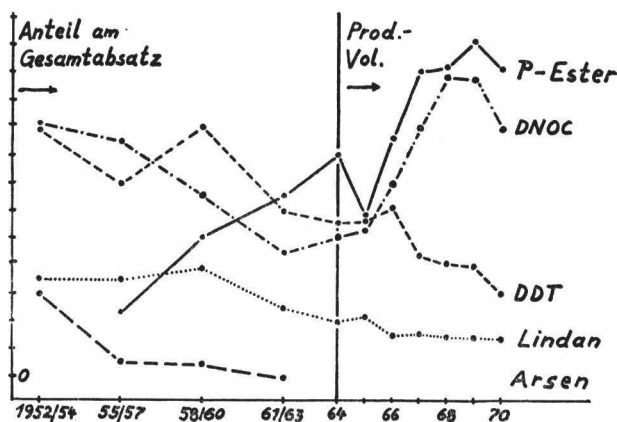


Abb. 4. Entwicklungstendenzen bei verschiedenen Pflanzenschutzmitteln.

Ein spezieller Fall der Kontaminationsmöglichkeit eines Oberflächengewässers mit Pflanzenschutzmitteln von der Anwendung her ist die bewußte Einbringung von Herbiziden in Wassergräben oder Teiche zum Zwecke der Entkrautung derselben. Die Konzentrationen, die hier dem Wasser zugesetzt werden, dürften immer weit höher liegen als zufällige unbeabsichtigte Verunreinigungen, von Unglücksfällen abgesehen. Es gibt sehr vieles für und wider die chemische Entkrautung an und in Gewässern zu sagen. An dieser Stelle soll jedoch auf eine kritische Beleuchtung dieser Fragen verzichtet werden. Fest steht, daß gerade hier eine *unsachgemäße* Behandlung zu erheblichen Schädigungen des Gewässers und des Vorfluters führen kann.

Neben dieser — übrigens örtlich bestimmbaren — Einbringungsart sei schließlich ein Medium erwähnt, das wohl überhaupt als Träger für die weiträumigste Ausbreitung und Verteilung gas- und dampfförmiger oder fester Materie angesehen werden kann: die Luft. Es galt bis vor wenigen Jahren als unvorstellbar, daß relativ schwerflüchtige Wirkstoffe, wie z. B. DDT, zu einem Transport über die Atmosphäre befähigt sind. Unterdessen wissen wir jedoch auch aus eigenen Untersuchungen, daß verschiedene dieser Substanzen sich ständig in der Luft aufhalten. Inwieweit dies in korpuskulärer Form oder als Dampf der Fall ist, bleibt noch einer sicheren Klärung vorbehalten, außerdem die Frage, ob der Übergang in die Atmosphäre vorwiegend aus der Erd- oder der Wasseroberfläche erfolgt. Umgekehrt ist jedoch auch der Eintrag aus der Luft in das Wasser durchaus möglich. Unsere mehrjährigen Untersuchungen des Regenwassers ergaben regelmäßige Befunde an bestimmten Organochlorinsektiziden. Wie sollte man sich sonst auch das Vorkommen von DDT im Grönlandeis erklären?

Die Konzentrationen, beispielsweise an DDT, die in der Luft, meist an Staub gebunden, vorkommen, sind sehr gering. Sie liegen im Bereich von einigen Nanogrammen pro Kubikmeter oder darunter. Eine Berechnung der in der Lufthülle unseres Planeten danach anzutreffenden DDT-Menge wäre eine sehr delikate Aufgabe — für die Weltmeere in etwas Ähnliches schon gemacht worden — sie wäre jedoch sicherlich eine Spekulation, da wir zur Zeit noch zu wenig Meßergebnisse haben und da außerdem zu viele stark veränderliche Gegebenheiten hier mitspielen.

Der Weg von Pflanzenschutzmittelresten aus Produktions-, Formulierungs- oder Verpackungsbetrieben über deren Abwassereinleitung zählt jedoch wieder zu den durchaus realen Wegen des Eintrages in ein Gewässer. Die Konzentrationen können zuweilen örtlich so hoch sein, daß die Wasserbiologie mehr oder weniger in Mitleidenschaft gezogen wird. Spontane Fischsterben — soweit sie wirklich durch Gifte allein verursacht werden und nicht ebenso die Folge der Sauerstoffverknappung des Wassers darstellen —

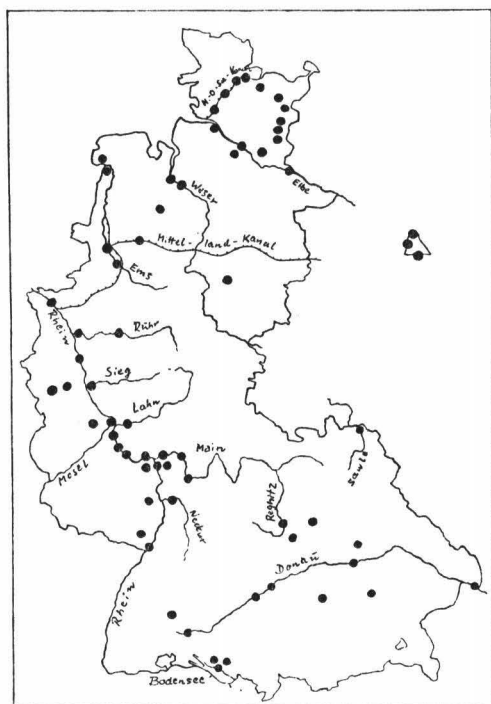


Abb. 5. Probenahmestellen während des Untersuchungsprogramms auf Organochlorinsektizide.

dürften m. E. — abgesehen von sehr kleinen Gewässern — öfter durch eine plötzlich stärkere Belastung mit toxisch wirkendem Abwasser ausgelöst werden als beispielsweise durch die selten schlagartige Abschwemmung von mit Pflanzenschutzmitteln behandelten landwirtschaftlichen Großflächen. Allerdings sind Abwasserfahnen gut lokalisierbare Ausgangspunkte und sollten damit leichter unter Kontrolle zu bringen sein.

Nachdem damit die Möglichkeiten des Hineingelagens von Schädlingsbekämpfungs- und Pflanzenschutzmittlrückständen in die Gewässer aufgezeigt wurden, soll nun — soweit möglich — das Ausmaß der Verunreinigung beleuchtet werden. Dazu haben wir seit einigen Jahren eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt. Sie erstreckten sich auf die Klasse der Organochlorinsektizide, eine Gruppe von Stoffen, die sich — wie wir wissen — durch eine außerordentliche Beständigkeit und durch ihre Kumulierungstendenz auszeichnet, allerdings auch durch ihre Eigenschaft, schon in geringsten Spuren analytisch nachweisbar zu sein, ein Umstand, der es erst ermöglichte, ihre Ubiquität festzustellen.

Die Proben wurden — zum Teil im Verlaufe ausgedehnter Fahrten — aus einer Anzahl der größeren Gewässer der Bundesrepublik entnommen, und zwar wiederholt an der gleichen Stelle zu verschiedenen Jahreszeiten. Wir hatten ursprünglich — übrigens nicht zu recht — angenommen, daß man die Pflanzenschutzmittelanwendung, bedingt durch den Stand der Vegetation, als einen ausschlaggebenden Faktor für den Gehalt der Gewässer an Rückständen anzusehen habe. — Die Kartenskizze (Abb. 5) zeigt die Verteilung der Probenahmestellen.

In das Programm einbezogen wurden  $\alpha$ -HCH (Hexachlorcyclohexan),  $\gamma$ -HCH (Lindan), Heptachlor, Aldrin, Heptachlorepoxyd, DDE, DDD und DDT, Endosulfan und Dieldrin. Darüber hinaus haben wir noch auf das verhältnismäßig beständige Thiophosphorsäurederivat Parathion geprüft, was jedoch sehr selten gefunden wurde. Da die meisten der genannten Wirkstoffe im Wasser sehr schwer löslich sind, reichern sie sich bevorzugt an die Schwebstoffe des Oberflächenwassers an. Aus diesem Grunde haben wir vielfach auch Schwebstoffe durch Abfiltrieren aus einer möglichst großen Menge Wasser gewonnen und auf Insektizide untersucht. Die Tabelle (Abb. 6) gibt einen Überblick über das Programm: Es wurden insgesamt 257 Wasser-, 58 Schwebstoff- und 24 Sedimentproben untersucht. Zu der

Wirkstoff	H C B			$\alpha$ -HCH			$\gamma$ -HCH			Heptachlor		
unters. Material	W.	Schw.	Sed.	W	Schw.	Sed.	W	Schw.	Sed.	W	Schw.	Sed.
Anz. d. Proben	119	20	0	105	39	24	213	58	24	213	58	24
pos. Befunde	0	8	0	49	4	0	181	51	7	9	2	0
Mittelwert	0	18	0	502	27	0	220	22	62	292	1,5	0
höchster Wert	0	57	0	2400	42	0	7100	180	290	2000	2	0

Wirkstoff	Aldrin			Heptachlorepoxyd			Endosulfan			Dieldrin		
unters. Material	W	Schw.	Sed.	W	Schw.	Sed.	W	Schw.	Sed.	W	Schw.	Sed.
Anz. d. Proben	213	58	24	213	58	24	257	58	24	213	58	24
pos. Befunde	2	1	9	3	3	0	51	7	4	2	6	7
Mittelwert	232	10	75	33	5	0	1800	46	581	105	1,5	21
höchster Wert	430	10	630	40	8	0	14.660	128	1280	165	2	75

Wirkstoff	p.p'-DDE			p.p'-DDD			p.p'-DDT			Parathion		
unters. Material	W	Schw.	Sed.	W	Schw.	Sed.	W	Schw.	Sed.	W	Schw.	Sed.
Anz. d. Proben	213	58	24	213	58	24	213	58	24	213	58	24
pos. Befunde	4	2	0	10	6	6	14	22	0	4	3	0
Mittelwert	50	42	0	282	34	65	126	77	0	32	0,4	0
höchster Wert	85	45	0	830	75	200	300	545	0	65	0,4	0

Abb. 6. Übersicht über die Untersuchungsergebnisse (Dimensionen siehe Text).



Dimension der Mittelwerte ist zu sagen, daß sie bei den Wässern in Nanogramm je Liter unfiltrierten Wassers zu verstehen sind, bei den Schwebstoffen in Nanogramm je Filtrerrückstand eines Liters Wasser und bei den Sedimenten in Mikrogramm je Kilogramm Trockenmasse. In den 3 Spalten bedeutet W Wasser, Schw. Schwebstoffe und Sed. Sedimente.

Die gefundenen Konzentrationen sind glücklicherweise sehr niedrig. Die Ergebnisse liegen im Nanogramm- und nur vereinzelt im Mikrogrammbereich. Ein ins Auge fallender jahreszeitlicher Gang im Insektizidgehalt der Gewässer konnte nicht beobachtet werden. Das erscheint bei näherem Hinsehen auch nicht allzu verwunderlich, da schon bei der Probenahme mehrere stark veränderliche Parameter eingehen, die eine Vergleichbarkeit von zwei nicht zur gleichen Zeit und am gleichen Ort entnommenen Proben ausschließen.

Die Analyse dieser Substanzen erfolgt ausschließlich gaschromatisch am Elektroneneinfangdetektor, einem außerordentlich empfindlichen Nachweissystem. Hier können eingespritzte Einzeldosen bestimmter Substanzen bis zu Mengen von  $10^{-13}$  g (0,1 Picogramm) herab erfaßt werden. Das sind Mengen, die — wenn ich diesen Vergleich einmal wählen darf — weit unter dem Gewicht eines Erythrocyten liegen.

Die Organochlorinsektizide, die Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen waren, sind hinsichtlich ihrer Persistenz und Toxizität „relevante Umweltchemikalien“, wenn Sie mir diese moderne und etwas abgegriffene Bezeichnung gestatten wollen. Sie bieten sich jedoch auch als solche an, da es für sie, ähnlich wie zum Beispiel auch für radioaktive Stoffe, extrem empfindliche Nachweismethoden gibt.

Der Trend in der Pflanzenschutzmittelanwendung geht heute zweifellos zu anderen Stoffklassen, die — wie zu hoffen ist — bezüglich Toxizität und Rückstandsproblematik weniger Sorgen bereiten werden. Es bleibt zu hoffen, daß durch den allseitigen Einsatz „umweltfreundlicherer“ Substanzen eine wenigstens partielle Sanierung unseres Lebensraumes möglich sein wird.

#### LITERATUR:

HANF, M.: Entwicklung und Ausmaß der Pflanzenschutzmittel-Anwendung, Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Bd. 73, S. 522 (1966).

*Anschrift: Wissenschaftl. Direktor Dr. F. Herzel, Berlin 33, Corrensplatz 1*

# Chemisch-physikalische Abwasserreinigung

Von W. Janicke

*Terminologisch* seien unter diesem Titel alle Verfahren zur Behandlung von Abwässern vor ihrer Ableitung in einen Vorfluter zusammengefaßt, die ihrer Funktion nach chemischer, physikalischer bzw. physikalisch-chemischer Natur sind und über konventionelle Verfahrenspraktiken (z. B. Abscheidung von Grobstoffen in Rechenanlagen, einfache Sedimentation in Sandfängen und Absetzbecken bzw. Abtrennung von Schwimmschlamm) hinausgehen.

Obwohl nach ihrer Zusammensetzung und Behandlungsfähigkeit zwischen Kommunalabwasser (das heute fast überall nicht mehr rein häuslicher Natur ist, sondern gewerblich-industrielle Anteile enthält) und Industrieabwässern zu unterscheiden ist, sind alle Abwasserarten grundsätzlich den chemisch-physikalischen Behandlungsverfahren zugänglich.

Nach einer 1. oder *mechanischen* (Rechenanlagen, Sandfänge, Absetzbecken) und einer 2. oder *biologischen* (Tropfkörper, Belebtschlammanlagen, Oxidationsgräben usw. zur aerob-biologischen Teilelimination noch verbleibender, biologisch abbaubarer, gelöster bzw. fein suspendierter organischer Stoffe) *Abwasserbehandlungsstufe* wird in zunehmendem Maße eine 3. Reinigungsstufe zum Schutze der Vorflut-Gewässer und ihrer Nutzungen für erforderlich gehalten, was nicht zuletzt durch die in zivilisierten Ländern generelle Überlastung dieser Gewässer (Bäche, Flüsse, Seen) infolge steigender Ballung von Bevölkerung und Industrie und Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion mit ihren Problemen des Anfalls flüssiger Abfälle bedingt ist.

Unter 3. *Abwasserreinigungs-Stufe* sind nun nicht mehr nur solche Verfahren zu verstehen, die lediglich die in einem mechanisch-vollbiologisch behandelten Abwasser noch vorhandenen düngenden und damit zu Gewässereutrophierung (mit deren sekundären Schadenswirkungen, wie Faulschlamm-Bildung, Anaerobie, mangelnder biologischer Abbau; Beispiele: Lake Erie, Lake Tahoe, Tegeler See) führenden Mineralsalze (P-, N-Salze als „Minimumfaktoren“) eliminieren, sondern alle Abwasserbehandlungsprinzipien, die bei im umfassenden Sinne notwendigerweise gesteigerten Anforderungen an Abwasserreinigung und Gewässerschutz geeignet sind, in einer Nachbehandlung biologisch (oder gleichwertig) behandelter Abwässer Restverschmutzungen und besonders auch toxische Spurenstoffe zu entfernen. Diese sind vor allem für anspruchsvolle Nutzungen, wie Trink- und Brauchwassergewinnung, relevant (nicht absetzbare Schwebestoffe, Salze,

toxische Schwermetallionen, biologisch weiter abbaubare sowie refraktäre organische Verbindungen bzw. beständigere Metaboliten, daneben hygienisch bedeutsame, belebte Materie, wie Krankheitserreger und Parasitenkeime, und ggf. radioaktive Stoffe). Damit geht der Begriff „3. Reinigungsstufe“, der oft mit „weitergehende Abwasserreinigung“ („advanced treatment“) umschrieben wird, weit über den einer „Schönung“ des Kläranlagen-Ablaufs hinaus.

*Verfahrenstechnisch* können solche weitergehenden, chemisch-physikalischen Abwasserbehandlungsmaßnahmen einer 2. (biologischen) Stufe nachgeschaltet werden (echte 3. Stufe) oder auch eine solche mit besserem Wirkungsgrad hinsichtlich der Summe der zu eliminierenden Schmutzstoffe ersetzen („weitergehende Reinigung“ im eigentlichen Sinne). Damit handelt es sich bei diesen Maßnahmen, streng genommen, auch nicht um Verbesserungen konventioneller Abwasserreinigungsverfahren im einzelnen, wie Belüftung mit sauerstoffangereicherter Luft oder/und thermophile Verfahrensweise beim Belebtschlammprozeß und dgl., auch wenn solche höhere Eliminationswirkungsgrade erbringen.

In nachstehender Übersicht sind die bekannten und größtenteils bereits praktisch bewährten technischen Verfahren der „3. Reinigungsstufe“ bzw. „weitergehenden Abwasserreinigung“ im dargelegten Sinne, zusammen mit jeweils spezifischer Wirkung und Zweck, aufgeführt.

### Verfahren

zu eliminierende Substanz	Zweck	Verfahren
1. nicht absetzbare Schwebestoffe	Entlastung des O <sub>2</sub> -Haushalts des Vorfluters	Mikrosiebung, Filtration (Diatomeenerde, Druckfiltration mit Anthrazit)
	Erleichterung der Trink- u. Brauchwasseraufbereitung	Flockung (mit Sedimentation oder Filtration) Flotation („foam fractionation“)
2. anorganische Stoffe (Salze ohne Düngestoffe, tox. Metallionen, ggf. radioaktive Nuklide)	Erleichterung der Trink- u. Brauchwasseraufbereitung; Schutz vor direkter Gefährdung durch Trinkwasser	Ionenaustausch umgek. Osmose Elektrodialyse
	Schutz der Bevölkerung vor Anreicherung in der Nahrungskette	Destillation part. Ausfrieren

zu eliminierende Substanz	Zweck	Verfahren
3. organische Stoffe (refraktäre und biologisch abbaubare Restverschmutzung, Metaboliten)	Erleichterung der Trink- u. Brauchwasseraufbereitung u. U. Schutz vor Anreicherung in der Nahrungskette Entlastung des O <sub>2</sub> -Haus-halts des Vorfluters	Adsorption (A-Kohle) Extraktion „Strippen“ Flotation („foam fractionation“) makroporöse Ionenaustauscher Oxidation (chemisch) mit O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , Cl <sub>2</sub> , ClO <sub>2</sub> , Luft, Katalysatoren; thermisch)
4. anorganische Nährstoffe (Düngesalze, N-, P-Salze)	Verhinderung der Gewässereutrophierung (mit sekundären Schadenswirkungen) Entlastung des O <sub>2</sub> -Haus-halts des Vorfluters (sekundär) Erleichterung der Trink- u. Brauchwasseraufbereitung (sekundär)	Fällung (Flockung, Flokkulation) f. PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (CaO, Fe-, Al-, Mg-Salze) mikrobielle Denitrifikation für N-Salze „Strippen“ f. NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (n. Alkalisieren) Ionenaustausch f. NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (n. Ansäuern) Knickpunkt-Chlorung f. NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> kontroll. Einbau i. biolog. Substanz (Biomasse, „algae harvesting“) Desinfektion (chemisch, thermisch, durch Radiation)
5. Krankheitserreger usw.	Ermöglichung des Freibadens Erleichterung der Trink- u. Brauchwasseraufbereitung	

In vielen Fällen läßt sich der gewünschte Eliminations-Wirkungsgrad bzw. die „allgemeinhygienische Sicherheit“ erst durch geeignete *Kombi-nation* solcher Einzelverfahren erzielen. Als solche seien beispielsweise angeführt:

chem. Flockung + biol. Reinigung („Vorklär-“, „Nachklär-“ bzw. „Simultan-flockung“);  
chem. Oxidation + biol. Reinigung;  
biol. Reinigung + biol. Denitrifikation;  
biol. Reinigung + kontroll. Einbau von N, P;  
biol. Reinigung + NH<sub>3</sub>-Strippen;  
biol. Reinigung + Adsorption;  
chem. Oxidation (m. Ozon) + Adsorption;  
chem. Flockung + Filtration + Ionenaustausch + A-Kohle-Behandlung (Zentralkläranlage Washington).

*Anwendung* finden chemisch-physikalische Verfahren z. Z. vorzugsweise zur Behandlung spezieller industrieller und gewerblicher Abwässer, vor allem, wenn diese aufgrund ihrer toxischen Eigenschaften hinsichtlich der abbauenden Mikrobiozönose einer konventionellen biologischen Reinigung nicht zugänglich sind oder andere Argumente (Wirtschaftlichkeitsfragen, besondere Ansprüche an die Qualität des Ablaufs oder Vorfluters) einer solchen entgegenstehen. Für kommunale Abwässer werden diese Verfahren in Ergänzung zu oder als Ersatz von biologischer Reinigung bereits ernsthaft erörtert. Besondere Bedeutung kommt ihnen schon heute dort zu, wo eine Wiederverwendung von industriellen oder auch städtischen Abwässern ohne den äußeren Kreislauf über ein natürliches Gewässer mit seinem Selbstreinigungsvermögen aus wirtschaftlichen oder klimatischen Gründen (aride Zonen) geboten ist (Wasserkreislaufwirtschaft, „water recycling“, „water renovation“; Industrie, Stadt Windhuk).

Die bei jedem Abwasserreinigungsverfahren gemäß dem Grundsatz von der Erhaltung der Materie anfallenden Mengen stark wasserhaltiger *Schlämme* bieten ihrerseits ernsthafte Probleme der Behandlung und Beseitigung, die die Wirtschaftlichkeit der Verfahren maßgebend beeinflussen können. Daher ist man in vielen Fällen mit Erfolg bemüht, Schlamm unter Wiedernutzbarmachung z. B. von Fällungschemikalien des chemischen Flockungsprozesses aufzubereiten. Hierdurch kann u. U. auf kostenintensive und durch toxische Abwasserinhaltsstoffe immer störanfälliger werdende Schlammausfäulung verzichtet werden.

Obwohl die *Prognose* der Anwendung chemisch-physikalischer Abwasserreinigungsverfahren im Zeitalter nahezu ungehemmter Produktion und expansiven Konsums sowie rechtzeitig manifestierten Umweltbewußtseins günstig zu nennen ist, erscheint ihre allgemeine Anwendung für die Verhältnisse in der BRD und vergleichbaren Ländern im Kommunalbereich aus wirtschaftlichen Gründen noch solange unreal, als noch nicht einmal eine vollbiologische Abwasserbehandlung (2. Reinigungsstufe bei potentiell vollem Einsatz) Allgemeingut ist. Damit dürften die biologischen Methoden der Abwasser- und Schlammbehandlung hier vorerst noch die erstrebten Methoden der Wahl bleiben. Im industriellen Sektor dagegen sind die ersteren schon für spezielle Abwasserbehandlungsprobleme oft unentbehrlich.

# Fortschritte biologischer Abwasserreinigung

Von G. B r i n g m a n n und R. K ü h n

Die Reinigung kommunaler Abwässer in einer ersten mechanischen Stufe und in einer zweiten biologischen Stufe ist vom Standpunkt der Wasserhygiene nicht unbedingt ausreichend. In der zweiten Stufe der biologischen Abwasserreinigung werden zwar die sauerstoffzehrenden organischen Inhaltsstoffe der kommunalen Abwässer mehr oder minder weitgehend mineralisiert. Im Ablauf dieser Stufe verbleiben jedoch Stickstoffverbindungen und Phosphate, die als Düngesalze in die Vorfluter gelangen und dort zu einer unerwünschten Massenentwicklung von pflanzlichen Mikroorganismen, insbesondere Blaualgen, Grünalgen, Kieselalgen, führen. Zwar reichern diese Organismen in Lichtzeiten das Wasser zusätzlich mit Sauerstoff an, in Dunkelzeiten jedoch zehren diese Algenmassen Sauerstoff und führen zu einer Sauerstoffverarmung in den Gewässern. Hierdurch gefährden sie das pflanzliche und tierische Leben, insbesondere das Leben jener Metazoen und sauerstoffbedürftigen Protozoen, welche Bakterien und pflanzliche Einzeller aus dem Wasser als Nahrung aufnehmen und damit die sogenannte biomechanische Reinigung des Wassers der Gewässer vollziehen. Die Massen pflanzlicher Organismen bedingen außerdem durch einen hohen Verbrauch an Kohlendioxid und Bikarbonaten im Wasser eine Verschiebung der Wasserstoffionenkonzentration in den alkalischen Bereich. Hierdurch kann aus gelösten Ammoniumverbindungen Ammoniak frei werden, welches in entsprechender Konzentration für tierische Organismen, insbesondere auch für diejenigen, die Bakterien und Planktonten aus dem Wasser aufnehmen, als Gift wirken kann. Massenentwicklung von Algen bedingt nach Absterben der Organismen die Bildung größerer Mengen Schlamm in den Gewässern, der durch Zersetzung in Faulschlamm übergeht. Dieser Faulschlamm wirkt seinerseits sauerstoffzehrend mit den eben geschilderten Folgen und erzeugt außerdem giftige Faulgase, wie Schwefelwasserstoff und Methan, welche im gleichen Sinne das Leben im Wasser und damit die biologische Selbstreinigung des Wassers gefährden. Die geschilderte ungünstige Wirkung der biologischen Abwasserreinigung verlassenden mineralischen Nährstoffe lassen es erforderlich erscheinen, diese Inhaltsstoffe in einer besonderen Verfahrensstufe aus dem biologische gereinigten Abwasser zu entfernen. Da eine einseitige Entfernung entweder nur der Stickstoffverbindungen oder nur der Phosphate allein u. U. nur zu einer Verschiebung des biologischen Gleichgewichtes im Vorfluter führen könnte, ohne daß eine wesentliche Minderung der Massenentwicklung der Algen zu erwarten wäre, dürfte es empfehlens-

wert sein, beide Nährstoffe aus dem Abwasser zu entfernen. Zwar ist Phosphat in hohen Konzentrationen im Abwasser enthalten und seine Entfernung erscheint besonders vordringlich, jedoch ist vom Standpunkt der Wasserhygiene auch dem Nitrat eine wesentliche Bedeutung beizumessen, nicht nur als Algennährstoff, sondern insbesondere darum, weil es über die Uferfiltration in das Grundwasser und damit in das Trinkwasser gelangen kann, wo es nach neueren Erkenntnissen unerwünscht ist.

Die Entfernung von Phosphaten aus biologisch gereinigtem Abwasser erfolgt nach dem heutigen Stande der Erkenntnis im wesentlichen durch chemische Fällung mittels geeigneter Fällungsmittel, Eisen- bzw. Aluminiumsalze. Zur Entfernung der Stickstoffverbindungen in der dritten Stufe der Reinigung kommunaler Abwässer sind dagegen chemische Wege kaum gangbar. Es verbleiben somit im wesentlichen biologische Verfahren. Hier sind zwei Möglichkeiten gegeben, einmal die der Denitrifikation, d. h. der Abgasung des Stickstoffs, zum anderen die der Inkarnierung des Stickstoffs in der Biomasse des Belebtschlammes. Zunächst sei die Entfernung des Stickstoffs durch denitrifizierende Bakterien in Form von molekularem Stickstoff bzw. Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid genannt. Dieses Verfahren der Denitrifikation setzt als ersten Verfahrensschritt eine vollständige Nitrifikation, d. h. eine vollständige Oxydation der Stickstoffverbindungen des Abwassers, vorliegend als Ammonium- und als organischer Stickstoff, bis zum Nitrit bzw. Nitrat durch nitrifizierende Bakterien im Belüftungsbecken voraus, denn eine Denitrifikation kann nur erfolgen aus der oxydierten Form des Stickstoffs.

Der Wirkungsgrad einer Denitrifikation nitrifizierten kommunalen Abwassers ist abhängig von dem Angebot an Wasserstoffdonatoren bzw. dem BSB des Rohabwassers, da die Denitrifikanten unter anaeroben Bedingungen die organischen Stoffe, die im BSB erfaßt werden, mittels des Nitrat-Sauerstoffs oxydieren und so den Stickstoff aus der Nitrat-Bindung freisetzen.

Von *Bringmann und Kühn* sind für die jeweils gegebene Abwasserbeschaffenheit Modellverfahren der Denitrifikation entwickelt worden.

Ist mit einem relativ gleichen mittleren BSB-Angebot im Rohabwasser während des Tagesablaufs im Betrieb einer Abwasserreinigungsanlage zu rechnen, so empfiehlt es sich, den gesamten BSB des Rohabwassers in der Denitrifikation zum Einsatz zu bringen. Der Einsatz des gesamten BSB des Rohabwassers in der Denitrifikation ist möglich, wenn das zufließende Rohabwasser zuerst der Denitrifikationsstufe zugeleitet wird.

In dieser Weise arbeitete die von Verff. betriebene Modellanlage (Bild 1).

Eine Dosierpumpe (A) führte kontinuierlich Rohabwasser der Denitrifikation zu. Eine über eine Redox-Meßkette (I) steuerbare Pumpe (B) ent-

nahm, in Abhängigkeit von dem Redox-Potential des Rohabwassers, variable Mengen nitrifiziertes Abwasser aus den Nachklärtrichter (F) der Nitrifikation und speiste dieses gleichfalls in die Denitrifikation ein. Die Denitrifikation erfolgte in einem mit Weich-PVC-Trägermaterial beschickten Gefäß (C). Das Redox-Potential, bei welchem der völlige Schwund von Nitrit- bzw. Nitrat-Stickstoff in der Denitrifikation eintrat, wurde im Zulauf der Denitrifikation gemessen und lag bei  $-315$  mV. Der Wert wurde automatisch elektronisch konstant gehalten. Aus dem Denitrifikationsgefäß wurde das Mischwasser durch eine den Unterdruck erzeugende Pumpe (D) abgesaugt und dem nachgeschalteten Nitrifikationsbecken (E) zugeführt, in welchem der Ammonium- und organische Stickstoff oxydiert wurden. Ein Kompressor (H) speiste Druckluft über ein Verteilerrohr in die Nitrifikation ein. Den abgesetzten Belebtschlamm aus dem Nachklärtrichter (F) pumpte eine Schlammpumpe (G) laufend in das Belüftungsbecken zurück.

Die absolute bzw. relative Leistung der Denitrifikation war abhängig einerseits vom BSB und andererseits vom Ammonium-Gehalt des Rohabwassers. Für einen relativ niedrigen BSB<sub>5</sub> von 150 mg/l und einem gleichzeitigen relativ hohen Ammonium-Stickstoff-Gehalt von 82 mg/l des Rohabwassers lag die Denitrifikationsleistung bei 60 %, bezogen auf den Ammonium-Stickstoff-Gehalt des Rohabwassers. Bei einem BSB<sub>5</sub> des Rohabwassers von 380 mg/l verblieben von 50 mg/l Ammonium-Stickstoff 6 mg/l Ammonium-Stickstoff im Ablauf der Denitrifikationsstufe, d. h. es ergab sich eine Denitrifikationsleistung von 88 %, bezogen auf den Ammonium-Stickstoff-Gehalt des Rohabwassers.

Im Hinblick auf eine technische Vereinfachung der Stickstoff-Eliminierung waren *Bringmann und Kühn* bestrebt, einen prinzipiell andersartigen Weg einer praktisch vollständigen Entfernung des Stickstoffs aus kommunalen

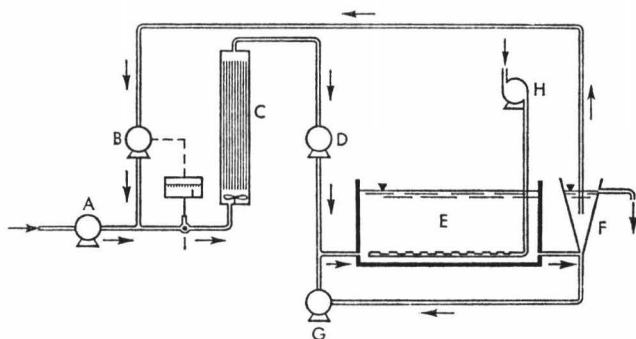


Abb. 1. Prinzipskizze der Modellanlage zur Denitrifikation des Abwasser-Stickstoffs



Abwässern zu beschreiten, und entwickelten ein einfaches, wenig störungsanfällig und wirtschaftlich nutzbares Verfahren der Stickstoffentfernung. Dies war möglich mittels der direkten Inkarnierung des Abwasser-Ammonium-Stickstoffs durch Kohlenstoff-heterotrophe Mikroorganismen im Belebtschlamm unter dosierter Zuführung einer zusätzlichen organischen Kohlenstoffquelle; denn Voraussetzung für die weitgehende oder vollständige Inkarnierung des Stickstoffs durch Mikroorganismen ist ein ausreichendes

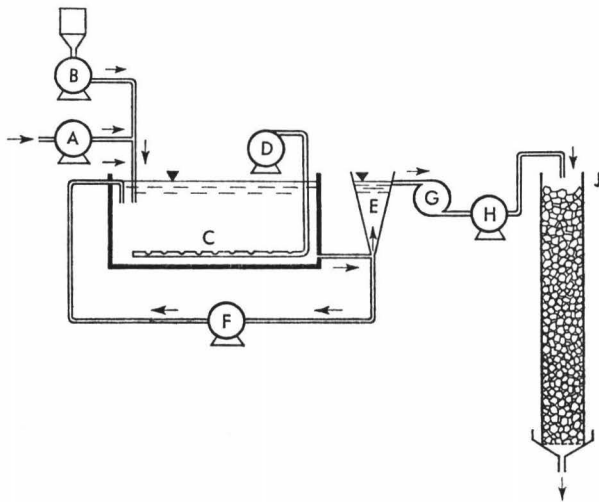


Abb. 2. Prinzipskizze der Modellanlage zur Inkarnierung des Abwasser-Stickstoffs

Stickstoff : Kohlenstoffverhältnis im Abwasser. Ein solches ist im kommunalen Abwasser von selbst nicht gegeben, da Stickstoff im physiologischen Überschuß vorhanden ist. Als Eigenschaften einer derartigen zusätzlichen organischen Kohlenstoffquelle sind niedriger Preis und schnelle biologische Resorbierbarkeit ohne Bildung von Nebenprodukten zu fordern. Verff. verwendeten in der über mehrere Monate betriebenen Modell-Belebtschlamm-anlage Äthanol — als Synthesepirit billig angeboten — als zusätzliche organische Kohlenstoff-Quelle.

Die Anlage (Bild 2) bestand aus einem Belebtschlamm-Becken (C), das durch einen Kompressor (D) belüftet wurde. Dem Belüftungsbecken wurde durch eine Dosierpumpe (A) Rohabwasser zugeführt. Gleichzeitig führte eine Feindosiermaschine (B) dem Belüftungsbecken Synthesepirit zu in einem Volumen, das ein ständig gleichbleibendes Verhältnis Kohlenstoff: Stickstoff im Rohabwasser gewährleistete. Das nach 8-stündiger Verweilzeit aus dem Belüftungsbecken kontinuierlich ablaufende belebtschlamm-

haltige Abwasser floß in einen Absetztrichter (E). Von der Basis des Absetztrichters wurde ein Teil des Belebtschlammes dem Eingang des Belüftungsbeckens wieder zugeführt. Das überschüssige belebtschlammhaltige Abwasser floß aus dem Absetztrichter in einen, nach dem Dekantierverfahren arbeitenden Separator (G). In dem Separator (Umdrehungszahl 3000 U/min) trennte sich der Belebtschlamm von der wäßrigen Phase. Die wäßrige Phase wurde anschließend zur Absättigung des restlichen BSB des Abwassers auf einen Tropfkörper (I) gefördert. Der im Separator abgesetzte Schlamm wurde anschließend bei 105° C getrocknet.

Während des mehrmonatigen Betriebes wurde der Modellanlage Rohabwasser mit einem BSB<sub>5</sub> von 111 mg/l und einem  $\text{NH}_4^+$ -N-Gehalt von 90,1 mg/l zugeführt. Im Ablauf des Belüftungsbeckens zum Separator enthielt das biologisch gereinigte Abwasser nur noch 2,4 mg/l  $\text{NH}_4^+$ -N. Mithin wurde in 8 Stunden Verweilzeit mittels Äthanol als zusätzlicher organischer Kohlenstoff-Quelle praktisch der gesamte Ammonium-Stickstoffgehalt des Rohabwassers — nämlich 97 % — in Biomasse übergeführt. Nicht unerwähnt mag bleiben, daß außer der völligen Inkarnierung des Stickstoffs mittels der Hilfs-C-Quelle auch eine Inkarnierung von etwa 50 bis 60 % des Phosphats erfolgte und somit auch dieser wasserhygienisch unerwünschte Inhaltsstoff in beträchtlicher Menge dem Abwasser entzogen werden konnte. Ein vollständiger Entzug des Phosphats war insofern nicht zu erwarten, als dieser Nährstoff im kommunalen Abwasser im physiologischen Überschuß enthalten ist.

Da der Bedarf an Äthanol Kosten verursacht, war daran gedacht, den erzeugten Trockenschlamm wirtschaftlich zu verwenden. So sollten Fütterungsversuche an Ratten zeigen, daß auch das mit dem beschriebenen Verfahren gewonnene *Schlammprotein* als Eiweißquelle in der Tierernährung Verwendung finden könnte.

Der Rohproteingehalt des durch Abschleuderung gewonnenen, bei 105° C getrockneten Belebtschlammes betrug 58 %. In Versuchsreihen wurden zwei Rattengruppen gehalten, von denen die eine Trockenschlammprotein als Eiweißquelle vorgesetzt bekam, die andere Casein. In jedem Fall war der Rohproteingehalt des Futters auf den gleichen Prozentgehalt (24 %) eingestellt. Als Ergebnis der Fütterungsversuche kann herausgestellt werden, daß Trockenschlammprotein, welches mittels einer zusätzlichen organischen Kohlenstoff-Quelle gewonnen worden war, als Rohprotein von Ratten voll genutzt wurde, wie die gleichmäßige Gewichtszunahme der einerseits mit Trockenschlammprotein, andererseits als Kontrolle mit Casein gefütterten Versuchstiere zeigte.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die Verfütterung des Trockenschlammproteins nur eine Form der Möglichkeit der Nutzung des

Trockenschlammes als Rohproteinquelle aufzeigen sollte. Es sind durchaus andere Verwertungsmöglichkeiten des auf diese Weise gewonnenen Rohproteins denkbar.

Zu diesem Verfahren der Inkarnierung des Abwasserstickstoffs in der Biomasse des Belebtschlammes sei noch bemerkt, daß als zusätzliche organische Kohlenstoff-Quelle auch andere geeignete Substanzen — soweit sie leicht resorbierbar sind und keine Zwischenprodukte bilden — eingesetzt werden können. In Nacharbeitung des Verfahrens wurde an anderer Stelle Glycerin, das dort als Abfallprodukt anfällt, als zusätzliche organische Kohlenstoff-Quelle erfolgreich verwendet.

Im Vergleich zur Denitrifikation, sind die wesentlichen Vorteile des Inkarnierungsverfahrens darin zu sehen, daß die Assimilation des Stickstoffs im Belebtschlamm und damit die Eliminierung des Stickstoffs aus dem Abwasser nicht über eine Nitrifikation erfolgt, sondern der Stickstoff bereits als Ammonium-Stickstoff aus dem Wasser aufgenommen wird, und dieser Prozeß bereits in der zweiten, biologischen Stufe einer Reinigungsanlage kommunaler Abwässer vonstatten gehen kann und nicht erst in der 3. Stufe der biologischen Reinigung.

Im Gegensatz zu kommunalen Abwässern, die wegen ihres Gehaltes an gelösten — aber zum größten Teil abbaubaren — organischen Substanzen und wegen ihres Gehaltes an den gelösten trophisch wirkenden Algennährstoffen Stickstoff und Phosphor zu erhöhter Belastung des Vorfluterwassers führen, bringen ungenügend gereinigte Industrieabwässer u. a. toxische bzw. schwer abbaubare Stoffe in das Vorfluterwasser ein. Durch diese Stoffe kann die biologische Selbstreinigung der Gewässer bzw. die Trinkwassergewinnung aus dem Uferfiltrat oder Oberflächenwasser wasserhygienisch bedenklich beeinflußt werden.

Um einige wassergefährdende Stoffe, Mineralölprodukte, Phenole und aromatische Nitroverbindungen — letztere galten bisher als biologisch nicht abbaubar — aus den Abwässern zu entfernen, entwickelten *Bringmann* bzw. *Bringmann und Kühn* biologische Abbauverfahren, welche mit *stoffwechselspeziellen Mikroorganismen* bzw. stoffwechselspeziellen Verfahren arbeiten; denn mit dem klassischen Belebtschlamm-Verfahren der Reinigung kommunaler Abwässer sind nicht alle in Industrieabwässern enthaltenen Kohlenstoffverbindungen mineralisierbar.

Für die Aufgabe, phenolhaltige Abwässer eines Kunstharzbetriebes mit dem größtmöglichen Wirkungsgrad zu entphenolen, wurde das von *Bringmann* entwickelte Nocordia-Verfahren groß-technisch eingesetzt (Bild 3). Nocordia hat die Fähigkeit, außergewöhnlich hohe Phenol-Konzentrationen abzubauen.

Die zu entphenolenden Abwässer des technischen Kunstharzbetriebes, die in unterschiedlicher Art, als alkalische „Rotwässer“ und als „Sauerwässer“, anfallen, werden getrennt in Tanks gesammelt, um anschließend anteilig durch Pumpen in einen der beiden zur Verfügung stehenden Tagesbehälter überführt zu werden. Aus dem jeweils herangezogenen Tagesbehälter, dem auch die für Nocordia notwendigen Nährsalze Ammoniumphosphat, Kaliumphosphat und Magnesiumsulfat zugesetzt werden, werden die Abwässer mittels einer Pumpe über vier Düsen in feinsten Verteilung peripher auf die Oberfläche des Wassers in einem durch einen Kompressor belüfteten Rundbecken aufgesprüht. Die Wassertemperatur wird bei 20 bis 22° C gehalten. Eine Übersicht über den Wirkungsgrad der biologischen Abwasserreinigung nach dem Nocordia-Verfahren in bezug auf die Verminderung des  $\text{KMnO}_4$ -Verbrauchs sowie der wasserdampfgefährlichen Phenole und des Formaldehyds zeigt die nachstehende Tabelle.

	$\text{KMnO}_4$ - Verbrauch	wasserdampfgefährliche Phenole	Formal- dehyd
Zulauf (Mischabwasser)	130 000 mg/l	4 200 mg/l	2 800 mg/l
Ablauf	12 500 mg/l	35 mg/l	—
Abbauleistung	90,3 %	99,2 %	100 %

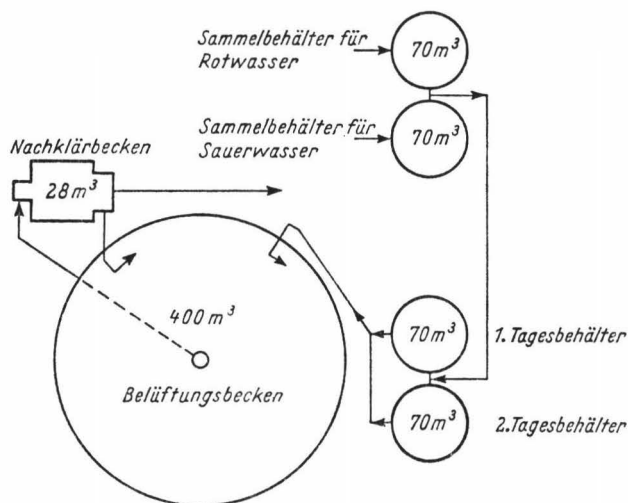


Abb. 3. Prinzipskizze der großtechnischen biologischen Entphenolungsanlage

Bemerkt sei zu dieser Abbauleistung, daß in der Anlage nicht Phenol-Abwässer im üblichen Sinne mit biologisch leicht abbaubaren Phenolen zur Entphenolung gelangen, sondern aus Phenolen und Formaldehyd entstehende Kondensationsprodukte in Gegenwart größerer Mengen freien Formaldehyds. Diese Stoffe haben einen hohen biologischen Sauerstoffbedarf und sind von erheblicher potentieller biologischer Giftwirkung. Trotz dieser schwierigen Ausgangsbedingungen gelingt es, den  $\text{KMnO}_4$ -Verbrauch der zulaufenden Abwässer in der Anlage um 90 % zu verringern. Das Einströmen von 3 g/l freien Formaldehyd stört die biologische Tätigkeit des Nocordia-Belebtschlammes nicht, obwohl im Belüftungsbecken 200 bis 400 mg/l freies Formaldehyd auftreten, der jedoch im Ablauf der Anlage nicht mehr nachweisbar ist.

Als eine weitere Möglichkeit der biologischen Reinigung von Industrieabwässern mittels stoffwechselspeziellen Mikroorganismen sei der Abbau organischer Nitroverbindungen nach dem von *Bringmann und Kühn* entwickelten Azotobacter-Verfahren erläutert. Abwässer können Nitroaromate wie Mono-, Di- und Trinitrotoluol, Mono-, Di- und Trinitrobenzol enthalten. Die Möglichkeit des biologischen Abbaus der genannten organischen Nitroverbindungen durch oxydativen Angriff aerober Mikroorganismen konventioneller Belebtschlammanlagen ist aufgrund der chemischen Natur dieser Stoffe nicht ohne weiteres gegeben. Als geeignet für einen biochemischen Angriff könnten jedoch Mikroorganismen gelten, welche in der Lage sind, unter aeroben Bedingungen organische Nitroverbindungen zu reduzieren. Genannte physiologische Fähigkeiten entwickeln Mikroorganismen der Gattung *Azotobacter*, die in der Natur in erster Linie unter aeroben Bedingungen elementaren Stickstoff binden, indem sie denselben mittels ihres Hydrogenase-Aktivität entfaltenden Nitrogenase-Systems reduzieren. *Azotobacter* ist in der Lage, nicht nur elementaren Stickstoff, sondern auch organisch gebundene Nitrogruppen unter aeroben Bedingungen zu reduzieren, wonach die Reduktionsprodukte weiterem biologischen Abbau zugänglich werden.

Einer 2-stufigen Modell-Abwasserreinigungsanlage (Bild 4), bestehend aus einem Belüftungsbehälter (C) (1. Stufe) — beimpft mit *Azotobacter agilis* — und einem nachgeschalteten Tropfkörper (J) (2. Stufe) — beimpft mit konventionellem Belebtschlamm — wurden in synthetischem Abwasser aromatische Nitroverbindungen, in Mengen von 118 bis 146 mg/l gelöst, kontinuierlich zugeführt. Von den *Tri*- und *Dinitro*verbindungen (128 bis 146 mg/l) verblieb im Ablauf der Belüftungsstufe (1. Stufe) ein Rest von 12,5 bis 24,5 mg/l nichtreduzierter Substanz und 3 bis 10 mg/l reduzierte Metabolite. Im nachgeschalteten Tropfkörper (2. Stufe) wurden die verbliebenen Nitrokörper praktisch restlos reduziert und auch von den reduzierten

Metaboliten verblieb nur ein geringer Rest von 3 bis 6 mg/l. Der Schwund der Nitrogruppen betrug demnach 100 %, der Schwund der reduzierten metabolischen Produkte 95 bis 97 %. Bei Verwendung eines Umpumptropfkörpers wurden alle zum Einsatz gelangten Nitroaromate völlig reduziert und abgebaut. Die *Mononitroverbindungen* (118 bis 132 mg/l) wurden bereits in der Belüftungsstufe der Anlage praktisch völlig reduziert und ihre Reduktionsprodukte waren analytisch nicht mehr nachweisbar.

Die *Mononitroverbindungen* (118 bis 132 mg/l) wurden bereits in der Belüftungsstufe der Anlage praktisch völlig reduziert und ihre Reduktionsprodukte waren analytisch nicht mehr nachweisbar.

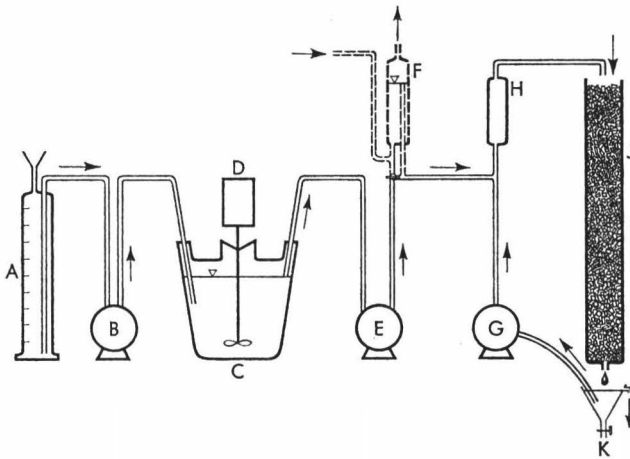


Abb. 4. Prinzipskizze der Modellanlage zum biologischen Abbau von Nitroaromaten

Mineralölprodukte gelangen in steigendem Maße aus Abwässern der Raffinerien bzw. der Mineralölprodukte verarbeitenden Industrien in die Gewässer. Hier können sie durch Oberflächenfilme die Sauerstoffversorgung und damit die biologische Selbstreinigung des überschichteten Wassers gefährden sowie durch Einbringung von Geruchs- und Geschmacksstoffen bzw. durch ihre Metabolite mit entsprechenden ungünstigen Eigenschaften die Qualität des Wassers für Trinkwasserzwecke bis zur Unbrauchbarkeit des Wassers mindern. Unter natürlichen Bedingungen sammeln sich Kohlenwasserstoffe, d. h. auch Mineralölprodukte, deren spezifisches Gewicht unter dem des Wassers liegt, infolge der Oberflächenspannung in dünnen Schichten an der Wasseroberfläche. Ausgehend von diesen natürlichen Verhältnissen, erscheint es notwendig, einer für den biologischen Abbau der

genannten Stoffgruppe geeigneten Mikroflora in Abwasserreinigungsanlagen von vornherein Lebensbedingungen zu bieten, die den natürlichen Verhältnissen durch Schaffung möglichst großer amphibischer Grenz- bzw. Haftflächen angepaßt sind. Diese Haftflächen sollten ständig unter amphibischen Bedingungen gehalten werden, d. h. sowohl mit der wäßrigen Phase wie mit der sauerstoffliefernden Atmosphäre in ständigem Kontakt stehen. Ideale technische und biologische Bedingungen hierfür bietet der Scheibentauchkörper (STK). Die langsam rotierenden Scheiben des STK nehmen laufend einen dünnen Flüssigkeitsfilm beim Durchgang durch das Wasser auf, wobei Mineralölprodukte von der Oberfläche des Abwassers bevorzugt aufgenommen werden. Beim Durchgang durch die Atmosphäre kann der Luftsauerstoff auf der großen Oberfläche der Scheiben in intensiven Austausch mit dem Flüssigkeitsfilm treten. Für die auf der Oberfläche der Scheiben angesiedelten Kohlenwasserstoffe-oxydierenden Organismen (KWO) sind auf diese Weise günstige Biooxydationsbedingungen gegeben. *Bringmann und Kühn* entwickelten aufgrund dieser Erkenntnis eine Scheibentauchkörper-Modellanlage (Bild 5) zum biologischen Abbau von Mineralölprodukten.

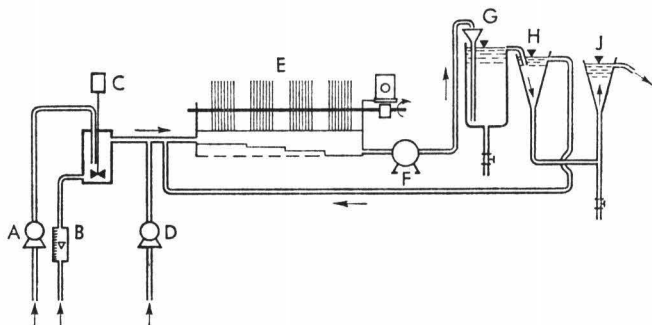


Abb. 5. Prinzipskizze der Scheibentauchkörper-Modellanlage zur biologischen Eliminierung von Mineralölprodukten

Der Scheibentauchkörper wurde vor Inbetriebnahme mit Erdaufschwemmungen, Flußwasser und kommunalem Abwasser beimpft. Die Kohlenwasserstoff-Oxydanten, Stämme der Gattungen *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Chromobacterium*, *Brevibacterium* und *Mycobacterium* siedelten sich auf den Scheiben des Scheibentauchkörpers an.

Für die Beschickung des STK wurde das jeweilige abzubauen Mineralölprodukt über eine Feindosiermaschine (A) in einem volumetrisch kontrollierten konstanten Leitungswasser-Strom (B) gefördert und durch ein

Rührwerk (C) eingerührt. Mittels einer Dosierpumpe (D) wurde laufend Ammoniumphosphat dem Wasserstrom zugeführt. Die Ammoniumphosphat-Dosierung war so bemessen, daß weder N noch P begrenzender Faktor für die Mikroorganismen des STK waren. Die Durchschnittstemperatur des synthetischen Abwassers wurde thermostatisch bei 22° C geregelt. Die Verweilzeit des mineralöhlhaltigen Wassers in der STK-Anlage (E) betrug eine Stunde.

In Weiterbehandlung des aus der Scheibentauchkörperanlage ablaufenden Abwassers floß dieses über den Scheidetrichter (H) ab, an dessen Oberfläche sich ggf. Reste der im Wasser schwerlöslichen Mineralölfractionen sammelten, die dem Eingang der Scheibentauchkörperanlage laufend wieder zugeführt wurden.

Die biologische Eliminierungsleistung wurde laufend spektralphotometrisch kontrolliert. Unter Voraussetzung eines biologischen Abbaus der Mineralölprodukte unter die 1 mg/l-Grenze ergab die STK-Modellanlage in jeweils mehrwöchigem Betrieb Eliminierungsleistungen, bezogen auf die Flächeneinheit des STK, von 20 bzw. 18 g/m<sup>2</sup> in 24 h für Normalbenzin bzw. Flugkraftstoff sowie von 11 g/m<sup>2</sup> in 24 h für Superbenzin bzw. Petroleum. Für Dieselmkraftstoff lag die Eliminierungsleistung bei 4 g/m<sup>2</sup> in 24 h und für leichtes Heizöl bei 2 g/m<sup>2</sup> in 24 h. Die verwendeten Rohöle sowie leichtes Maschinenöl wurden mit einer Leistung von etwa 1 g/m<sup>2</sup> in 24 h eliminiert, während für mittleres Maschinenöl und Bohröl die Eliminierungsleistung bei 0,5 g/m<sup>2</sup> in 24 h verblieb.

Die Eliminierungsleistung, bezogen auf den Nutzinhalt des Wasserbeckens des STK, lag bei 5 kg/m<sup>3</sup> in 24 h für Normalbenzin und Flugkraftstoff, bei 3 kg/m<sup>3</sup> in 24 h für Superbenzin und Petroleum. Von Dieselmkraftstoff wurde über 1 kg/m<sup>3</sup> in 24 h und von leichtem Heizöl 0,5 kg/m<sup>3</sup> in 24 h eliminiert. Die Eliminierungsleistung für die verwendeten Rohöle sowie für leichtes Maschinenöl lag bei etwa 0,25 kg/m<sup>3</sup> in 24 h, während von Bohröl und von mittlerem Maschinenöl 0,15 kg/m<sup>3</sup> in 24 h eliminiert wurden.

Grundsätzlich für alle Modellverfahren des biologischen Abbaus spezieller organischer Abwasserinhaltsstoffe, so auch für die hier beschriebenen Anlagen, wäre zu sagen, daß im Falle der praktischen Anwendung der Verfahren eine Verringerung der in der Modellanlage aus Versuchsgründen angewandten optimalen Konzentration zusätzlicher Nährstoffe erreicht werden kann. Darüber hinaus wäre grundsätzlich anzustreben, gereinigte Abwasser spezieller Abwasserreinigungsanlagen nicht unmittelbar in den Vorfluter, sondern in eine Reinigungsanlage kommunaler Abwässer oder in eine zentrale Anlage industrieller Abwässer einzuleiten, um gegebenenfalls überschüssige Nährstoffe dem biologischen Abbau zuzuführen.



## LITERATUR:

- BRINGMANN, G. u. KÜHN, R.: Denitrifikation von kommunalem Abwasser unter Einsatz des gesamten BSB. Ges.-Ing. 88 (1967), 377—379.
- BRINGMANN, G., KÜHN, R. u. BECKER, K.: Inkarnierung des Stickstoffs kommunaler Abwässer mittels einer Hilfs-C-Quelle und Versuchsverfütterung des Trockenschlammes. Ges.-Ing. 90 (1969), 219—221.
- BRINGMANN, G.: Abwasserreinigung als Umweltschutz und Eiweißquelle. UMSCHAU aus Wissenschaft und Technik 71 (1971), 23.
- BRINGMANN, G. u. SCHRÖDER, W.: Großtechnische biologische Entphenolung der Abwässer eines Kunstharzbetriebes nach dem Nocordia-Verfahren. Ges.-Ing. 81 (1960), 205—207.
- BRINGMANN, G. u. KÜHN, R.: Biologischer Abbau von Nitrotoluolen und Nitrobenzolen mittels *Azotobacter agilis*. Ges.-Ing. 92 (1971), 273—276.
- BRINGMANN, G. u. KÜHN, R.: Abbau von Nitrophenolen und Nitrokresolen im *Azotobacter*-Verfahren. Ges.-Ing. 93 (1972), 301—303.
- BRINGMANN, G. u. KÜHN, R.: Biologischer Abbau von Mineralölprodukten im Scheibentauchkörperverfahren. Ges.-Ing. 89 (1968), 179—186.
- BRINGMANN, G. u. KÜHN, R.: Vergleichende Untersuchungen zum mikrobiellen Abbau von Alkanen, Alkenen, Cycloalkanen und Cycloalkenen im Scheibentauchkörperverfahren. Schr.-Reihe Ver. Wasser-Boden-Lufthyg. Berlin-Dahlem, H. 33, Stuttgart 1970.

*Anschrift: Direktor und Professor Dr. G. Bringmann, Wissenschaftl. Oberrätin Dr. R. Kühn, Berlin 33, Corrensplatz 1*

# Hygienische Probleme der Krankenhausabwasserbehandlung

Von Gertrud Müller

Als man nach 1945 mit systematischen bakteriologischen Abwasseruntersuchungen begann, stellte sich heraus, daß es eine Reihe von Krankheitserregern in nicht unbeträchtlicher Menge enthielt. So muß nach den Untersuchungsergebnissen von *G. Müller*<sup>1</sup>, *Denecke*<sup>2</sup>, *Reploh und Handloser*<sup>3</sup> im häuslichen Rohabwasser einer Großstadt mit der ständigen Anwesenheit von Salmonellen gerechnet werden. *Jensen*<sup>4</sup>, *Wagener, Mitscherlich und Reuss*<sup>5</sup> und *G. Müller*<sup>6</sup> fanden, daß auch Tuberkelbakterien im großstädtischen Siedlungsabwasser keine Seltenheit sind und als ein regelmäßiger Bestandteil der Bakterienflora im städtischen Rohabwasser, auch ohne daß dieses durch Lungenheilstätten besonders belastet wäre, angesehen werden müssen. *Carlson*<sup>7</sup> konnte, besonders in den Sommermonaten, regelmäßig Viren im Rohabwasser nachweisen. Auf die Tatsache, daß in einer mittelgroßen Stadt 1 l Rohabwasser etwa 60 Wurmeier enthält, weist *Lehmann*<sup>8</sup> hin. Andererseits ist aber auch bekannt, daß, abgesehen von den Wurmeiern, die nach angemessener Absetzzeit in der mechanischen Stufe einer Kläranlage in den Klärschlamm übergehen, durch eine biologische Abwasserreinigung nicht alle Krankheitserreger vernichtet werden<sup>9</sup>.

Es lag daher nahe, für dieses breite Spektrum an Krankheitserregern im Siedlungsabwasser nach Quellen zu suchen, die dafür verantwortlich gemacht werden können, und es ist verständlich, daß sich dafür der Schlachthof und das Krankenhaus zwangsläufig anboten. *Antze und Hösel*<sup>10</sup> nahmen daher eine Analyse dahingehend vor, welche seuchenhygienischen Gefahren durch Abwasser von Krankenanstalten, besonders von Infektionsabteilungen, Mikrobiologischen und Pathologischen Instituten zu erwarten sind, zumal nach Inkrafttreten des Wasserhaushaltsgesetzes und des Bundesseuchengesetzes auch rechtliche Konsequenzen gezogen werden mußten. Sie kommen zu dem Schluß, daß durch die Einleitung dieser speziellen Abwässer in eine städtische Sammelkanalisation, die ein ohnehin mit Krankheitserregern belastetes Abwasser enthält, eine seuchenhygienische Mehrbelastung dieses Siedlungsabwassers nicht zu erwarten ist. Damit vertraten sie die gleiche Grundeinstellung wie beispielsweise *Kruse*<sup>11</sup>, *Eyer*<sup>12</sup>, *Schäfer*<sup>13</sup> oder *Megay*<sup>14</sup>. Auch nach eigenen Untersuchungen<sup>15</sup> in Abwässern Hamburger Krankenhäuser muß der Schluß gezogen werden, daß die Einleitung von Krankenhausabwässern, selbst bei Vorhandensein von Infektionsstationen, Pathologie und Mikrobiologischen Instituten, in ein großstädtisches Kanal-

netz, das in eine ordnungsgemäß dimensionierte Kläranlage mündet, seuchenhygienisch belanglos ist.

Es ist bekannt, daß die Zahl der Salmonelleninfektionen in den vergangenen Jahren erheblich zugenommen hat und mit Sicherheit nicht mit den durch die Seuchenstatistik erfaßten Erkrankungszahlen übereinstimmen. Das wahre Bild der tatsächlichen Salmonellenverbreitung in der Bevölkerung wird also nur unvollkommen wiedergegeben. Ein erheblicher Anteil dieser Infektionen verläuft ohne ärztliche und vor allem ohne stationäre Behandlung und muß deswegen zwangsläufig der Erfassung entgehen.

Bei systematischen Stuhluntersuchungen an etwa 4000 nicht darmkranken Patienten konnte *Schäfer*<sup>16</sup> auf 136 Personen 1 Salmonellenträger ermitteln. *Marcuse und Henze*<sup>17</sup> untersuchten 18 000 nicht darmkranke Patienten und fanden auf 142 Personen 1 Salmonellenträger. Nach *Haack*<sup>18, 19</sup> und *Kruse*<sup>11</sup> entstammen etwa 95 % der im städtischen Abwasser enthaltenen Infektionserreger der nicht-hospitalisierten Bevölkerung und nur höchstens 5 % den Infektionsabteilungen der Krankenhäuser. Auf diesen Infektionsabteilungen wird durch die laufende Desinfektion am Krankenbett versucht, die Erreger bereits an Ort und Stelle zu vernichten. Es fällt also mit dem Krankenhausabwasser nur ein Bruchteil derjenigen Mengen an Krankheitserregern an, die von jenen in ihrem häuslichen oder beruflichen Lebensraum verbleibenden Ausscheidern der allgemeinen Kanalisation zugeführt werden. Daran wird sich auch durch die zunehmende Schaffung von Sanitärzellen im Krankenhausbereich nichts Grundsätzliches ändern.

Die Notwendigkeit einer neben der laufenden Desinfektion am Krankenbett auf dem Krankenhausgelände zu installierenden Abwasserdesinfektionsanlage sollte also abhängig gemacht werden von den örtlichen Gegebenheiten. Ist die Möglichkeit der Einleitung von infektiösen und anderen Krankenhausabwässern in die gemeindliche Sammelkanalisation gegeben, besteht in der Regel keine Veranlassung, bereits auf dem Krankenhausgelände Abwasserdesinfektionsanlagen zu installieren. Eine Abwasserdesinfektion städtischer Krankenhäuser erübrigt sich selbst dann, wenn es sich um Abwässer aus Infektionskliniken und Tbc-Krankenhäuser handelt, weil, wie oben angeführt, bereits das „normale“ städtische Abwasser durch die unkontrollierbaren Abgänge teils bekannter, teils unbekannter Ausscheider so reich an Krankheitskeimen aller Art ist, daß die Desinfektion eines mengenmäßig geringen Anteils der Abwässer keine entscheidende Verminderung des Erregerspektrums im Kanalnetz bringen kann. Lediglich für den Fall, daß ein oder mehrere Infektionskrankenhäuser überregionaler Bedeutung an die Kanalisation einer kleineren Stadt angeschlossen sind, könnte eine Desinfektion notwendig werden. Wegen der Art der dann anzuwendenden Maßnahmen wird auf die DIN 19520

„Richtlinien für die Behandlung von Abwasser aus Krankenanstalten, Ausgabe Mai 1964) verwiesen bzw. bei Desinfektionsmaßnahmen, die aufgrund des § 41 des Bundes-Seuchengesetzes *amtlich* angeordnet werden, auf die in der vom BGA herausgegebenen Liste der zugelassenen Desinfektionsmittel und -verfahren (veröffentlicht im Bundesgesundheitsblatt 14, 21, 312, 1971). Im allgemeinen wird dann der Abschnitt 3.4 der o. a. Liste in Frage kommen, der besagt, daß „bei der Prüfung der Notwendigkeit einer Desinfektion von Abwasser die jeweiligen mikrobiellen Verhältnisse im Vorfluter (Gewässer oder Kanalisation mit gemeindlicher Kläranlage) berücksichtigt werden sollten. Falls danach bei Ableitung in eine Kanalisation eine Maßnahme erforderlich ist, genügt es im allgemeinen, den Gehalt des Abwassers an Krankheitserregern soweit zu vermindern, daß er unter dem des aufnehmenden gemeindlichen Abwassers liegt.“

Es steht außer Frage, daß die völlige, aber einseitige Sanierung auf dem Sektor des Krankenhausabwassers zum mindesten in einer Großstadt keine einschneidende Verringerung der Belastung mit Krankheitserregern für das der städtischen Kläranlage zulaufende Gesamtabwasser und für das in den Vorfluter ablaufende, geklärte Abwasser mit sich bringen kann. Desinfektionsmaßnahmen sollten daher, wenn ein wirkungsvoller Gewässerschutz betrieben werden soll, der gleichzeitig den Wert eines Gewässers für die Volkserholung berücksichtigt, zentral am Kläranlagenablauf angesetzt werden. Das bedeutet, daß im Zuge der Verhältnismäßigkeit der Maßnahmen der Einbau von Abwasserdesinfektionsanlagen im Krankenhaus nicht generell angeordnet, sondern je nach Lage der Dinge von Fall zu Fall entschieden werden sollte.

#### LITERATUR:

- <sup>1</sup> MÜLLER, G.: Der Nachweis von Keimen der Typhus-Paratyphusgruppe im Wasser, H. H. Noelle-Verlag, Hamburg 1947.
- <sup>2</sup> DENECKE: Arch. Hyg. 141 (1957), S. 624.
- <sup>3</sup> REPLOH, H. und HANDLOSER, S.: Arch. Hyg. 141 (1957), S. 630.
- <sup>4</sup> JENSEN, G.: Acta Tub. Scand. 16—17, 1942/43.
- <sup>5</sup> WAGENER, K., MITSCHERLICH und REUSS: Zit. nach Krebs, Z. Ges. Hyg. 2/3, 1957.
- <sup>6</sup> MÜLLER, G.: Z. Städtehygiene 5, 1959.
- <sup>7</sup> CARLSON, S.: Z. Bakt. I. O, A, 212, 50, 1969.
- <sup>8</sup> LEHMANN, O. J. M.: Diss. München, 1954.
- <sup>9</sup> MÜLLER, G.: Z. Städtehygiene 5, 1955.

- <sup>10</sup> ANTZE, H. H. und HÖSEL, G.: Kommunalwirtschaft 4, 1962.
- <sup>11</sup> KRUSE, H.: Desinfektion u. Ges. Wes. 49 (1957), S. 22.
- <sup>12</sup> EYER, H.: Münchener Beiträge, Bd. 8, Oldenbourg, München 1970.
- <sup>13</sup> SCHÄFER, W.: Ges.-Ing. 78 (1957), S. 304.
- <sup>14</sup> MEGAY, K.: Wasser und Abwasser, Verlag Winkler & Co, Wien 1957.
- <sup>15</sup> MÜLLER, G.: Arch. Hyg. 151 (1967), S. 8, S. 752.
- <sup>16</sup> SCHÄFER, W.: Arch. Hyg. 141 (1957), S. 235.
- <sup>17</sup> MARCUSE u. HENZE: Z. Bakt. I. O. 167 (1956), S. 134.
- <sup>18</sup> HAACK, K.: Der öffentl. Ges. Dienst 16 (1954), S. 1, S. 53.
- <sup>19</sup> HAACK, K.: Z. Städtehygiene 12 (1961), S. 265.

# **Schwerpunktdesinfektion von Abwässern vor ihrer Einleitung in eine gemeindliche Kanalisation oder Desinfektion der gemeindlichen Abwässer nach ihrer mechanisch-biologischen Reinigung?**

Von W. Niemitz

Die gestellte Frage muß nach den gleichen Gesichtspunkten beantwortet werden, die an anderer Stelle<sup>1</sup> über die Notwendigkeit des Abwägens der Vor- und Nachteile von schwerpunktartigen oder zentralen Abwasserbehandlungsmaßnahmen dargelegt wurden. Entscheidend ist demnach, daß eine örtliche Behandlung um so eher in Betracht kommt, je größer die anfallende Abwassermenge, je gefährlicher der fragliche „wassergefährdende“ Stoff und je spezifischer die jeweils zweckmäßigste Eliminierungsmöglichkeit ist. Unter diesem Aspekt soll das Thema weitgehend, wenn auch nicht ganz unabhängig von rechtlichen Erwägungen, unter technisch-naturwissenschaftlichen Gesichtspunkten behandelt werden.

Von Gertrud Müller<sup>2</sup> ist festgestellt worden, daß in bezug auf Menge und Gefährlichkeit der Krankenhausabwässer — auch der „normaler“ Isolierstationen — Schwerpunktmaßnahmen wenig erfolgreich für die Verbesserung der Gesamtsituation sein können, solange es nicht gelingt, die durch Krankheitserreger aller Art verursachte Gefahrensituation in den städtischen Kanalisationen drastisch zu vermindern. Das stößt jedoch wegen der beträchtlichen Zahl von vielfach unerkannten und sich in bezug auf die Zusammensetzung des betroffenen Personenkreises ständig ändernden vorübergehenden oder dauernden Ausscheidern auf praktisch unüberwindliche Schwierigkeiten. Erst wenn alle sonstigen Infektionsquellen so weitgehend eliminiert wären, daß der Nachweis von Krankheitserregern nicht mehr wie jetzt alltäglich ist, sondern zu den Seltenheiten gehört, wären Überlegungen für eine spezielle Behandlung von Krankenhausabwässern u. ä. angebracht. Zu dieser Eliminierung kann jedoch — um das vorwegzunehmen — lediglich eine zweckentsprechende zentrale Behandlung aller verdächtiger Abwässer, also insbesondere der städtischen, beitragen, niemals aber eine Behandlung an in den meisten Fällen nur vermeintlichen Schwerpunkten. Um ein spezielles Beispiel zu nennen, sei auf die in Europa praktisch ausgerotteten Pocken hingewiesen. In bezug auf die bekanntlich dennoch notwendigen Pockenstationen ist daher eine Desinfektion der dort anfallenden Abwässer sicherlich vertretbar, auch wenn die Wahrscheinlichkeit einer Pockenverbreitung über das Abwasser solcher Stationen als sehr viel geringer

zu veranschlagen sein dürfte als z. B. ihre Verbreitung über den direkten Kontakt oder über die Luft (Staub, Klimaanlagen usw.).

Es bleibt also nur noch die Frage nach der Spezifität der zweckmäßigsten Eliminierungsmöglichkeit, wobei diese sicherlich nicht nur im Hinblick auf einen möglichst vollständigen Effekt, sondern ohne Zweifel auch im Hinblick auf die Volkswirtschaft und den Einfluß auf die Gesamtsituation zu prüfen ist. Im Prinzip bestehen z. Z. drei Möglichkeiten: die thermische Behandlung, die Behandlung mit Chlor oder Chlor-abspaltenden Verbindungen und die Behandlung mit Ozon, die — wenn auch mit gewisser Einschränkung hinsichtlich des Ozons — so weit entwickelte Verfahren sind, daß sie technisch realisierbar und wirtschaftlich, wenn auch mit im einzelnen recht unterschiedlichem Aufwand, vertretbar sind.

Die thermische Behandlung, die je nach der angewandten Temperatur und der Einwirkungszeit einer Sterilisation nahe kommt, ist allgemein bekannt und verspricht, abgesehen von Sonderfällen wie den Milzbrandsporen, die zu ihrer Abtötung andere Voraussetzungen benötigen als im allgemeinen vorliegen, einen sicheren Desinfektionserfolg. Sie verursacht jedoch einen verhältnismäßig hohen Aufwand, ohne daß hier auf Einzelheiten eingegangen werden kann, und bedingt nach vorliegenden Erfahrungen auch gewisse Schwierigkeiten bei der Wartung und vor allem bei der Überholung der Anlagen. Für die Behandlung großer Mengen an Abwässern, also etwa städtischer Abwässer, kommt — um das bereits hier festzustellen — eine thermische Behandlung kaum in Betracht, abgesehen vielleicht von Sonderfällen, in denen große Wärmemengen anfallen, die sonst ungenutzt abgeführt werden müßten. Aber auch in diesen Fällen würden sich große Schwierigkeiten ergeben, z. B. wenn man an die notwendige Abkühlung der Abwässer vor Einleitung in den Vorfluter denkt. Das Problem der sogenannten thermischen Vorfluterbelastung durch Kühlwässer, speziell durch solche von Kraftwerken, bereitet uns ohnehin genug Kopfzerbrechen und würde ohne Zweifel eine Potenzierung erfahren, wenn städtische Abwässer nach ihrer so oder so notwendigen Reinigung noch einer Hitzebehandlung unterworfen würden, ganz abgesehen von den erheblichen Investitions- und ggf. Betriebskosten sowie von den vielen technischen Schwierigkeiten.

Ein zweites, direkt am Anfallsort anwendbares Verfahren ist die Behandlung mit Chlor oder Chlor-abspaltenden Verbindungen. Um einigermaßen wirksam sein zu können, bedarf dieses Verfahren nicht nur eines verhältnismäßig hohen Chlorüberschusses, sondern auch einer vorherigen Homogenisierung des Abwassers. Es ist wirtschaftlich weniger aufwendig als eine thermische Behandlung und kann weitgehend automatisiert und wartungsarm installiert werden. Es steht jedoch außer Zweifel, daß mit diesem

Verfahren bei stärker verunreinigten Abwässern trotz hoher Chlordosierung keine Desinfektion im klassischen Sinn, d. h. Abtötung aller Krankheitserreger, erreichbar ist. Man wird auch einen Coli-Titer von 0,1 (s. u.) kaum mit Sicherheit erreichen können, selbst wenn man unvertretbar hohe Chlormengen anwenden wollte, es sei denn, die Chloreinwirkung fände über mehrere Stunden statt. Dagegen ist bei der Chlorung eines gut mechanisch-biologisch gereinigten Abwassers diese Forderung mit einiger Wahrscheinlichkeit, wenn auch nicht mit Sicherheit, erfüllbar. Auf jeden Fall erreicht man aber auch bei stark verschmutzten Abwässern eine nennenswerte Keimverminderung, durch die selbst ein stark mit Krankheitserregern belastetes Abwasser in seiner bakteriologischen Beschaffenheit so verbessert wird, daß es nach seiner Einleitung in eine städtische Kanalisation keine Erhöhung des im Abwasser bereits vorhandenen Gehaltes an Krankheitserregern bewirken kann. Daß dabei die nach dem Bundesseuchengesetz vorgeschriebene Desinfektion der Ausscheidungen am Krankenbett einen zusätzlich positiven Effekt hat, ist unbestritten. Jedoch dient eine solche Maßnahme in erster Linie der internen Krankenhaushygiene, sie kann nicht von den für das Kanalisationsnetz zuständigen Behörden kontrolliert oder erzwungen werden, und es ist ohne weiteres möglich, bei unzureichender Desinfektion am Krankenbett und auch z. B. beim Einbau sog. Sanitärzellen durch erhöhte Chlordosierung und ggf. längere Aufenthaltszeit praktisch den gleichen Effekt zu erzielen. Wie bei allen anderen, z. B. industriellen Einleitungen, ist die notwendige Sicherheit im wesentlichen eine Frage der Überwachung, die allerdings, wie bekannt, bei Einleitungen in die Kanalisation noch unvollkommener ist, als es ohnehin schon bei den direkten Einleitungen in die Gewässer bedauerlicherweise der Fall ist. Auf die Chlorung städtischer Abwässer wird weiter unten eingegangen.

Die Behandlung auch verhältnismäßig stark verunreinigter Abwässer mit Ozon ist technisch möglich und dürfte in ihrer Wirksamkeit der Chlorung entsprechen, vielleicht sogar diese noch übertreffen. Sie ist jedoch z. Z. noch sehr aufwendig und wird erst interessant werden, wenn die an vielen Stellen durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Verbilligung der Ozonherstellung erfolgreich abgeschlossen werden können.

Mit dem Vordringen neuer Abwasserbehandlungsverfahren auf physikalisch-chemischer Basis wird man vielleicht in Zukunft dieses Problem auch auf andere Weise lösen können. Dazu würde die neuerdings oft genannte Behandlung mit ionisierenden Strahlen gehören, die allerdings außer der Kostenfrage zusätzliche Sicherheitsprobleme aufwirft, die einer Anwendung in kleineren und mittleren Anlagen zumindest auf absehbare Zeit nahezu unüberwindliche Schwierigkeiten bereiten werden.



Nach diesen Ausführungen kann für eine entscheidende Verminderung des Gehaltes an Krankheitserregern in unseren Gewässern und damit zur Steigerung ihres Erholungswertes nur eine zentrale Behandlung der kommunalen Abwässer nach ihrer mechanisch-biologischen Reinigung, die bekanntlich in dieser Beziehung keinen ausreichenden Effekt aufweist, in Betracht kommen, und für diese zentrale Behandlung nach dem heutigen Stand der Technik nur die Behandlung mit Chlor oder Chlor-abspaltenden Verbindungen. Sie wird in vielen Anlagen in aller Welt, insbesondere in den USA, zumindest in der Badesaison praktiziert und neuerdings in den USA durch die neu gegründete Environmental Protection Agency wieder mit Nachdruck gefordert. Die Kosten für eine solche Behandlung, und zwar sowohl die Investitions- als auch die Betriebskosten, liegen in der Größenordnung von ganz wenigen Prozenten der Gesamtkosten für die Abwasserreinigung. Wenn man berücksichtigt, daß diese wiederum nur etwa  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{3}$  der Ableitungskosten verursacht, liegen die Kosten für die Chlorung sogar unter 1 %. Das Entscheidende ist aber, daß diese Kosten in der gleichen Größenordnung liegen wie diejenigen, die in vielen Orten für die Desinfektion von Abwässern an sogenannten Schwerpunkten aufgebracht werden müssen. Eine Gemeinde kann also — etwas vereinfacht gesprochen — mit dem gleichen Geld, mit dem sie eine Anlage zur Desinfektion ihrer Krankenhausabwässer baut und betreibt, ihre Gesamtabwässer zwar nicht desinfizieren, aber so in ihrem Gehalt an Krankheitserregern vermindern, daß unterhalb der Kläranlage in einigem Abstand, der ohnehin aus ästhetischen Gründen notwendig ist, eine Nutzung des Vorfluters für Erholungszwecke möglich ist, d. h., daß dort ein Coli-Titer von 0,1 gehalten werden kann, der nach allgemeiner Auffassung ein Baden in Gewässern gestattet.

Bei dieser technisch-naturwissenschaftlich nicht ernsthaft bestreitbaren Sachlage ist es eigentlich unverständlich, daß immer noch sogenannte Schwerpunktdesinfektionen, und zwar ausgesprochene Desinfektionen und nicht nur Keimvermindierungen, gefordert und auch durchgeführt werden, während eine zentrale Behandlung in der BRD so gut wie an keiner Stelle vorgenommen wird (Ausnahme u. a. Berlin). Dies kann man noch verstehen, wenn man bedenkt, daß z. B. in der BRD noch heute weniger als die Hälfte des kommunalen Abwassers einwandfrei mechanisch-biologisch gereinigt wird. Und solange das der Fall ist, braucht man über eine abschließende Behandlung zur weiteren Verminderung des Gehaltes an Krankheitserregern nicht zu diskutieren, es sei denn, örtliche Verhältnisse wie in Berlin, lassen eine solche Behandlung als sinnvoll erscheinen. Aber warum wird das Geld, das den Gemeinden oder, wenn man so will, der Volkswirtschaft fehlt, um ihr dringendstes Abwasserproblem möglichst schnell zu lösen, auf der anderen Seite durch die Krankenhausträger u. a., letzten Endes also auch

durch die Allgemeinheit, ausgegeben — und zwar auf Grund behördlicher Anordnungen, also sozusagen der Allgemeinheit — für einen Effekt, der als nahezu gleich Null bezeichnet werden muß? Abgesehen von rechtlichen, aber ziemlich wirklichkeitsfremden Erwägungen, auf die zum Schluß noch kurz einzugehen sein wird, und von der Unkenntnis der Sachlage, für die es nach den vorstehenden Ausführungen eigentlich keine Entschuldigung mehr gibt, mögen es vielleicht folgende vier, etwas ernster zu nehmende Einwände sein, die speziell gegen die Behandlung mit Chlor vorgebracht werden. Es sind dies:

1. Fragen der Sicherheit im Umgang mit großen Mengen gasförmigen Chlors;
2. Gefährdung der Biozönose der Gewässer und damit Beeinträchtigung der Selbstreinigung;
3. Die Befürchtung, daß bei der Chlorung der Abwässer chlorhaltige Verbindungen entstehen könnten, die zu einer Beeinträchtigung der Nutzung der Gewässer für Zwecke der Trinkwasserversorgung und eventuell zu einer Anreicherung solcher, sicherlich mehr oder weniger bedenklicher Verbindungen in der Umwelt und speziell in der Nahrungsmittelkette führen;
4. Unsicherheit über das Verhalten und die Bedeutung krankheitserregender Viren im Gewässer ganz allgemein und über die Wirkung der Chlorung in bezug auf die Abwasserherkunft im besonderen.

Zu 1. ist festzustellen, daß in der hochindustrialisierten BRD außerordentlich große Chlormengen erzeugt und umgesetzt werden, und zwar unter Sicherheitsvorschriften, die es der Allgemeinheit als selbstverständlich erscheinen lassen, daß ernsthaft nichts passieren kann. Wenn man dennoch befürchtet, die notwendige Sachkenntnis im Umgang mit diesem Giftgas bei Betreuern kleinerer und mittlerer Anlagen nicht voraussetzen zu können, kann jederzeit auf Chlor-alspaltende Verbindungen umgestiegen werden, deren Sicherheitsrisiko praktisch als Null bezeichnet werden kann. Anscheinend unter dem Druck der Öffentlichkeit wird in den USA übrigens tatsächlich fast nur noch mit solchen Verbindungen gearbeitet, auch wenn sie etwas weniger effektiv sind, d. h. wenn, bezogen auf Chlor, mehr von ihnen angewendet werden muß als bei der in der BRD üblichen Chlorgas-anwendung.

Zu 2. besteht ohne weiteres die Möglichkeit, einen eventuell zu hohen Chlorüberschuß im Ablauf des Chloreinwirkungsbeckens durch eine Entchlorung auf einen für das aufnehmende Gewässer als unschädlich anzusehenden Wert herabzusetzen, wenn es sich aufgrund entsprechender Untersuchungen als notwendig erweisen sollte. Zumindest bei mittleren und größeren Anlagen, deren Abläufe für die Beschaffenheit unserer Gewässer

hinsichtlich ihres Gehaltes an Krankheitserregern von ausschlaggebender Bedeutung sind, würden sich die durch eine solche automatisch steuerbare Entchlórungsmaßnahme bedingten Mehrkosten durchaus in vertretbaren Grenzen halten. In den meisten Fällen dürfte jedoch eine Entchlórung gar nicht notwendig sein, weil der Gehalt der Gewässer an den für die Selbstreinigung verantwortlichen Mikroorganismen so groß ist, daß eine gewisse vorübergehende Verminderung ihrer Zahl nur geringe und örtlich begrenzte Auswirkungen haben wird. Um allerdings zu einer endgültigen Abklärung dieses zwischen Biologen, Chemikern, Hygienikern und Technikern noch etwas strittigen Problems zu kommen, sollten zu dieser Frage Forschungsarbeiten an einem Modellgewässer in halbtechnischem Maßstab in Angriff genommen werden, da die bereits vielerorts durchgeführten Laboratoriumsuntersuchungen für eine solche Abklärung nicht ausreichen.

Zu 3. trifft das, was eben über die Notwendigkeit weiterer Forschungsarbeiten ausgeführt wurde, in erhöhtem Umfang zu. Ganz generell wird man die Möglichkeit derartiger Reaktionen nicht ausschließen können. Sie werden sich aber im wesentlichen auf Reaktionen im Abwasser selbst beschränken, d. h. auf die Verweilzeit im Chloreinwirkungsbecken, da der Überschuß im Ablauf aus den bereits erwähnten Gründen so niedrig und im aufnehmenden Gewässer nach kürzester Zeit ganz verschwunden ist, daß hier kaum die Gefahr derartiger Reaktionen zu befürchten sein wird. Bei gut gereinigtem Abwasser dürften sich aber auch die Reaktionen während der Chloreinwirkung in tragbaren Grenzen halten. Sollte das in dem einen oder anderen Fall nicht zutreffen, müßte den Ursachen für derartige Reaktionen nachgegangen werden, und der fragliche Stoff müßte durch zusätzliche Maßnahmen, am besten unmittelbar am Anfallsort der betreffenden Abwässer, weitgehend eliminiert werden. Im übrigen ist die Gefahr derartiger Reaktionen auch bei der Anwendung des im allgemeinen im Hinblick auf die vier aufgeführten Gründe besser beurteilten (aber eben z. Z. noch sehr viel aufwendigeren) Ozons nicht auszuschließen.

Auf das Problem zu 4. kann in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen werden. Auch auf diesem Gebiet ist offensichtlich noch viel Forschungsarbeit zu leisten. Nach allem, was bisher bekannt geworden ist, wird man aber bezüglich des gehäuften Vorkommens von Viren im städtischen Abwasser die Situation ähnlich einschätzen dürfen wie die hinsichtlich der bakteriellen Krankheitserreger, d. h. auch in diesem Fall werden spezielle Maßnahmen an mehr oder weniger vermeintlichen Schwerpunkten kaum zu einer dem entsprechenden Aufwand adäquaten Verminderung des Gehaltes an pathogenen Viren im Gesamtwasser einer Gemeinde führen können.

Viel schwerwiegender für die durch den Bau von Schwerpunktdesinfektionsanlagen verursachte, oben angedeutete volkswirtschaftliche Fehlent-

wicklung als die eben genannten vier Gründe, dürften jedoch rechtliche Erwägungen gewesen sein bzw. auch noch heute sein. Sie haben ihren Ursprung in Formulierungen des Wasserhaushaltsgesetzes, die je nach der Interessenlage unterschiedlich ausgelegt werden und zu denen höchstrichterliche Entscheidungen, zumindest für den hier interessierenden speziellen Fall, noch nicht vorliegen. Ohne daß hier näher und juristisch kompetent auf diese Dinge eingegangen werden kann, bleibt festzustellen, daß ohne Zweifel in entsprechenden Rechtsgutachten dargelegte Interpretationen der fraglichen Formulierungen die Gemeinden in vielen Fällen veranlaßt haben, Schwerpunktdesinfektionen anzuordnen. Sie taten das, weil sie sich in ihrer Verantwortlichkeit für die Einleitung ihrer gemeindlichen Abwässer der Wasserbehörde absichern wollten, obwohl bisher die Wasserbehörden in den seltensten Fällen Auflagen für die bakteriologische Beschaffenheit städtischer Abwässer gemacht haben und selbstverständlich wissen, daß auch im Ablauf einer guten mechanisch-biologischen Kläranlage noch pathogene Keime enthalten sind. Aber es könnte ja der Fall eintreten, daß die Wasserbehörde aufgrund der meistens zusätzlich zu den konkreten Auflagen noch in den Erlaubnis- und Bewilligungsbescheiden enthaltenen allgemeinen Formulierungen über die „Unschädlichkeit“ der Abwässer eine Gemeinde für die Einleitung strafrechtlich haftbar machen könnte. Bei der derzeitigen Gesetzeslage hätte die Gemeinde ihrerseits dann nur die Möglichkeit, sich in einem möglicherweise langwierigen und mit unsicherem Ausgang behafteten Zivilprozeß bei dem indirekten Einleiter schadlos zu halten.

Bekanntlich wird z. Z. angestrebt, diese Situation durch eine Änderung des Gesetzes zu verbessern. Man will ggf. auch einen indirekten Einleiter unmittelbar haftbar machen können, z. B. wenn einwandfrei feststeht, daß nur er als Verursacher eines Schadens verantwortlich zu machen ist. Im Hinblick auf Industriebetriebe, die gelegentlich oder gar regelmäßig ausgesprochen giftige Stoffe in die Kanalisation einer Gemeinde einleiten, der es, insbesondere bei kleineren Gemeinden, oft gar nicht bekannt sein kann, was im einzelnen eingeleitet wird, muß eine solche Änderung des Gesetzes sicherlich als eine Verbesserung der gegenwärtigen Situation begrüßt werden. Ob das dagegen auch hinsichtlich des hier zur Diskussion stehenden Problems der Fall ist, muß bezweifelt werden. Denn nunmehr werden nicht nur die Gemeinden (die bisher nicht selten nach näherer Prüfung und fachlicher Beratung darauf verzichtet haben, eine Schwerpunktdesinfektion zu fordern), sondern auch die Krankenhausträger (die sich bisher sehr oft — in erster Linie natürlich aus Kostengründen — gesträubt haben, eine entsprechende Anlage einzubauen) glauben, eine solche Maßnahme ergreifen zu müssen, um sich vor strafrechtlichen Folgen und vor Schadensersatzansprüchen zu schützen. Es würde also genau das Gegenteil dessen erreicht,

was nach den vorstehenden Ausführungen als einzig sinnvoll angesehen werden kann, d. h. keine gezielte Behandlung der gemeindlichen Abwässer nach ihrer mechanisch-biologischen Reinigung, sondern noch mehr Schwerpunktanlagen mit noch mehr Kosten für die Allgemeinheit ohne wirklich durchgreifende Verbesserung der Krankheitserregersituation in unseren Gewässern.

Etwas überspitzt könnte sich sogar für jeden Einzelnen von uns die Konsequenz ergeben, sich — ähnlich wie es von Angestellten in Lebensmittelbetrieben usw. gefordert wird — in regelmäßigen Abständen daraufhin untersuchen lassen zu müssen, ob er nicht inzwischen möglicherweise Ausscheider von Krankheitserregern geworden ist. Ein positiver Befund müßte ihn dann zu entsprechenden Maßnahmen, u. a. Unschädlichmachen seiner Ausscheidungen, veranlassen, da er anderenfalls Gefahr liefe, für seine indirekte Einleitung von Krankheitserregern haftbar gemacht zu werden.

Der einzige brauchbare Ausweg aus dieser Situation scheint zu sein, daß sich zunächst die Obersten Wasserbehörden der Länder — am besten gemeinsam mit den für die Gesundheit zuständigen Obersten Landesbehörden — grundsätzlich auf zentrale Maßnahmen einigen, um unsere Gewässer nicht nur für die Trinkwasserversorgung sicherer zu machen, sondern insbesondere auch, um ihren Erholungswert entscheidend zu steigern. Gerade dies dürfte für die Allgemeinheit von besonderem Interesse sein, denn um so eher wird man ihr die großen Kosten für den Umweltschutz, hier für die Reinhaltung der Gewässer, schmackhaft machen können, je eher man ihr auch eine Nutzung der Gewässer für Erholungszwecke in vertretbarem Umfang in Aussicht stellen kann.

Wenn eine solche generelle Einigung der Länder vorliegt, auf die nach Ansicht des Autors nicht verzichtet werden kann, wenn man nicht das Fortbestehen der Unsicherheit mit den geschilderten volkswirtschaftlichen Nachteilen und der Nicht-Nutzbarkeit unserer Gewässer in Kauf nehmen will, wird man in Zukunft in den allermeisten Fällen von Schwerpunktmassnahmen absehen können. Selbst in den z. B. von Gertrud Müller<sup>2</sup> genannten Fällen, in denen mehrere Infektionskrankenhäuser von überregionaler Bedeutung an die Kanalisation einer kleineren Stadt angeschlossen sind, wird man dann zu besseren Lösungen kommen können. Als eine solche wäre es nämlich zu bezeichnen, die Gesamtabwässer der Gemeinde nach ihrer ggf. zu forcierenden mechanisch-biologischen Reinigung unter anteiliger Kostenbeteiligung der Krankenhäuser entsprechend zu behandeln. Damit würde ohne jeden Zweifel eine Maßnahme ergriffen, die weniger Kosten für die Krankenhäuser und für die Allgemeinheit verursachen würde, aber für den Gewässerschutz sinnvoller wäre als Schwerpunktanlagen ohne zentrale Behandlung der gemeindlichen Abwässer.

Selbstverständlich würde man, abgesehen vielleicht von besonders dringlichen (s. o.) und erfolgversprechenden Einzelfällen, die Durchführung dieser zentralen Maßnahmen zur entscheidenden Verminderung des Gehaltes an Krankheitserregern in den städtischen Abwässern und damit in unseren Gewässern solange aussetzen, bis der auch heute noch große Nachholbedarf an mechanisch-biologischen Kläranlagen befriedigt ist. In der Zwischenzeit sollte man die oben erwähnten noch notwendigen Forschungsarbeiten vorantreiben, über die Frage, in welcher Jahreszeit eine solche Maßnahme durchzuführen wäre, diskutieren (wobei nicht nur Zwecke der Erholung, sondern auch der Trinkwasserversorgung, sowie der Nutzung der Gewässer, z. B. der Überschwemmungsgebiete, für landwirtschaftliche Zwecke, berücksichtigt werden sollten) und sich vor allem Gedanken über die notwendigen Grenzwerte machen, ohne die man nicht auskommen wird. Wie dann dieser Grenzwert erreicht wird, ist Sache des Betreibers einer Anlage. Er hat dann die Möglichkeit, zwischen Schwerpunktmaßnahmen oder einer zentralen Behandlung seiner Abwässer nach ihrer mechanisch-biologischen Behandlung zu wählen. Nach den Ausführungen von Gertrud Müller<sup>2</sup> und nach den vorstehenden ergänzenden Bemerkungen aus technisch-naturwissenschaftlicher Sicht, dürfte diese Entscheidung kaum noch schwerfallen.

#### LITERATUR:

<sup>1</sup> NIEMITZ, W.: „Wassergefährdende Stoffe in Oberflächengewässern aus der Sicht der häuslichen, städtischen und industriellen Abwassereinleiter.“ Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene — im Druck

<sup>2</sup> MÜLLER, G.: „Hygienische Probleme der Krankenhausabwasserbehandlung.“ Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene — im Druck



# Klärschlammbehandlung und -beseitigung

Von R. L e s c h b e r

## A. Allgemeines

In der 3. Durchführungsverordnung zum Gesetz über die Vereinheitlichung des Gesundheitswesens wird die Beseitigung der festen und der flüssigen Abfallstoffe im Abschnitt VIII, § 29 abgehandelt<sup>1</sup>.

Obwohl dieser Paragraph nur sehr kurz gehalten ist, umfaßt er alle mit der Abwasser- und Abfallbeseitigung zusammenhängenden hygienischen Fragen, so auch die Schlammbehandlung und -beseitigung, über die im folgenden ein gedrängter Überblick gegeben wird.

In der Öffentlichkeit und im Bewußtsein des „Abfallproduzenten Mensch“ spielt der Klärschlamm zumeist eine untergeordnete oder überhaupt keine Rolle. Das liegt wohl daran, daß sich der „Normalverbraucher“ infolge der allgemeinen Aufklärung über Umweltfragen wohl als Abwasser- und Müllproduzent fühlt, nicht aber als Erzeuger von Klärschlamm. Wer aber Abwasser erzeugt, produziert damit in der Mehrzahl der Fälle direkt oder indirekt auch Schlamm. Ein beträchtlicher Teil der ungelösten Stoffe des Abwassers — die sogenannten absetzbaren Stoffe — bildet den Frischschlamm, der in der mechanischen Reinigungsstufe der Klärwerke in den Absetzbecken anfällt und etwas mehr als die Hälfte des auf einen Einwohner entfallenden Schlammes ausmacht. Hierzu kommt dann noch der Überschußschlamm der biologischen Reinigungsstufe, der sekundär aus den organischen Inhaltsstoffen des mechanisch geklärten Abwassers gebildet wird. Seine Menge ist um so größer, je intensiver die biologische Reinigung ist.

Schließt sich an diese biologische Stufe noch eine weitere, allgemein als 3. Reinigungsstufe bezeichnete Behandlungsstufe an, so ist auch in ihr in der Mehrzahl der Fälle mit weiterem Schlammanfall zu rechnen.

Industrielle und gewerbliche Abwässer werden entweder in der gleichen Weise wie die städtischen Abwässer behandelt; dann gilt für den Schlamm-anfall das eben Gesagte, oder sie durchlaufen ihrer Art und Zusammensetzung angepaßte spezielle Behandlungsstufen, nicht selten mit Fällungs- und Flockungsvorgängen, auch dann ist Schlamm zumeist das Folgeprodukt, das beseitigt werden muß.

Wie groß ist nun die Schlammmenge?

Imhoff<sup>2</sup> veranschlagt in seinem Taschenbuch der Stadtentwässerung die Schlammmenge auf etwa 1 % der behandelten Abwassermenge. Legt man nun auch die von Imhoff genannten 150 l als tägliche Abwassermenge eines



Einwohners zugrunde, so ergeben sich etwa 1,5 bis 2,0 l Schlamm je Einwohner und Tag oder 0,5 bis 0,75 m<sup>3</sup> als jährliche Schlamm-Menge, die zu beseitigen sind.

Nach Auskünften über die Betriebsdaten eines Großklärwerks treffen die Imhoff'schen Werte auch heute durchaus noch zu.

Die Schlammbeseitigung ist nun mit gewissen Schwierigkeiten verbunden, deren Ursachen hauptsächlich wirtschaftlicher und hygienischer Art sind. Eine entscheidende Rolle spielt dabei die Transportfrage; denn die Schlämme können in den seltensten Fällen in unmittelbarer Nähe des Klärwerks abgelagert oder beseitigt werden. Um den Schlamm wirtschaftlich transportieren zu können, ist somit eine Volumenverringerung eine zwingende Notwendigkeit; eine andere Art der Behandlung ist, den Schlamm in eine Form überzuführen, die keine nachteiligen Folgen für Mensch und Tier bei der anschließenden Beseitigung oder Verwertung hat. Die Möglichkeiten und Erfordernisse einer einwandfreien Schlammbehandlung und -beseitigung erläutert ein in Vorbereitung befindliches Merkblatt der LAWA und der ZfA<sup>3</sup> (vgl. auch Übersicht in Abb. 1).

## B. Behandlungsarten

Die genannten Notwendigkeiten bedingen verschiedene Arten der Schlammbehandlung, die in aller Kürze abgehandelt werden sollen. Sie können generell in vier Gruppen eingeteilt werden:

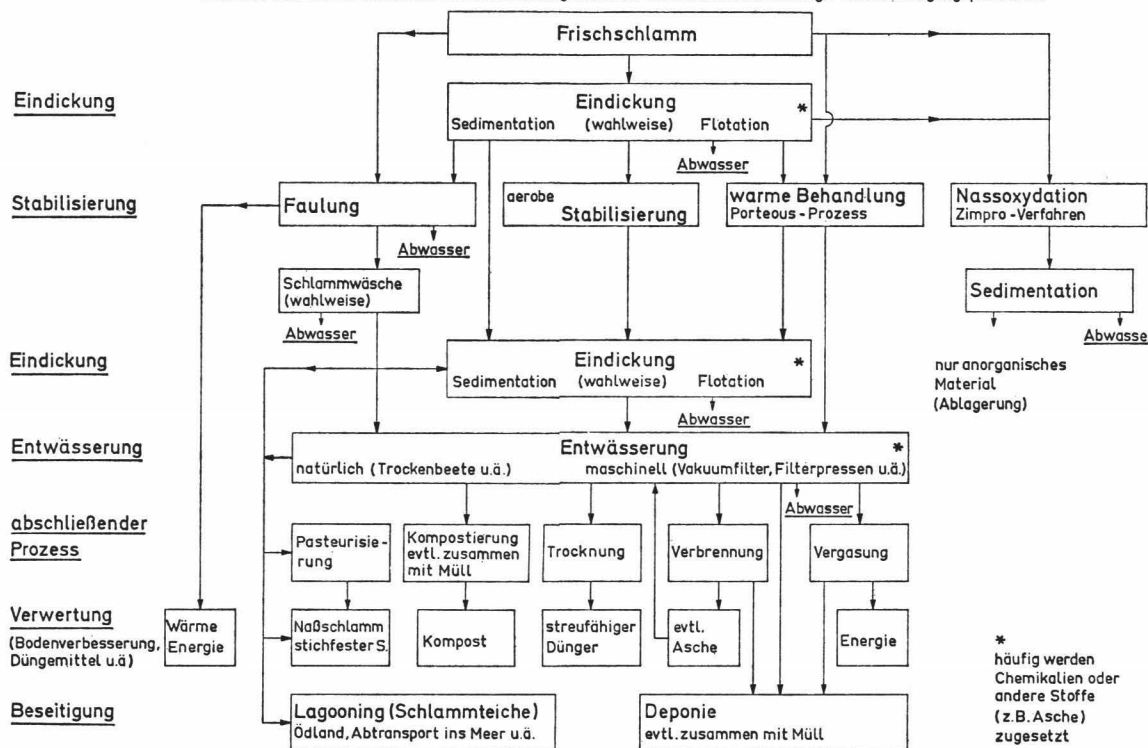
Stabilisierung, um erhebliche Belästigungen der Umwelt zu vermeiden, Konditionierung, um den Schlamm leichter entwässerbar zu machen, Eindickung, Entwässerung und Trocknung zur Volumenverringerung und Desinfektion, sofern erforderlich.

### *Stabilisierung*

Bei der *Stabilisierung* unterscheidet man die anaerobe Behandlung (Schlammfäulung), die aerobe Behandlung (Stabilisierung im engeren Sinn) und die thermische Behandlung.

1. Die *anaerobe Schlammbehandlung*, allgemein *Fäulung* oder Faulprozeß genannt, bewirkt eine mehr oder weniger weitgehende Verminderung der organischen Schlammsubstanz durch mikrobiellen Abbau zu Methan und Kohlendioxid. Neben einer Verringerung der Feststoffmenge wird damit auch eine gewisse Volumenverminderung erreicht. Der Faulprozeß kann entweder im unbeheizten Faulraum bei 6 bis 18° C durchgeführt werden, wobei die Faulzeit mehrere Monate beträgt, oder aber im beheizten

Überblick über die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten von Schlammbehandlungs- und Beseitigungsprozessen



Faulraum bei 30 bis 40° C (mesophile Faulung) oder bei etwa 55° C (thermophile Faulung). Die thermophile Faulung bei 55° C wird nur vereinzelt angewandt, so daß unter einem beheizten Faulraum im allgemeinen ein Faulbehälter für den mesophilen Prozeß verstanden wird. Die Faulzeit beträgt in einem solchen Reaktor etwa 20 bis 30 Tage. Der Faulprozeß ist sehr licht- und sauerstoffempfindlich, deshalb sind die Behälter entsprechend gesichert und verschlossen. Diese Bauart erlaubt auch eine Ableitung des sehr energiereichen Faulgases, das im Klärwerk zumeist zur Energiegewinnung genutzt wird.

2. Im Gegensatz zu der unter Luftausschluß verlaufenden Faulung wird bei der *aeroben Behandlung*, allgemein als *Stabilisierung* bezeichnet, der Schlamm künstlich belüftet, wodurch ähnlich wie in einer Belebtschlamm-anlage ein Abbau organischer Substanz durch aerobe Mikroorganismen erfolgt. Da hierbei in erster Linie auch die fäulnisfähigen Anteile angegriffen werden, ist der resultierende Schlamm nach etwa 10 Tagen stabil, d. h. er führt bei Ablagerung in Schichten bis zu 30 cm Stärke nicht mehr zu Geruchsbelästigungen. Die Abbauprodukte des Verfahrens sind Kohlendioxid und Wasser, somit im Gegensatz zur Faulung nicht zur Energiegewinnung nutzbar.
3. Die *thermische Stabilisierung* wird fast ausschließlich als Konditionierungsverfahren vor der nachfolgenden Entwässerung eingesetzt, obwohl auch die anaerobe und aerobe Stabilisierung in gewissem Sinne konditionierend, also die Flockenstruktur verbessernd, wirken. Die thermische Behandlung ist zwar technisch etwas aufwendig, jedoch äußerst wirksam, so daß sich das resultierende Schlamm-Wasser-Gemisch gut in seine Bestandteile auftrennen läßt. Auf chemische Zusätze kann dann bei der nachfolgenden Behandlung verzichtet werden.

### *Konditionierung*

Außer den Stabilisierungsverfahren zählt insbesondere noch die chemische Behandlung zur *Schlammkonditionierung*. Hierzu werden dem Schlamm Fällungsmittel bzw. Flockungs- und Filterhilfsmittel zugesetzt, wie z. B. Eisen- oder Aluminiumsalze, Erdalkalien, Asche oder organische Polymere (Polyelektrolyte).

### *Schlammeindickung, -entwässerung und -trocknung*

Der Schlamm hat je nach Herkunft üblicherweise einen Wassergehalt von 90 bis 99 %. Wie schon eingangs erwähnt, würden sich dadurch beim Transport hohe Kosten ergeben. Man ist deshalb bemüht, den Wassergehalt durch

verschiedene Verfahren zu verringern. Das geschieht im allgemeinen zuerst durch

1. *Eindicken* unter Ausnutzung der Dichteunterschiede von Schlammteilen und Wasser. Zum Einsatz kommen entweder die Flotation oder die Schwerkrafteindickung. Im letzteren Fall unterstützt man den Eindickvorgang durch langsames Rühren mit einem sogenannten Krähwerk. Eindicker werden zumeist auch den Stabilisierungsanlagen vorgeschaltet, um den baulichen Aufwand dafür in vernünftigen Grenzen halten zu können und sie wirtschaftlich zu betreiben.
2. Der eingedickte Schlamm kann nach *verschiedenen Verfahren entwässert und getrocknet* werden, wobei das Endprodukt je nach Verfahrensart klumpig, krümelig oder sogar, je nach dem Restwassergehalt, staubförmig anfällt. Dies sind
  - a) *natürliche Verfahren*, wie Schlamm-trockenbeete, Schlamm-trockenplätze, Schlamm-lagerplätze und Schlamm-teiche (Lagunen). Während Trockenbeete, Trocken- oder Lagerplätze als Entwässerungseinrichtungen betrieben werden, von denen der Schlamm zur Verwertung oder Beseitigung fortgeschafft werden muß, können Schlammteiche oder Lagunen gleichzeitig zur endgültigen Schlamm-lagerung, also Beseitigung, dienen.
  - b) Neben diesen natürlichen Verfahren, gibt es eine Reihe von *künstlichen Entwässerungs- und Trocknungsverfahren*, die im folgenden nur aufgezählt werden sollen, da eine eingehendere Besprechung den Rahmen dieses Referats sprengen würde. Man unterscheidet:
    - Statische Verfahren: Vakuumfilter, Druckfilter, Filterpresse, Siebbandpresse;
    - Dynamische Verfahren: Zentrifugen, Siebe;
    - Thermische Verfahren: Trockentrommel, Selektivtrockner, Etagentrockner, Sprühtrockner.

Die letzte Gruppe der Schlammbehandlungsverfahren, die hier besprochen werden soll, ist die

### *Desinfektion*

Durch sie sollen Erreger übertragbarer Krankheiten sowie Parasiten ausgeschaltet und der Schlamm in einen seuchenhygienisch unbedenklichen Zustand übergeführt werden. Die bislang angewandten Desinfektionsverfahren beruhen auf biologischen oder physikalischen Vorgängen (Hitze). Die chemische Desinfektion von Schlämmen ist nur unter ganz besonderen Umständen und nach sorgfältiger Prüfung des angewandten Verfahrens hinsichtlich des Erfolges möglich. Wenn beispielsweise bei Einsatz von Erdalkalien ein Anheben des pH-Wertes auf 10 bei einer entsprechend langen

Einwirkungszeit erreicht wird, kann der so vorbehandelte Schlamm gleichzeitig unter Umständen seuchenhygienisch unbedenklich sein. Dies muß durch entsprechende Untersuchungen an der jeweiligen Anlage belegt werden.

### 1. *Kompostierung*

Ein biologisches Desinfektionsverfahren ist die kontrolliert ablaufende aerobe Verrottung. Dazu wird der Schlamm zusammen mit anderen, wasserärmeren Stoffen (z. B. Hausmüll) in lockerer Lagerung mit Luft in Verbindung gebracht, damit die aeroben Rottevorgänge einsetzen können. Nach den derzeitigen Erkenntnissen gilt ein auf über 65° C selbsterhitzter Schlamm-Mischkompost nach etwa 6tägiger Rotte bei entsprechender Umwälzung praktisch als seuchenhygienisch unbedenklich. Um dieses Ergebnis zu erzielen, ist es nicht unbedingt notwendig, den Abwasserschlamm in besonderen Anlagen zu behandeln. Der Rotteprozeß kann vielmehr mit verhältnismäßig einfachen Mitteln durchgeführt werden, wobei eine Verlängerung der Reaktionszeit bis zu drei Wochen erforderlich sein kann, z. B. bei einer Mietenkompostierung mit einmaligem Umsetzen.

### 2. *Thermische Behandlung*

Eine Desinfektion ist natürlich auch auf thermischem Wege zu erzielen. Sie läßt sich aber nicht mit allen unter Ziffer B III. 2. b) aufgeführten Trocknungsverfahren erreichen. In der Praxis kann davon ausgegangen werden, daß ein thermisch getrockneter Schlamm seuchenhygienisch dann unbedenklich ist, wenn mit der Trocknung eine der Naßschlammerhitzung (siehe nächster Absatz) entsprechende Wirkung erzielt wurde.

Neben der thermischen Trocknung stehen zwei weitere Verfahren zur Verfügung, um den flüssigen Abwasser- oder Klärschlamm zu desinfizieren. Das ist einmal die in Ziffer B I. 3. beschriebene thermische Stabilisierung bei erhöhtem Druck und hohen Temperaturen, die ein hygienisch unbedenkliches Produkt liefert, zum anderen die Naßschlammerhitzung, die sogenannte Pasteurisierung.

Eine ausreichende Ausschaltung von Krankheitserregern erreicht man im allgemeinen, wenn der Schlamm in allen Teilen mindestens 30 Minuten lang auf 65° C erhitzt wird. Die gesamte Behandlungsdauer ist von der Art der eingesetzten Geräte abhängig.

## *C. Beseitigung*

Unter dem Begriff sollen im folgenden die Verfahren angegeben werden, die in gewissem Sinne auch Behandlungsverfahren darstellen, wobei jedoch

eine teilweise oder vollständige Stoffumwandlung stattfindet. Es handelt sich somit um die letzte Stufe, die der Schlamm zu durchlaufen hat.

Hierher gehören die Ablagerungen, wobei die Lagerung in Schlammteichen schon bei den natürlichen Trocknungsverfahren als Beseitigungsmöglichkeit besprochen wurde, ferner die als biologisches Desinfektionsverfahren auf Seite 190 behandelte Kompostierung sowie die Verbrennung und die Landbehandlung. Bei der Landbehandlung ist zwischen der Auffüllung von Ödlandflächen u. ä. und der Verwertung im Landbau zu unterscheiden, bei der bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein müssen. Diese speziellen Fragen sind Gegenstand des Korreferats, so daß sie hier unberücksichtigt bleiben können. Schließlich ist die Verschiffung des Schlammes aufs Meer zu den Beseitigungsverfahren zu zählen, wenn auch hierbei das genannte Kriterium der Stoffumwandlung primär fehlt bzw. erst nach der großen Verdünnung im Meer durch biologische Vorgänge erfolgt, aber nicht unmittelbar nachweisbar ist.

### *Ablagerung*

Gegen die Ablagerung nicht desinfizierter Schlämme zusammen mit Müll auf einem nach den Regeln der geordneten Ablagerung hergerichteten und betriebenen Ablagerungsplatz (Deponie) bestehen aus hygienischer Sicht keine Bedenken, wenn die Schlämme stabilisiert sind. Nichtstabilisierte Schlämme verursachen Geruchsbelästigungen, die eine Ablagerung in der Nähe von Wohngebieten ausschließen können.

Aus betrieblichen Gründen und wegen der Standsicherheit der Deponie unterliegt die Menge des unterzubringenden, mehr oder weniger stark wasserhaltigen Schlammes Beschränkungen, die im wesentlichen durch das Mengenverhältnis Klärschlamm : Müll bestimmt werden. Die Beseitigung einwohnergleicher Mengen von Müll und Klärschlamm setzt eine Entwässerung des Klärschlammes auf einen Wassergehalt von etwa 75 % voraus. Sind weniger als einwohnergleiche Schlammengen mit einwohnergleichen Müllmengen zu beseitigen oder wird die Deponie als Rotte-Deponie betrieben, kann der Wassergehalt des Schlammes höher sein. In jedem Fall wird die jeweils zulässige Schlammmenge von der Art und Menge der angelieferten Feststoffe, vorwiegend des Haus- und Gewerbemülls, sowie von den Betriebsbedingungen (z. B. Mischung) bestimmt. Näheres über Planung, Einrichtung und Betrieb einer Deponie kann einem einschlägigen Merkblatt der ZfA entnommen werden.<sup>4</sup>

Die eingangs erwähnte Ablagerung stabilisierter Schlämme in Schlammteichen ist möglich, sofern die Gelände- und Untergrundverhältnisse dies zulassen und sofern der Zulauf von Oberflächenwasser verhindert und der Abzug des abgetrennten Schlammwassers sichergestellt wird.

### *Verbrennung*

Entwässerter Klärschlamm kann in geeigneten Ofenanlagen, u. U. auch zusammen mit anderen Abfällen (z. B. Hausmüll), verbrannt werden. Eine selbständige Verbrennung von Klärschlamm allein ist nur bei weitgehender vorheriger Entwässerung und bei hohem Gehalt an organischen Stoffen möglich. Anderenfalls wird durch die notwendige Beigabe von Zusatzbrennstoffen die Verbrennung aufwendiger. Auf Einhaltung der lufthygienischen Forderungen an die Abgase ist dabei naturgemäß zu achten. Die bei der Verbrennung anfallende Asche kann im Landbau verwertet werden, oder sie ist durch Ablagerung, am besten zusammen mit Hausmüll, zu beseitigen.

### *Landbehandlung*

Eine wirtschaftliche Möglichkeit der Klärschlammabeseitigung besteht in der Landbehandlung. Der Schlamm kann dabei auf größeren Ödlandflächen untergebracht oder dazu benutzt werden, um Geländeeinschnitte oder trockene Flußbettschleifen aufzufüllen, bevor eine spätere Nutzung (z. B. Forstwirtschaft) des Geländes vorgenommen wird. In jedem Fall muß jedoch durch die zuständigen Behörden geprüft werden, welche Vorbehandlung erfolgen muß und welche sonstigen Voraussetzungen erfüllt sein müssen.

### *Verschiffung*

Küstennahe Städte in aller Welt machen von der Verschiffung des Klärschlammes und seiner Verklappung auf hoher See als wirtschaftlicher Schlammabeseitigungsmethode Gebrauch. Daher kann im Einvernehmen mit den zuständigen Behörden und bei sorgfältiger Einhaltung des zugewiesenen Verklappungsgebietes diese Art der Schlammabeseitigung in Ausnahmefällen geduldet werden, solange internationale Vereinbarungen dem nicht entgegenstehen und eine andere, einigermaßen wirtschaftliche Schlammabeseitigung nicht möglich ist. Vor der Verschiffung sollte der Schlamm stabilisiert oder mindestens homogenisiert werden. Auf jeden Fall ist auf einer sehr sorgfältigen Beseitigung aller Schwimmstoffe zu achten.

## *D. Zusammenfassung*

Es wird ein kurzer Überblick über die Notwendigkeiten und Möglichkeiten einer einwandfreien Schlammbehandlung und -abeseitigung unter Berücksichtigung der hygienischen Gesichtspunkte gegeben. Dabei werden die

hauptsächlich, derzeit üblichen Behandlungsarten, wie die Stabilisierung auf anaerobem, aerobem oder thermischem Wege, die Konditionierung, Eindickungs-, Entwässerungs- und Trocknungsverfahren sowie die Desinfektion behandelt.

Daran schließt sich eine gedrängte Darstellung der heute angewandten Schlammabeseitigungsverfahren an. In diesem Zusammenhang wird auf die Ablagerung, Kompostierung, Verbrennung, Landbehandlung und Verschiffung und Verklappung auf See eingegangen.

#### LITERATUR:

- <sup>1</sup> Dritte Durchführungsverordnung zum Gesetz über die Vereinheitlichung des Gesundheitswesens (Dienstordnung für die Gesundheitsämter — Besonderer Teil) vom 30. 3. 1935, Reichsministerialblatt Teil I, 327.
- <sup>2</sup> IMHOFF, K.: Taschenbuch der Stadtentwässerung, 22. Auflage 1969, R. Oldenbourg-Verlag, München — Wien.
- <sup>3</sup> Merkblatt „Die Behandlung und Beseitigung von Klärschlämmen unter besonderer Berücksichtigung ihrer seuchenhygienisch unbedenklichen Verwertung im Landbau“. Zentralstelle für Abfallbeseitigung des Bundesgesundheitsamtes. Bundesgesundheitsblatt 15, Nr. 15/16, 234—237 (1972).
- <sup>4</sup> Merkblatt „Die geordnete Ablagerung fester und schlammiger Abfälle aus Siedlung und Industrie“ der Zentralstelle für Abfallbeseitigung des Bundesgesundheitsamtes. Bundesgesundheitsblatt 12, Nr. 22, 362—370 (1969).

*Anschrift: Wissenschaftlicher Oberrat Dr. R. Leschber, Berlin 33, Corrensplatz 1.*





# Klärschlammbehandlung und -beseitigung

Korreferat aus hygienischer Sicht

Von E. Bulling

Nachdem im vorstehenden Referat die technischen Möglichkeiten der Klärschlammbehandlung und -beseitigung beschrieben worden sind, möchte ich im folgenden auf die *Verwertung* von Klärschlamm eingehen. Wenn ein Material „verwertet“ werden soll, so setzt dies voraus, daß es überhaupt einen Wert hat. Welchen Wert hat Klärschlamm, und wie hoch ist er — insbesondere bei Beachtung hygienischer Gesichtspunkte — zu veranschlagen?

Eine Verwertung von Klärschlamm, die über die reine Beseitigung hinausgeht, wäre einmal bei der gemeinsamen Müll-Klärschlamm-Kompostierung und zum anderen beim direkten Einsatz von Klärschlamm zu Düngungszwecken in der Land- und Forstwirtschaft möglich. Die Kompostierung liefert bei ordnungsgemäßer Durchführung ein hygienisch einwandfreies Produkt, dessen Verkauf allerdings weitgehend von örtlichen Gegebenheiten und der jeweiligen Wirtschaftsstruktur abhängig ist. Die Müll-Klärschlamm-Kompostierung wird daher immer nur einen kleinen Anteil an der Verwertung von Klärschlamm haben können.

Wesentlich größer sind die Möglichkeiten, Klärschlamm zu Düngungszwecken in der Land- und Forstwirtschaft zu verwenden. Dieser Möglichkeit stehen jedoch einschränkend hygienische Bedenken und ökonomische Probleme des Klärschlamm-Transportes und der Ausbringung entgegen. Klärschlamm kann wegen seines großen Volumens meist nicht mit mineralischen Düngemitteln konkurrieren, die die gleichen Nährwertmengen in zehnfach konzentrierter Form enthalten. Die organische Masse des Klärschlammes ist nur für bestimmte Böden von wertbestimmendem Interesse. So wird man davon ausgehen müssen, daß Klärschlamm in der Landwirtschaft nur dann in befriedigendem Umfang unterzubringen ist, wenn die Klärwerke dem Landwirt sowohl in der Preis- als auch in der Transportfrage sehr weit entgegenkommen.

Die hygienischen Überlegungen zur Klärschlammverwertung im Landbau sind von der Erkenntnis bestimmt, daß Klärschlamm — auch in ausgefaultem oder getrocknetem Zustand — praktisch immer Krankheitserreger enthält. Hier seien beispielhaft nur Salmonellen und Mykobakterien, Enteroviren und Wurmeier (insbesondere von Ascariden und Taeniaen) erwähnt. Eine umfangreiche Literatur beweist, daß die üblichen Schlammbehandlungsverfahren, einschließlich beheiztem Faultum, Oxydationsgraben, Trocken-

beete usw., nicht geeignet sind, Krankheitserreger im Klärschlamm abzutöten. Die für die landwirtschaftliche Klärschlammnutzung vorgesehenen Schutzfristen (DIN 19 650) haben sich ebenfalls als unzureichend erwiesen. Die Abtötung von Krankheitserregern ist nur zu erreichen, wenn Klärschlamm über eine ausreichend lange Zeit (mindestens 30 Minuten) auf 65 bis 70° C erhitzt wird, wie dies bei der Naßschlammerhitzung (sog. Pasteurisierung) bzw. bei der thermischen Konditionierung und Trocknung erfolgt.

Aus Gründen des Infektionsschutzes, vor allem der landwirtschaftlichen Nutztiere und dadurch mittelbar auch des Menschen, könnte es also geboten erscheinen, in der Landwirtschaft grundsätzlich nur pasteurisierten oder anderweitig erhitzten Klärschlamm zu verwenden. Dem steht jedoch die Tatsache entgegen, daß es bisher nur wenige Erhitzungsanlagen für Klärschlamm gibt und daß andererseits aus der Sicht der allgemeinen Hygiene und des Umweltschutzes ein dringendes Bedürfnis besteht, den in ständig steigendem Maße anfallenden Klärschlamm auf möglichst billige und ggf. auch nützliche Art und Weise unterzubringen.

Zwischen diesen Forderungen nach der dringlichen Beseitigung des Klärschlammes auf der einen Seite und dem Infektionsschutz der Nutztiere und des Menschen auf der anderen Seite stand eine Arbeitsgruppe der Zentralstelle für Abfallbeseitigung beim Bundesgesundheitsamt, der Human- und Veterinärmediziner, Ingenieure und Landwirte sowie Vertreter von Bundes- und Länderministerien angehörten. Ihnen war die Aufgabe gestellt, zusammen mit einer Arbeitsgruppe der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser ein Merkblatt über „Die Behandlung und Beseitigung von Klärschlämmen unter besonderer Berücksichtigung ihrer seuchenhygienisch unbedenklichen Verwertung im Landbau“ zu erarbeiten. Der Entwurf dieses Merkblattes liegt jetzt den zuständigen Gremien zur Verabschiedung vor. Der Merkblatt-Entwurf enthält u. a. eine Tabelle, in der die möglichen Verwendungsformen verschiedener Klärschlammarten zusammenfassend dargestellt sind (Tab. 1).

Die Klärschlammarten 5.1.1. bis 5.3.1. sind als seuchenhygienisch bedenklich zu bezeichnen, und ihre Anwendung ist daher eingeschränkt. *Roßschlamm* sollte auch auf Ausweichflächen nur dann ausgebracht werden, wenn Betriebsstörungen in der Kläranlage dies unabweisbar machen. *Schlamm aus Kleinkläranlagen und Erdbecken* kann in Baumschulen ganzjährig, auf Ackerland aber nur während der Vegetationsruhe ausgebracht werden. Während der Vegetationszeit auf *abgeerntetes* Ackerland ausgebrachter Klärschlamm muß alsbald eingearbeitet werden; wegen der Gefahr der Übertragung von Wurmkrankheiten (Ascariasis des Menschen, Zystizerkose des Rindes) darf kein Gemüse- und Feldfutteranbau unmittelbar

Tab. 1: Seuchenhygienisch unbedenkliche Klärschlammverwertung im Landbau

		I.	II.		III.		IV.	V.	VI.	VII.
		Ausweich- flächen a)	Ackerland VR b)	V	Grünland u. Feldfutter- anbau VR V		Rebland VR	Obstanlagen ohne Unter- kultur f) VR	Baumschulen	Gartenland und Gemüseanbau
5.1.1. Rohschlamm	sb	<sup>+</sup> (bedingt)	—	—	—	—	—	—	—	—
5.1.2. Schlamm aus Klein- kläranlagen und Erdbecken	sb	+	+	— c)	—	—	—	—	+	—
5.2.1. flüssig	} anaerob oder aerob stabilis. Schlamm	sb	+	— c)	+ d)	— e)	+	+	+	—
5.2.2. entwässert										
5.2.3. natürlich getrocknet										
5.3.1. chemisch	} kondit. Schlamm	sb								
5.3.2. thermisch										
5.4. thermisch getrock- neter Schlamm										
5.5. erhitzter Naßschlamm (roh, stabilisiert)		+	+		+		+	+	+	+
5.6. kompostierter Schlamm										

sb = seuchenhygienisch bedenklich  
VR = Vegetationsruhe (siehe auch Fußnote b)

V = Vegetationszeit  
+ = Anwendung zulässig

— = Anwendung unzulässig

## FUSSNOTEN:

- a) *Ausweichflächen* sind Acker ohne Erntenutzung, Grenzertragsböden, Grünlandumbruch, Forstneukulturen, Ödland sowie Rekultivierungsflächen.
- b) *Die Vegetationsruhe (VR)* umfaßt die Wintermonate, ferner den Zeitraum, in dem die Fläche frei ist von Pflanzen und Früchten, die der menschlichen oder tierischen Ernährung dienen. Im letztgenannten, außerhalb der Wintermonate liegenden Zeitraum ist die Ausbringung so durchzuführen, daß anderweitig landwirtschaftlich genutzte Flächen nicht beeinträchtigt werden.
- c) *Während der Vegetationszeit (V)* kann seuchenhygienisch bedenklicher Klärschlamm (sb) nur auf abgeerntetes Ackerland ausgebracht werden, wenn eine alsbaldige Einarbeitung vorgenommen wird und kein Gemüse- oder Feldfutteranbau unmittelbar folgt. Bei Getreide zur Körnergewinnung kann dieser Zeitraum bis spätestens vor dem Schossen und bei Körnermais bis zu einer Pflanzenhöhe von 25 bis 30 cm verlängert werden.
- d) Grünland und Feldfutterflächen können mit bedenklichen Schlammarten (sb) (5.2.1. bis 5.3.1.) frühestens nach letzter Nutzung bzw. Aberntung bis zum Jahresende beschickt werden.
- e) Die Ausbringung von seuchenhygienisch bedenklichem Klärschlamm auf Grünland und Feldfutterflächen während der Vegetationszeit ist aus human- und veterinärmedizinischen Gesichtspunkten grundsätzlich abzulehnen. In Gebieten, in denen ausschließlich Grünlandwirtschaft betrieben wird, ist zu prüfen, ob eine Klärschlamm-Ausbringung während der Vegetationszeit auf ständig oder intermittierend genutzten Ausweichflächen ermöglicht werden kann. Ist dies nicht möglich, so ist die Ausbringung nur auf zur Futtergewinnung bestimmten Grünlandflächen zulässig. Dabei ist dafür Sorge zu tragen, daß das dort gewonnene erste Grünfutter siliert wird, während das Grünfutter weiterer Schnitte daneben auch zur Heugewinnung verwendet werden kann.
- f) Bei Obstanlagen mit Unterkulturen oder Grünlandnutzung gelten die Bestimmungen für die entsprechenden Kulturen.

folgen. *Anaerob oder aerob stabilisierter* und *chemisch konditionierter Schlamm* (5.2.1—5.3.1.) kann darüber hinaus auf Rebland und in Obstanlagen während der Vegetationsruhe Verwendung finden.

Besonders problematisch ist die Anwendung der letztgenannten Schlammarten auf Grünland und Feldfutteranbauflächen. Zur Vermeidung von Salmonella-Infektionen landwirtschaftlicher Nutztiere, insbesondere aber zur Unterbrechung des Infektionskreislaufes der Bandwurmrkrankheit vom menschlichen Bandwurmträger (*Taenia saginata*) über taenieneierhaltigen Schlamm und die Zystizerkose des Rindes zum finnenhaltigen Rindfleisch und zum Menschen, müssen hier besondere Vorkehrungen getroffen werden. Wegen der mehrmonatigen Überlebensdauer von Taenieneiern kann bedenklicher Klärschlamm während der Vegetationsruhe nur zwischen letzter Nutzung — im allgemeinen im September/Oktobre — und dem Jahresende auf Grünland ausgebracht werden. In Gebieten, in denen ausschließlich Grünlandwirtschaft betrieben wird und daher Ackerflächen für die Aufnahme von Klärschlamm nicht zur Verfügung stehen, sollte der während der

Vegetationszeit anfallende Klärschlamm möglichst auf Ausweichflächen gelagert werden. Muß er trotz aller Bedenken auf Grünland verbracht werden, so ist der erste Schnitt zu *Silage* zu verarbeiten, da nur hierdurch — nicht aber durch die Heugewinnung — eine Abtötung der Taenieneier erreicht werden kann.

Im Rahmen der tierärztlichen Fleischuntersuchungen werden große finanzielle Anstrengungen unternommen, um finnenhaltiges Rindfleisch zu erkennen und vom Verzehr auszuschließen. Es wäre daher nicht zu verantworten, wenn man durch eine großzügige Regelung der Klärschlammdüngung auf Grünland immer wieder neue Infektionsquellen schaffen und damit den Bemühungen um gesunde Lebensmittel entgegenwirken würde. Die Grünlanddüngung mit seuchenhygienisch bedenklichem Klärschlamm kurz vor und während der Vegetationszeit ist daher aus human- und veterinärmedizinischen Gesichtspunkten grundsätzlich abzulehnen.

Die als seuchenhygienisch unbedenklich zu bezeichnenden Schlammarten können ganzjährig und auf alle Arten von Nutzflächen ausgebracht werden. Die Kopfdüngung von Gemüse sollte allerdings aus ästhetischen Gesichtspunkten grundsätzlich nicht zugelassen werden.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, daß auch der Transport — insbesondere von seuchenhygienisch bedenklichem Klärschlamm — zahlreiche Probleme aufwirft. Solche Schlammarten sollten grundsätzlich mit klärwerkseigenen Fahrzeugen ausgebracht werden, weil nur hierdurch Kreuzinfektionen innerhalb der landwirtschaftlichen Betriebe verhindert werden können. Die äußerst schwierige Personalsituation in der Landwirtschaft wird die Klärwerke ohnehin dazu zwingen, die Frage der Klärschlamm-Abfuhr in eigener Regie zu regeln, wenn eine gleichmäßige Abnahme von Klärschlamm gewährleistet werden soll.

Die vorstehenden Ausführungen haben gezeigt, daß bei der Beseitigung bzw. Verwertung von Klärschlamm hygienische Gesichtspunkte allgemeiner und spezieller Art berücksichtigt werden müssen. Die Tatsache, daß der vermehrt anfallende Klärschlamm in irgendeiner Weise beseitigt werden *muß*, zwingt zu Kompromissen, wie sie hier für die landbauliche Verwertung von Klärschlamm dargestellt worden sind. Dabei darf aber nicht das Ziel aus den Augen verloren werden, in Zukunft Klärschlamm schon im Klärwerk so zu behandeln, daß er ohne gesundheitliche Risiken in den Stoffkreislauf der Natur zurückgeführt werden kann.

*Anschrift: Dir. u. Prof. Dr. E. Bulling im Robert-von-Ostertag-Institut des Bundesgesundheitsamtes, 1 Berlin 33, Postfach.*



# Der Umweltbereich Abfall im Umweltprogramm der Bundesregierung und das Abfallbeseitigungsgesetz

Von A. H o s c h ü t z k y

Die intensive wirtschaftliche und technische Entwicklung seit der Mitte dieses Jahrhunderts und die grundlegenden Wandlungen in den Verbrauchergewohnheiten durch die Erhöhung des Lebensstandards haben die Abfallmengen in einem ungeahnten Ausmaß steigen lassen. Einerseits ist die Zunahme der Hausmüllmengen auf die wachsende, immer großzügigere Verwendung von Verpackungsmaterial, wie Papier, Pappe und Kunststoff, zurückzuführen, verbunden mit der laufenden Umstellung auf Einwegverpackungen aus Blech, Glas und auch Kunststoff, dessen Anteil überhaupt ständig zunimmt. Andererseits verursachen aber auch die immer kürzere Verwendungsdauer der Gebrauchsgüter, die Modetrends in der Bekleidung sowie ein schnellerer Ersatz von Einrichtungen und Ausstattungen der Haushalte und Wohnungen wachsende Abfallmengen. Da immer mehr Haushalte von Kohle- oder Koksheizungen auf Öl-, Gas- oder Fernheizungen übergehen, verringert sich zudem die Möglichkeit, Abfälle im eigenen Haushalt zu verbrennen.

Mit der Zahl der Kläranlagen wachsen von Jahr zu Jahr die hier anfallenden Mengen von Klärschlamm. Die Reinhaltung der Flüsse erfordert aber für die nächste Zeit die verstärkte Errichtung neuer Kläranlagen. Das bedeutet wiederum ein erhöhtes Aufkommen an Klärschlämmen, die als Abfall zu beseitigen sind.

Mindestens ebenso bedeutend ist der Anstieg der gewerblichen und industriellen Abfälle. Hinzu kommen die steigenden Mengen von Autowracks, Altreifen, Mineralöl- und Treibstoffrückständen sowie die Mengen an Bauschutt von industriellen wie privaten Bauvorhaben. Wassergefährdende und hochgiftige industrielle Rückstände bereiten einer gefahrlosen Beseitigung besondere Schwierigkeiten. Ein neues Problem bilden die Abfälle aus Massentierhaltungen.

Es ist offensichtlich, daß die Abfallbeseitigung im Rahmen des gesamten Umweltschutzes eine ganz entscheidende Bedeutung erhalten hat. Ursprünglich als Entsorgung, vor allem unter dem Aspekt der Hygiene und des Schutzes von Grund- und Oberflächenwasser betrieben, ist die Abfallbeseitigung heute eine selbständige Disziplin. Sie hat darüber hinaus weitere Anliegen des Umweltschutzes zu beachten, wie Luftreinhaltung und Lärmbekämpfung, Verhütung schädlicher Einwirkungen auf den Boden, Wahrung



der Belange von Naturschutz und Landschaftspflege, Wahrung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung, ja Schutz des Wohls der Allgemeinheit schlechthin. Durch das Abfallbeseitigungsgesetz ist der Umweltbereich Abfall nun sogar erstmals auch als Rechtsmaterie in einem eigenständigen Gesetz erfaßt worden.

Naturgemäß stellt der Abfall auch im Umweltprogramm der Bundesregierung einen entscheidenden Abschnitt dar. Dieses Programm ist bekanntlich der Inhalt eines umfassenden Berichts, den die Bundesregierung in ihrem Bemühen um einen erfolgreichen Schutz der Umwelt und zur Vorbereitung der dazu erforderlichen Gesetze und sonstigen Maßnahmen erstattet und dem Bundestag vorgelegt hat. Der erste Teil, das eigentliche Umweltprogramm, erschien am 14. 10. 1971 als Bundestagsdrucksache VI/2710, der zweite Teil, als Materialienband hierzu, am 23. 12. 1971 mit den Berichten der zehn zur Vorbereitung des Programms gebildeten Projektgruppen.

Inhalt des Umweltprogramms ist zunächst eine allgemeine Darstellung der *Umweltpolitik*, der alsdann die detaillierte Aufstellung eines *Aktionsprogramms* folgt.

Für das Konzept einer *Umweltpolitik* wird zunächst die *Ausgangslage* untersucht, wobei sich bereits der größte Teil der Feststellungen wesentlich auf das Gebiet der Abfallbeseitigung bezieht. Es heißt hier: „Zunehmender Flächenbedarf, ungeordnete Verstädterung und Industrialisierung steigern die Belastung unserer Umwelt derart, daß die natürlichen Lebensgrundlagen überfordert sind. Die Selbstreinigungskraft von Boden, Wasser und Luft reicht in vielen Fällen nicht mehr aus. Der auf moderner Technik und Wettbewerb beruhende Wirtschaftsprozeß führt zu wachsendem materiellem Wohlstand. Damit ist unvermeidlich ein rasch zunehmender Stoff- und Energieumsatz verbunden; zugleich vermehren sich sprunghaft die Abfälle aller Art. Aus Gründen der Vorsorge für künftige Generationen darf die natürliche Aufnahmekapazität für Belastungen aller Art auf keinen Fall bis auf das letzte ausgenutzt werden.“

Die Übernutzung der natürlichen Hilfsquellen führt ebenso wie in anderen Industrieländern auch in der Bundesrepublik Deutschland zu Gefährdung oder Schädigung der Gesundheit, Gefahren für die Wasserversorgung, Verlust an Erholungsgebieten, Verfall von Wirtschafts- und Kulturgütern. Die Wertverluste in unserer Umwelt sind hoch; sie werden weder in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung noch in den einzelnen Sektoren der Volkswirtschaft ausgewiesen. Das ganze Ausmaß der Gefahren wurde daher unterschätzt.“

Als *Hauptziele* werden demgegenüber aufgestellt:

1. Umweltplanung auf lange Sicht durch
  - Umweltrecht
  - Beratung in umweltrelevanten Entscheidungen
  - Organisation der Umweltbehörden
  - Integration des Umweltschutzes in Struktur- und Raumordnungspolitik
2. Durchsetzung des Verursacherprinzips durch Übertragung der Kosten aus Umweltbelastungen auf den Verursacher
3. Realisierung einer umweltfreundlichen Technik
4. Wecken und Stärken des „Umweltbewußtseins“
5. Wirksame internationale Zusammenarbeit

Alle diese Ziele haben für den Umweltbereich Abfall ganz besondere Bedeutung.

Im Aktionsprogramm werden schließlich alle wichtigen Umweltbereiche eingehender behandelt, und zwar ausgehend von den Ergebnissen der Projektgruppen.

Es ist deshalb angebracht, zuerst kurz auf die Arbeit der *Projektgruppe „Abfallbeseitigung“* zu verweisen.

Allein in dieser Projektgruppe haben über 50 Sachverständige und Gutachter zusammengearbeitet. Beteiligt waren, wie auch in den übrigen Gruppen, Vertreter der Ministerien des Bundes und der Länder, Wissenschaftler von Universitäten, Technischen Hochschulen und anderen Instituten, Sachverständige der Fachverbände, der kommunalen Spitzenverbände, der gewerblichen Wirtschaft, der Landwirtschaft und ihren Institutionen u. a. m.

Die Projektgruppe „Abfallbeseitigung“ war ihrerseits wiederum in sechs Arbeitsgruppen unterteilt, welche die Vielfalt der untersuchten Probleme widerspiegeln:

1. Hausmüll und hausmüllähnliche Abfälle
2. Produktionsspezifische Industrieabfälle
3. Klärschlamm aus kommunalen Anlagen und vergleichbare Schlämme
4. Probleme und Maßnahmen nicht abfallspezifischer Art
5. Beseitigung von Kunststoffabfällen und anderem Verpackungsmaterial
6. Beseitigung von Autowracks und Altreifen.

Der Bericht der Projektgruppe „Abfallbeseitigung“ gibt eine vorzügliche Übersicht über die gegenwärtigen Verhältnisse und ihre voraussichtliche Entwicklung. Er übt deutliche Kritik und nennt die zu einer erfolgreichen Abfallbeseitigung erforderlichen gesetzlichen, wissenschaftlichen, organisatorischen und technischen Maßnahmen, deren Kosten, ihre Aufbringung und die dazu notwendigen Förderungen durch den Bund und die Länder.

Das *Aktionsprogramm* räumt der Abfallbeseitigung sogleich nach Darstellung des umfassenderen Bereichs „Natur und Landschaft“ eine ausführliche Behandlung ein. Ausgehend vom Projektgruppenbericht, wird die Situation im Abfallbereich dargelegt mit den Folgerungen, die sich daraus ergeben. Im wesentlichen wird etwa ausgeführt:

Die Kapazität der Einrichtungen für die schadlose Beseitigung des Abfalls ist inzwischen weit hinter dem Bedarf zurückgeblieben. Mehr als 90% aller Abfallstoffe werden noch ohne besondere hygienische Vorsichtsmaßnahmen irgendwo im Gelände abgelagert. Viele Müllplätze liegen mitten in Verdichtungsgebieten der Siedlungen.

Die gesetzlichen und organisatorischen Regelungen in Bund, Ländern und Gemeinden waren zersplittert und lückenhaft. Diese Mängel haben bisher einer überregionalen Planung der Abfallwirtschaft entgegengestanden. Für Anlagen der Abfallbeseitigung in der Bundesrepublik Deutschland werden nach Schätzung der Projektgruppe „Abfallbeseitigung“ während der nächsten fünfzehn Jahre 2,8 Milliarden Mark investiert werden müssen.

Auch für die Abfallbeseitigung soll das Verursacherprinzip gelten. Derjenige, bei dem Abfall entsteht, hat die Kosten seiner Beseitigung zu tragen. Die Träger der Beseitigung werden der Industrie und der Bevölkerung über Gebührenerhebung die Mittel abverlangen müssen, die für eine geordnete Abfallbeseitigung erforderlich sind.

Mehr als bisher müssen jedoch Abfälle unter möglichst geringen Kosten in den „Rohstoffkreislauf“ und den Produktionsprozeß wiedereingeschleust werden. Die mit der Abfallbeseitigung betrauten Gebietskörperschaften oder Zweckverbände müssen große und damit wirtschaftlicher arbeitende Regionalanlagen errichten. Schließlich muß sich die Abfallbeseitigung nach einheitlichen Grundsätzen richten. Abfallbeseitigungspläne sollen dazu führen, daß Müll nur noch in hygienisch einwandfreien Anlagen beseitigt wird.

Die Erwägungen im Aktionsprogramm führen zu dem Schluß, daß die Ziele der Bundesregierung nur erreicht werden können, wenn man

- Großdeponien errichtet, die den Schutz des Grundwassers vor Verunreinigungen gewährleisten, die gleichzeitig aber auch so landschaftsgestaltend geplant werden, daß sie nach Rekultivierung eher einen Gewinn als eine Belastung der Umwelt bilden;
- dazu neue Sammel- und Transportsysteme für Abfälle findet;
- die Müllkompostierung verbessert und ihre Wirkung auf die Umwelt untersucht;
- darüber hinaus neue Verfahren zur schadlosen Beseitigung und zur besseren Wiederverwertung der Abfälle entwickelt;

- wo es nötig ist, Müllverbrennungsanlagen schafft, in denen sonst nicht unterzubringende Abfälle verbrannt werden können;
- schließlich Versuchs- und Modellanlagen neuen Typs, Musterdeponien, Musteranlagen für die Beseitigung des Sondermülls, Kompostierungsanlagen und Anlagen für Autowrack- und Altreifenbeseitigung errichtet.

Der Bund wird im Rahmen seiner Zuständigkeit die Forschung und Entwicklung fördern.

Für die Beseitigung des Klärschlammes fehlt es zur Zeit an Vorschriften und Richtlinien sowie an zufriedenstellenden Verfahren zur schadlosen Beseitigung, außerdem an Modellanlagen und an ausreichenden statistischen Unterlagen. Unsachgemäße Beseitigung des Klärschlammes kann jedoch erhebliche Gefahren für die menschliche Gesundheit und Belästigung mit sich bringen. Hier kann weitgehend Abhilfe geschaffen werden, wenn die Technik der Vorbehandlung und Beseitigung des Klärschlammes durch einschlägige Forschung und Entwicklung verbessert wird und vor allem, wenn die Klärschlammabeseitigung von vornherein in die überörtlichen Abfallpläne der Länder einbezogen wird.

Industrieller Sondermüll, Altreifen, Abfälle aus Massentierhaltungen und aus Schlachthöfen erschweren die schadlose Abfallbeseitigung. Es gilt deshalb, besondere Müllbeseitigungsanlagen für diese Abfallarten, und zwar mit hinreichend großem Einzugsbereich, zu errichten, daneben aber auch Verfahren zu entwickeln, mit denen sich diese Abfallstoffe wieder verwerten lassen.

Gesetzgebung und Verwaltung bedürfen gerade im Bereich der Abfallbeseitigung der fachlichen Beratung durch geeignete Einrichtungen. Diesen Einrichtungen wird auch die Prüfung technischer Verfahren und Anlagen obliegen. Die Bundesregierung wird bei ihren Erwägungen zur Gründung eines Bundesamtes für Umweltschutz berücksichtigen, daß die notwendigen Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Abfallwirtschaft vorhanden sein müssen.

Die aufgezeigten Ziele und eine bundeseinheitliche Neuordnung der Abfallwirtschaft zu erreichen, ist Aufgabe des Abfallbeseitigungsgesetzes vom 7. Juni 1972. Dieses Gesetz ist mit seiner Verkündung in Kraft getreten und sieht im wesentlichen folgende Regelungen vor:

- Abfälle dürfen nur in den für sie bestimmten, zugelassenen und überwachten Anlagen beseitigt werden.
- Die Länder stellen großräumige überregionale Abfallbeseitigungspläne auf, für deren Durchführung sie sorgen.

- Für die Abfallbeseitigung sind im Einklang mit den überregionalen Abfallbeseitigungsplänen größere Gebietskörperschaften oder Zweckverbände verantwortlich, die rationell arbeiten können.
- Anlagen, die der Lagerung und Behandlung von Autowracks oder Altreifen dienen, sind Abfallbeseitigungsanlagen im Sinne des Gesetzes. Ohne in das Eigentum an den Autowracks einzugreifen, die sowohl Abfall als auch noch Handelsware sein können, werden damit diese Anlagen genehmigungs- und überwachungspflichtig und müssen in die überörtliche Planung der Länder einbezogen werden.
- Abfallstoffe dürfen nur mit Genehmigung ins Bundesgebiet eingeführt werden, und zwar nur, wenn ihre schadlose Beseitigung gesichert ist.
- Die Bundesregierung wird ermächtigt, das Inverkehrbringen solcher Verpackungen und Behältnisse an die Voraussetzung einer besonderen Kennzeichnung zu binden, einzuschränken oder zu verbieten, die nicht oder nur unter unverhältnismäßig großem Aufwand schadlos beseitigt werden können.
- Die Inhaber von Bergwerken können verpflichtet werden, die Ablagerung von Abfällen in ihren stillgelegten Anlagen zu dulden, was für besonders schwierig zu beseitigenden Müll sehr wichtig sein kann.
- Verstöße gegen das Gesetz, die Leben oder Gesundheit gefährden, können mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren und Geldstrafe, sonstige Verstöße gegen das Gesetz mit Geldbuße bis zu 100 000 DM geahndet werden.

Mit dem Erlaß des Gesetzes ist ein großer Schritt getan, man kann sagen, ein Durchbruch erreicht. Die eigentliche Arbeit zur Neuordnung der Abfallbeseitigung beginnt jedoch erst.

# Aktuelle Probleme der Mülldeponie

Von P. Wagenknecht

## I.

### *Ordnung der Abfallablagerung*

Das unkontrollierte und ungeordnete Ablagern von Abfällen geriet durch das wachsende Bewußtsein der Öffentlichkeit, daß diese Art der Beseitigung die natürlichen Lebensgrundlagen beeinträchtigt, mehr und mehr ins Kreuzfeuer der Kritik. Grund- und Oberflächenwasserverschmutzung und -verseuchung, Brände, Geruchsbelästigungen, Staubverwehungen, Papierflug, Ungezieferbefall waren und sind die bekannten und berüchtigten Auswirkungen, die man nicht mehr länger hinzunehmen gewillt ist.

Obwohl die ersten Ansätze zu einer geordneten Ablagerung bereits in den zwanziger Jahren in Großbritannien zu verzeichnen waren — 1931 wurden dort die ersten Deponie-Richtlinien durch das Ministry of Health herausgegeben —, wurde dieser Methode in Deutschland erst nach dem zweiten Weltkrieg mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Hier und da kam es zwar zu Einzelaktionen, doch blieben diese zunächst nur von lokaler Bedeutung.

Den Anstoß zu einem stärkeren Engagement in der BRD gaben eigentlich erst die Folgen des wirtschaftlichen Aufschwungs und die steigende Produktion kurzlebiger Gebrauchsgüter. Der hiermit einhergehende wachsende Wohlstand der Bevölkerung führte insbesondere in den letzten beiden Jahrzehnten zu einer starken Zunahme der Abfallmengen, deren schadlose Beseitigung zu einer immer vordringlicheren Aufgabe wurde.

Es ist das Verdienst des Verbandes Kommunaler Stadtreinigungs- und Fuhrparkbetriebe (VKF) und der früheren Arbeitsgemeinschaft für industrielle und gewerbliche Abfallfragen (AFIA), als erste Organisationen in der Bundesrepublik Merkblätter über die geordnete und kontrollierte Ablagerung von Abfällen aufgestellt und damit, was die Einrichtung und den Betrieb einer Deponie angeht, eine wichtige Grundlage zur Ordnung der Abfallbeseitigung geschaffen zu haben. Neben diesen Fachverbänden sahen sich auch in zunehmendem Maße Bund und Länder der Abfallfrage konfrontiert, da, wie sich zeigte, die Mehrzahl der Gemeinden sowohl ideell als auch materiell nicht aus eigener Kraft in der Lage waren, eine Verbesserung der Verhältnisse herbeizuführen. Einen ersten sichtbaren Ausdruck fanden die Bemühungen der Länder in der Konstituierung der Länderarbeitsgemeinschaft „Abfallbeseitigung“ (LAG) im Jahre 1963. 1965 schufen sich

Bund und Länder durch Vertrag die Zentralstelle für Abfallbeseitigung, deren Aufgaben u. a. die Beratung der Vertragspartner und die Ausarbeitung von Richtlinien und Merkblättern umfassen. Im Zuge der Tätigkeit der Zentralstelle konnte im Jahre 1969 das Merkblatt „Die geordnete Ablagerung (Deponie) fester und schlammiger Abfälle aus Siedlung und Industrie“ veröffentlicht und von den Ländern auf dem Erlaßwege bekanntgemacht werden. Die seit Erscheinen seiner Vorläufer, der Merkblätter des VKF und der AFIA, auf dem Gebiet der Ablagerung gewonnenen Erkenntnisse fanden in dem ZfA-Merkblatt ihren Niederschlag, so daß es zum Zeitpunkt seiner Veröffentlichung den Anspruch erheben konnte, den neuesten Stand der Erfahrungen und der Technik wiederzugeben. Es war daher selbstverständlich, daß es die älteren Merkblätter M 7 des VKF und G 7 der AFIA ersetzte.

## II.

### *Bedeutung der Ablagerung*

Welche Bedingungen muß nun die zuvor zitierte geordnete Ablagerung oder Deponie erfüllen, um als solche anerkannt werden zu können? Diese Frage läßt sich — vereinfacht — wie folgt beantworten:

Eine geordnete Ablagerung hat so zu erfolgen, daß eine Gefährdung der Umwelt ausgeschlossen und die möglichen Auswirkungen auf ein dem Menschen zumutbares Maß beschränkt werden. Schon bei der vorausgehenden Planung ist auf die Eingliederung des Deponiekörpers in das Landschaftsgefüge und die spätere Nutzung Bedacht zu nehmen. Zu ihrer Gewährleistung bedarf die Deponie des Einsatzes geschulten Personals, geeigneter Maschinen und Geräte und ständiger Kontrolle.

Seit 1953 verfügen wir über eine Anzahl kommunaler Müllverbrennungsanlagen und Kompostwerke. Verbrennung und Kompostierung tragen zu einer weitgehenden Reduzierung der Abfallvolumina bei, sind aber im engsten Sinne keine Beseitigungsmethoden, sondern dienen eher der Abfall-Behandlung, da hierbei Rückstände oder Reststoffe übrig bleiben, die ebenfalls schadlos abgelagert werden müssen. In diesem Zusammenhang darf auch nicht übersehen werden, daß es Abfälle gibt, die sich weder verbrennen noch kompostieren lassen und nur für eine Ablagerung in Frage kommen. Die geordnete Ablagerung wird daher auch in Zukunft die wichtigste Art der Abfallbeseitigung bleiben.

Gegenwärtig wird der Müll von 22 % der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland in Müllverbrennungsanlagen und Kompostwerken behandelt und von 78 % der Bevölkerung unmittelbar auf Ablagerungsplätze verbracht.

Auf der Basis der im Deponie-Merkblatt der ZfA zusammengestellten Kriterien bzw. Anforderungen wurde im Jahr 1970 im Rahmen der Erfassung von Beseitigungsanlagen eine Fragebogenaktion gestartet und hiermit der Versuch unternommen, einen Überblick über die Situation auf dem Gebiet der Ablagerung zu erhalten. Das Ergebnis dieser Umfrage zeigte besonders deutlich die Diskrepanz zwischen dem Stand der Erkenntnis und der überwiegend geübten Praxis:

Nur rund 130 Ablagerungsplätze von schätzungsweise 50 000 vorhandenen konnten — allerdings mit graduellen Unterschieden — als geordnet bezeichnet werden.

Diese Tatsache macht deutlich, daß es eine der vordringlichsten Aufgaben im Zuge der Ordnung der Abfallbeseitigung sein muß, im Rahmen regionaler Planungen eine Vielzahl von Ablagerungsplätzen zu sanieren oder stillzulegen und unter Berücksichtigung der Transportkostenminimierung eine beschränkte Anzahl von Großdeponien ggf. in Kombination mit Kompostwerken oder Verbrennungsanlagen für großräumigere Einzugsgebiete anzulegen. Wir wissen, daß einige Bundesländer schon sehr große Anstrengungen auf diesem Wege unternommen haben. Eine Beschleunigung der Entwicklung kann auch aufgrund des vor wenigen Tagen vom Bundestag beschlossenen Abfallbeseitigungsgesetzes erwartet werden. Trotz dieser positiven Anzeichen sollte man sich aber vor der Annahme hüten, daß die Mißstände von heute auf morgen behoben werden könnten. Die Ordnung der Abfallbeseitigung umfaßt nicht nur die Sanierung wilder Müllkippen, sondern es müssen gleichzeitig weitere Maßnahmen in Angriff genommen werden, die einen erheblichen finanziellen Aufwand und den Einsatz fachkundigen Personals erfordern, das z. Z. noch nicht in dem benötigten Umfang zur Verfügung steht.

### III.

#### *Deponieverfahren*

##### 1. *Verdichtete Deponie*

Die ältere Form der Deponie ist die verdichtete Deponie. Hierbei werden die Abfälle schichtenweise jeweils in 2 m Stärke aufgebaut. Mit Hilfe einer Planierdrape können die 10 m vor der Schüttkante aus den Sammelfahrzeugen zu entleerenden Abfälle grob zerkleinert — das geschieht im allgemeinen durch mehrmaliges Befahren — und dann über die Schüttkante abgeschoben werden. Da die wesentliche Verdichtungsarbeit nicht von der Planierdrape geleistet, sondern von den anliefernden Sammelfahrzeugen übernommen wird, ist die Kippfront so schmal wie



möglich zu halten. Hierdurch können die Pressungen durch die Sammelfahrzeuge auf eine kleine Fläche konzentriert werden. Zum Fernhalten von Ungeziefer und zur Vermeidung von Papierflug ist zumindest eine arbeitstägliche Abdeckung des lockeren Böschungsbereiches mit inertem Material notwendig.

Wie wir heute wissen, muß auch bei einer geordneten Ablagerung mit dem Durchsickern von Niederschlagswasser gerechnet werden. Das Sickerwasser reichert sich auf seinem Weg durch den Deponiekörper mit löslichen Bestandteilen der Abfälle an und kann dadurch u. U. zu einer nachteiligen Veränderung des Grundwassers führen. Aufgrund dieses Sachverhaltes kommt der Flächenauswahl für die Deponie eine entscheidende Bedeutung zu. Wird die Deponie auf einem geologisch-hydrologisch geeigneten Gelände angelegt, so ist nach den heutigen Erfahrungen eine erhebliche Verunreinigung des Grundwassers nicht zu erwarten. Dennoch besteht eine gewisse Unsicherheit, da zahlreiche Fragen über Filterwirkung und Selbstreinigungskraft im Untergrund und damit letztlich die genauen Auswirkungen von Mülldeponien auf das Grundwasser bei verschiedenen Untergrundverhältnissen noch der genaueren Erforschung bedürfen.

Eine künstliche Abdichtung des Untergrundes ist immer dann vorzunehmen, wenn der Müll über klüftigen Grundwasserleitern, die eine geringe Reinigungswirkung haben, abgelagert werden muß. Über der Abdichtung sind Dränrohre zu verlegen, um das Sickerwasser auffangen und zur Kontrolle oder Behandlung ableiten zu können.

Um die Menge des eindringenden Niederschlagswassers gering zu halten, sollte, wie bei der Verdichtung schon ausgeführt, auf einer kleinen Fläche geschüttet, diese bis zum endgültigen Niveau „hochgezogen“, mit kulturfähigem Boden abgedeckt und begrünt werden. Nach Erreichen der endgültigen Deponiehöhe kann dann am Fuße des ersten Schüttkörpers der nächste im gleichen Sinne aufgebaut werden.

### *Beurteilung*

Wenn auch die verdichtete Deponie gegenüber dem bisherigen Zustand der ungeordneten Ablagerung eine erhebliche Verbesserung bedeutet, so ist sie doch nicht gänzlich frei von Nachteilen. Die Verdichtung der eingebrachten Abfälle verhindert den Zutritt von Luftsaurestoff und bewirkt infolgedessen einen biologisch-chemischen Angriff der Stoffe unter anaeroben Bedingungen; der Abbau der organischen Substanz geschieht über einen längeren, bisher nicht näher bestimmten Zeitraum. Die Folge

der anaeroben Zersetzung ist u. a. Methangasbildung, die bei einer späteren Bebauung solcher ehemaligen Müllplätze zu einer echten Gefährdung werden kann. Die austretenden Zersetzungsgase können in die Bauwerke eindringen und dort Konzentrationen bis zur Explosionsgefahr (5,5 bis 14 % Methan in Luft) erreichen. Der möglichen Methan- ausgasung ist bei derartigen Bauvorhaben daher größte Aufmerksamkeit zu schenken. Bei entsprechender Vorsorge lassen sich jedoch nachteilige Wirkungen vermeiden. Die anzuwendenden Schutzmaßnahmen sollten in erster Linie darauf zielen, das Methan von vornherein von den Gebäuden fernzuhalten.

Die mancherorts beobachteten Ausfälle in den Anpflanzungen bei der Rekultivierung verdichteter Deponien werden mitunter ebenfalls auf austretendes Methangas zurückgeführt, das in diesen Fällen wahrscheinlich eine ausreichende Versorgung des Wurzelbereiches mit Sauerstoff verhindert hat.

Ein weiteres Problem kann sich hinsichtlich der Bebauung einer abgeschlossenen Deponie aus den ungleichmäßigen Setzungen und nachfolgenden lokalen Einbrüchen ergeben, die u. a. auch auf die Inhomogenität der abgelagerten Abfallmassen zurückzuführen sind. Die Homogenisierung ist beim schichtenweisen Einbau der Abfälle durch eine Planierraupe insofern begrenzt, als durch diese sperrige Teile, wie z. B. Kühlschränke oder Möbel, nur unvollkommen zerkleinert und mehr oder weniger grobstückig in die Müllschicht hineingedrückt werden. Von größerer Wirksamkeit hinsichtlich der Zerkleinerung und Verdichtung scheint der Einsatz von sog. Stampffußverdichtern auf Mülldeponien zu sein. Stampffußverdichter sind schwere Erdbaugeräte, die auf dem deutschen Markt mit Dienstgewichten zwischen 16 und 27 t angeboten werden. Im Gegensatz zu Planierraupen sind sie mit Stahlrädern oder Radwalzen versehen, die an ihrem Umfang nockenartige Schaffüße oder Stampffüße tragen. Eingehende Untersuchungen über den Einsatz von Stampffußverdichtern auf Mülldeponien werden demnächst von der ZfA in Zusammenarbeit mit den Städtischen Fuhrparks- und Stadtreinigungsbetrieben in Frankfurt und Hannover mit finanzieller Unterstützung durch das Bundesministerium des Innern durchgeführt.

## 2. *Rottedeponie*

Eine Möglichkeit, den Abbau der organischen Substanz im Müll erheblich zu beschleunigen, bietet die sog. Rottedeponie oder ungelentke Kompostierung. Wie sich schon der Bezeichnung des Verfahrens entnehmen läßt, müssen hierbei aerobe Bedingungen eingehalten werden.

In der einfachsten Form kann die Rottedeponie wie folgt betrieben werden:

Die angelieferten Abfälle werden in lockerer Schüttung bis zu 2 m Höhe abgelagert. Infolge der unverdichteten Lagerung kann bei ausreichendem Wassergehalt und guter Durchlüftung sehr schnell eine aerobe Rotte einsetzen, die sich durch ein Ansteigen der Temperatur im Müll bemerkbar macht. Nach Abklingen der Rottevorgänge — das wird nach etwa einem halben Jahr der Fall sein und äußert sich dann im Sinken der Temperatur — kann dann der gerottete Müll verdichtet und mit einer neuen lockeren Müllschüttung überdeckt werden.

### *Beurteilung*

Unter günstigen klimatischen Bedingungen erlaubt diese Verfahrensweise einen schnellen, wenn wahrscheinlich auch nicht vollständigen Abbau der organischen Substanz, ohne die unangenehme Begleiterscheinung der Methan- und Schwefelwasserstoffentwicklung (Brandgefahr und Geruchsbelästigung). Mögliche längere Trockenperioden lassen es allerdings angezeigt erscheinen, eine Berieselungseinrichtung zu installieren, um so bei ausbleibenden Niederschlägen zur Aufrechterhaltung der Rotte den Müll mit der notwendigen Feuchtigkeit zu versorgen. Der exotherme Vorgang der aeroben biochemischen Umsetzung führt zu einer stärkeren Verdunstung des Niederschlagswassers, wodurch die Sickerwassermenge entsprechend verringert wird. Es ist aber zu bedenken, daß bei diesem Verfahren im Gegensatz zur verdichteten Deponie bei gleichem Abfallangebot die Abfälle auf einer größeren Fläche ausgebreitet werden müssen. Die auf die Flächeneinheit bezogene Menge an Sickerwasser wird zwar bei der Rottedeponie aufgrund der stärkeren Verdunstungswirkung niedriger sein, bei Berücksichtigung der unterschiedlichen offenen Gesamtflächen ist jedoch sowohl bei der Rottedeponie als auch bei der verdichteten Deponie mit etwa gleichen absoluten Sickerwassermengen zu rechnen.

### 3. *Müllzerkleinerung in stationären Anlagen und Ablagerung*

In den letzten Jahren haben bei uns auch stationäre Zerkleinerungsanlagen eine größere Verbreitung gefunden (1971: 26 Anlagen in Betrieb). Hierbei handelt es sich im wesentlichen um Prall- oder Hammermühlen, die neben der Zerkleinerung auch eine gute Homogenisierung der Abfälle bewirken. Durch den Aufschluß der Müllbestandteile erhalten diese eine größere Oberfläche und bieten damit auch eine größere Angriffsfläche für die mikrobielle Tätigkeit. Inwieweit durch eine vorherige Zerkleinerung des in einer „verdichteten“ Deponie abgelagerten Mülls

der anaerobe Abbauprozess gegenüber der Ablagerung unzerkleinerten Mülls beschleunigt werden kann, ist bisher nicht bekannt.

Die Zerkleinerung bietet insofern Vorteile, als die gute Vermischung des Materials Brandgefahr, Papierverwehungen sowie Ungezieferbefall vermindert, ja u. U. ganz ausschließt, wobei sogar auf eine Abdeckung der abgelagerten Abfälle mit Inertmaterial verzichtet werden kann. Außerdem können aufgrund der Homogenisierung ungleichmäßige Setzungen des Deponiekörpers während der Abbauphase vermieden werden.

Die Müllzerkleinerung in stationären Anlagen bietet die Alternative, entweder eine normale (= verdichtete) Deponie oder eine Rotte- deponie zu betreiben. Im Falle der Rotte- deponie muß ebenso verfahren werden, wie eben ausgeführt, d. h. mietenartige Schüttungen oder Ablagerung in dünnen Schichten, die aus Gründen der Versorgung mit Luftsauerstoff nicht höher als 2 m sein dürfen. Nach Abklingen der Rottephase kann dann ebenfalls verdichtet und neu überschüttet werden. Selbstverständlich läßt sich bei diesem Verfahren — das gleiche gilt auch für die Rotte- deponie mit unzerkleinertem Müll — Klärschlamm mitbehandeln.

Eine weitere Modifizierung hat die Rotte- deponie durch das Gießener Modell erfahren. Hierbei werden in einer Prallmühle Hausmüll und Sperrmüll unter gleichzeitiger Zugabe von Klärschlamm zerkleinert und vermischt.

Der Prallmühlenaus- trag wird auf dem Betriebsgelände zu Mieten auf- gesetzt und nach drei bis vier Wochen Rottezeit zum Deponieort um- gelagert, wo zur weiteren Volumenreduktion und Desinfektion nochmals Mieten angelegt und nach Abschluß der Rottephase ein- planiert werden.

### *Zusammenfassung*

Eines der größten Probleme für die Ablagerung ist der Mangel an geeigneten und ausreichend großen Flächen in tragbarer Entfernung von den Schwerpunkten des Müllanfalls. Dies gilt insbesondere für Ballungsgebiete, in denen es auch künftig wegen der allgemein sich abzeichnenden Zunahme der Müllmengen erforderlich sein wird, das Müllvolumen durch geeignete maschinelle Anlagen weitgehend zu reduzieren und die Reststoffe geordnet abzulagern. Als wirksame Maßnahmen zur Volumenverminderung sind die Müllverbrennung und Müllkompostierung bekannt, doch bieten sich heute darüber hinaus im Rahmen der Deponie Möglichkeiten an, in einer Art Vorstufe zur Endablagerung die Abfälle in ihrem Volumen zu vermindern und zu stabilisieren. Dem Schutz der Gewässer und dem Schutz der Nachbarschaft ist auch bei den Verfahren der geordneten Ablagerung größte Aufmerksamkeit zu schenken.

Je weitgehender die Aufbereitung und Stabilisierung der Abfälle vor ihrer Endablagerung betrieben wird, um so uneingeschränkter sind auch die späteren Nutzungsmöglichkeiten einer abgeschlossenen Deponie. Dieser Gesichtspunkt muß nicht zuletzt bei der Wahl des Ablagerungsverfahrens beachtet werden.

# Neuere Forschungsergebnisse über die Ablagerung von Abfallstoffen\*

Von G. Mattheß

Gelöste oder suspendierte Stoffe aus Müllablagerungen, die von Sicker- und Grundwässern durchflossen werden, können die Gehalte einzelner oder mehrerer Bestandteile des Grundwassers über die in Trinkwässern maximal zulässigen Konzentrationen hinaus erhöhen. Die räumliche Ausdehnung und die Dauer dieser Verunreinigungen sind durch natürliche Prozesse begrenzt, die eine Normalisierung der Grundwasserbeschaffenheit herbeiführen: mikrobieller Abbau, chemische Ausfällung und Mitfällung, Sorption, mechanische Filterung, Gasaustausch mit der Grundluft und Verdünnung.

Organische Verunreinigungen werden unter aeroben und unter anaeroben Verhältnissen durch spezifische Mikroorganismen letztlich zu Kohlendioxid und Wasser zersetzt. Dabei können außer Kohlendioxid und Wasser unter Umständen zunächst einfachere organische Verbindungen als Zwischenprodukte entstehen. Der für diesen Abbau erforderliche Sauerstoff steht in freier gelöster Form (aerober Bereich) und in chemisch (in Nitraten und Sulfaten) gebundener Form (anaerober Bereich) zur Verfügung. Der biochemische Abbau wird durch autochthone Mikroorganismen vollzogen, die biologische Rasen auf den Oberflächen der Bodenpartikel bilden. Eingeschleppte Mikroorganismen, etwa pathogene Keime, werden durch antagonistische Mikroorganismen und ungünstige Umweltbedingungen allmählich abgetötet.

Im anaeroben Bereich werden neben — hauptsächlich — Eisensulfid andere Schwermetallsulfide gefällt. Im aeroben Bereich fallen Eisen- und Manganhydroxide aus, die andere schlecht lösliche Elemente und Verbindungen, wie z. B. Kupfer, Blei, Zink, Arsen, Wolfram, Vanadium, Fluoride und Phosphate, mitreißen und so aus dem Grundwasser entfernen.

Die Sorption und die mechanische Filterung hängen von der Korngröße der Erdstoffe und der Querschnittsgröße der wasserführenden Hohlräume ab. Die beste Sorptionswirkung zeigen durchlässige Deckschichten und Grundwasserleiter mit gewissen Anteilen an Tonmineralen oder Humusstoffen, eine schlechte Filterwirkung Karst- und Kluftgrundwasserleiter ohne filternde Deckschichten. Darüberhinaus bieten die ausfallenden Hydroxide und die mikrobiellen Schleime, die sich laufend regenerieren, ständig neue wirksame Oberflächen an. Sorptive Bindung an die Oberflächen

\* Kurzfassung des Vortrages.

der Untergrundmaterialien ist als einer der wichtigsten Mechanismen bei der Eliminierung in den Grundwasserbereich eingebrachter suspensierter Bakterien und Viren anzusehen.

Flüchtige Schmutzstoffe und Abbauprodukte, wie Methan, Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff und elementarer Stickstoff, entweichen in die Grundluft und von dort in die Atmosphäre, wodurch beträchtliche Mengen von Schmutzstoffen aus der verunreinigten Grundwasserzone entfernt werden.

Im Unterstrom der Verunreinigungsquelle kann das verunreinigte Grundwasser durch Beimischung von sauberem Grund- oder Sickerwasser verdünnt werden. Die Wirkung hängt von der Menge des zugeführten Wassers und seiner chemischen und physikalischen Qualität ab.

Die Reichweite von Grundwasserverunreinigungen hängt außer von den beschriebenen Prozessen der Selbstreinigung vor allem von der anfallenden Menge und der Beschaffenheit des verunreinigten Wassers, von der Beschaffenheit und dem Reinigungsvermögen des Untergrundes (Grundwasserleiter und Deckschichten) und von der Fließgeschwindigkeit des Grundwassers ab. Die Reichweite ist wesentlich größer in Gesteinen, in denen bei entsprechendem Gefälle hohe Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers auftreten, z. B. in zerklüfteten und verkarsteten Festgesteinen, mit bis zu 8 km/Tag (T) bzw. 26 km/T, als in Porengrundwasserleitern mit geringen Fließgeschwindigkeiten ( $< 1$  m/T).

Zur Auswahl, Einrichtung und Betrieb von Abfall-Lagerplätzen kann unter Berücksichtigung der Selbstreinigungsvorgänge im Untergrund vom hydrogeologischen Standpunkt folgendes vorgeschlagen werden:

Abfälle verschiedenster Herkunft und Beschaffenheit sollten auf wenigen Plätzen als zentrale Deponie über der Grundwasseroberfläche geordnet abgelagert werden. Als Standorte sollten möglichst niederschlagsarme Gebiete mit großen Grundwasserflurabständen, gut luft- und wasserdurchlässigen sowie sorptionsfähigen Deckschichten und Grundwasserleitern bei geringen Grundwasserfließgeschwindigkeiten gewählt werden. Bei richtiger Standortwahl kann auf eine Basisabdichtung verzichtet werden, die nur dann Vorteile bietet, wenn die auftretenden Sickerwässer restlos erfaßt und schadlos beseitigt werden können. Solche aufwendigen Maßnahmen sind wohl nur dann notwendig und volkswirtschaftlich vertretbar, wenn sehr wertvolle Grundwasservorkommen geschützt werden sollen oder wenn sehr giftige, gefährliche oder schlecht abbaubare Abfallstoffe eine sehr weitreichende Grundwasserverunreinigung befürchten lassen. Bei ungünstigen hydrogeologischen Verhältnissen, z. B. gut durchlässigem, aber schlecht reinigendem Untergrund (Karst, stark zerklüftete Festgesteine) sollten alle Abfälle so gelagert werden, daß eine Grundwasserverunreinigung ausgeschlossen ist.

## LITERATUR:

- FARKASDI, Georg; GOLWER, Arthur; KNOLL, Karl-Heinz; MATTHESS, Georg; SCHNEIDER, Wilhelm: Mikrobiologische und hygienische Untersuchung von Grundwasserverunreinigungen im Unterstrom von Abfallplätzen. — Städtehygiene 20 (1969), S. 25—31.
- GOLWER, Arthur; MATTHESS, Georg; SCHNEIDER, Wilhelm: Selbstreinigungsvorgänge im aeroben und anaeroben Grundwasserbereich. Vom Wasser 36 (1970), S. 61—90.
- GOLWER, Arthur; MATTHESS, Georg; SCHNEIDER, Wilhelm: Einflüsse von Abfalldeponien auf das Grundwasser. Städtetag 24 (1971), Nr. 2, S. 119 bis 124.
- GOLWER, Arthur; KNOLL, Karl-Heinz; MATTHESS, Georg; SCHNEIDER, Wilhelm; WALLHAUSER, Karl-Heinz: Mikroorganismen im Unterstrom eines Abfallplatzes. Gesundh.-Ing. 93 (1972), Nr. 5, S. 142—152.
- NÖRING, Friedrich; FARKASDI, Georg; GOLWER, Arthur; KNOLL, Karl-Heinz; MATTHESS, Georg; SCHNEIDER, Wilhelm: Über Abbauvorgänge von Grundwasserverunreinigungen im Unterstrom von Abfalldeponien. GWF 109 (1968), S. 137—142.





# Müllbeseitigung durch Verbrennung

Von L. B a r n i s k e

Die Verbrennung des Mülls gilt als die „hygienischste“ Art seiner Beseitigung. Sie ist aber gleichzeitig auch die radikalste Methode, da die stoffliche Veränderung der Abfallstoffe am weitesten geht.

In kurzen Zügen soll auf die Möglichkeiten der Müllbeseitigung durch Verbrennung, die verfahrenstechnischen Gegebenheiten und die Erfordernisse des Umweltschutzes eingegangen werden.

Die Abfallverbrennung ist wie die Kompostierung im eigentlichen Sinne kein Müllbeseitigungsverfahren, sondern lediglich eine Methode zur stofflichen und strukturellen Umwandlung von Abfallstoffen mit dem Ziel, ihre Menge und ihr Volumen weitestgehend zu reduzieren. Dabei entstehen gasförmige und feste Verbrennungsprodukte, die aus Gründen des Umweltschutzes einer weiteren besonderen Behandlung bedürfen, deren energetische und stoffliche Qualitäten jedoch u. U. wirtschaftlich ausgenutzt werden können. In jedem Falle verbleiben Reststoffe, die in der Regel der geordneten Deponie zugeführt werden müssen, damit die Forderung nach Beseitigung der Abfälle erfüllt wird.

Müllverbrennungsanlagen werden für gewöhnlich dort errichtet, wo die Möglichkeiten anderer Methoden aus räumlichen, mengenmäßigen, hygienischen und wirtschaftlichen Gründen erschöpft sind. Die Entscheidung zur Müllverbrennung wird im wesentlichen beeinflusst von Art und Menge der Abfälle, von der Gewährleistung, diese schadlos verbrennen zu können, vom Flächenbedarf der Anlage und von den Transportmöglichkeiten. Wegen des relativ hohen Investitionsaufwandes für eine Müllverbrennungsanlage ist deren Errichtung nur von einer bestimmten Größenordnung ab sinnvoll. Kleinanlagen haben nur bei verbrennungskritischem Sondermüll ihre Berechtigung oder bei solchen Abfällen, die aus hygienischen oder ästhetischen Gründen in unmittelbarer Nähe des Anfallortes ohne großen Transportaufwand vernichtet werden müssen (z. B. Krankenhausabfälle).

Die erste große Müllverbrennungsanlage auf dem europäischen Kontinent entstand, beeinflusst durch das Auftreten der letzten Cholera-Epidemie, kurz vor der Jahrhundertwende in Hamburg. In der Folgezeit wurden in Deutschland mehrere Müllverbrennungsgrößenanlagen errichtet, von denen einige wegen verschiedener Konstruktionsmängel und nicht ausreichender Rentabilität ihren Betrieb wieder einstellen mußten.

Bedingt durch den steigenden Müllanfall und die sich ändernden Qualitäten der Abfälle im Zuge der Nachkriegs-Wohlstandsentwicklung sind in

der Bundesrepublik in den letzten 20 Jahren viele Müllverbrennungsanlagen entstanden. Z. Z. wird in etwa 30 Großanlagen der Müll von rund 12,5 Millionen Einwohnern — das sind etwa 20 % der Bevölkerung der Bundesrepublik — verbrannt. Neben Hausmüll werden in den meisten Anlagen Sperrmüll aus den Haushaltungen, Gewerbeabfälle aus Kleinbetrieben, Handel und Verwaltungen, brennbarer Industriemüll und — z. Z. erst in geringem Umfange — Klärschlamm gemeinsam verbrannt.

Der Hausmüll, welcher mit 60 bis 80 % mengenmäßig den größten Anteil des Gesamtmülls ausmacht, bestimmt weitgehend den Materialheizwert, den wichtigsten Kennwert für die Verbrennung. Dieser schwankt je nach Zusammensetzung der Abfälle dauernd und in kurzen Zeitfolgen. Den laufenden kurzen Heizwertschwankungen sind die jahreszeitlich bedingten größeren Heizwertschwankungen überlagert. Im allgemeinen enthält der sogenannte Sommermüll wesentlich mehr pflanzliche Bestandteile mit hohem Wassergehalt, während der Wintermüll mehr Asche und trockene brennbare Substanzen enthält und meist höhere Heizwerte aufweist. Diese Verhältnisse können aber auch — wie in Berlin — infolge extrem hoher Aschegehalte im Wintermüll, bedingt durch viele Einzelfeuerstätten, entgegengesetzte Tendenz haben.

Der Lebensstandard und — davon abhängig — die unterschiedlichen Konsumgewohnheiten der Bevölkerung und unter Umständen die klimatischen Gegebenheiten sind verantwortlich für die großen regionalen Unterschiede in der Qualität der Abfälle. Die Heizwerte des in der Bundesrepublik zur Verbrennung gelangenden Hausmülls liegen im Jahresmittel etwa zwischen 1200 und 2000 kcal/kg, wobei Extremwerte von 800 kcal/kg bei hohem Asche- und Feuchtigkeitsgehalt und 3000 kcal/kg bei großem Anteil an Verpackungsmaterial auftreten können. Die Heizwerte steigen durchschnittlich um etwa 5 % jährlich an.

Eine Müllverbrennungsanlage muß den Müll trotz seiner dauernden Qualitätsschwankungen jederzeit hygienisch einwandfrei verbrennen können. Dies erfordert einen relativ hohen Anlagen- und Bedienungsaufwand. Moderne Großanlagen verbrennen den Müll ausnahmslos kontinuierlich, in Anlehnung an herkömmliche Feuerungssysteme für feste Brennstoffe. Besondere Umstände können es erforderlich machen, daß die Abfälle vor der Verbrennung aufbereitet, d. h. z. B. gesiebt, zerkleinert oder auch entschrottet werden. Der größte Teil des Mülls wird im allgemeinen vor dem Brennprozeß nicht aufbereitet. Die Abfälle werden aus den Transportfahrzeugen in Bunker entleert und von dort über Förderanlagen (Greifer-Krananlagen, Förderbänder) dem Verbrennungsofen zugeführt. Der Bunker ist ein Puffer zwischen kontinuierlicher Verbrennung und diskontinuierlicher Müllanfuhr; er muß Müllanfallspitzen nach Feiertagen aufnehmen

können und ggf. die Bevorratung für einen durchgehenden Wochenendbetrieb der Anlage gewährleisten. Eine längere Lagerzeit der Abfälle als vier Tage sollte aber wegen der Gefahr des Entstehens von Gärnestern und möglicher Ungezieferplage vermieden werden. Die während der Lagerung beginnende Gärung erhöht infolge der entstehenden Gase die Zündwilligkeit des Mülls. Die Beschickung der Brennroste erfolgt über Trichter, Einfüllschächte und besondere Zuteilvorrichtungen, die den Müll gleichmäßig in einer bestimmten, regulierbaren Schichthöhe in den Feuerraum schieben. Die Abdichtung des Feuerraums im Bereich der Aufgabe erfolgt durch den Müll selbst. Die Müllsäule im Einfüllschacht darf deshalb eine Mindesthöhe nicht unterschreiten.

Die Verbrennung des Mülls, bei der die verbrennbaren Bestandteile in Rauchgase verwandelt, die Feuchtigkeit in Wasserdampf übergeführt und die unverbrennbaren Teile ausgeglüht werden, läuft in verschiedenen, zeitlich aufeinanderfolgenden, aber ineinander übergehenden Phasen ab. Der Trocknungsphase folgen die Entgasung, die Zündung, der Durchbrand und der Ausbrand. Dem Müllbett müssen ausreichende, den einzelnen Phasen angepaßte Verbrennungsluftmengen zugeführt werden. Um eine möglichst gleichmäßige Verbrennung und einen ausreichenden Ausbrand zu erreichen, muß der Müll ständig aufgelockert und gewälzt werden. Die verschiedenen Feuerungskonstruktionen tragen diesen brennstofftechnischen Gegebenheiten Rechnung. Sie sind deshalb meist in mehrere Einzelabschnitte aufgegliedert, oder sie besitzen voneinander unabhängige auf die einzelnen Verbrennungsphasen abgestimmte Regelzonen. Als Feuerungskonstruktionen haben sich vornehmlich Rostfeuerungen, wie Wanderroste, Vorschub- und Rückschubroste, Kipproste und Walzenroste, bewährt. Daneben sind in bedeutendem Umfang, z. T. in Kombinationen mit Rostfeuerungen, Drehrohr- oder Drehtrommelöfen erfolgreich im Einsatz. Diese eignen sich insbesondere auch für die Verbrennung von industriellen Sonderabfällen.

Die Temperaturen im Feuerraum einer Müllverbrennungsanlage werden im allgemeinen zwischen  $850^{\circ}\text{C}$  und  $1200^{\circ}\text{C}$  eingeregelt. Es soll damit gewährleistet werden, daß einerseits der Erweichungsbereich der Verbrennungsrückstände, der zwischen  $1300$  und  $1600^{\circ}\text{C}$  liegt, nicht erreicht und andererseits die sog. Riechgrenze der Abgase — die organischen Geruchsstoffe werden bei mindestens  $700$  bis  $750^{\circ}\text{C}$  zerstört — nicht unterschritten wird. Die Höhe der Verbrennungstemperatur läßt sich zum einen durch Änderung des Mülldurchsatzes und der Verbrennungsluftmenge, zum anderen durch eine Zusatzfeuerung — meist Leichtöl- oder Altölbrenner — regeln.

Die bei der Verbrennung entstehenden festen Rückstände betragen etwa 10 bis 16 % des Ausgangsvolumens bzw. 25 bis 50 % des aufgegebenen Müllgewichts. Die Zusammensetzung der Müllverbrennungsschlacke schwankt ständig. Es muß gewährleistet sein, daß der Anteil an noch vergärbaren Substanzen möglichst gering ist. Aus Gründen einer störungsfreien Verbrennung wird ein vollständiger Ausbrand erfahrungsgemäß jedoch nicht angestrebt. Die Müllverbrennungsschlacken werden im allgemeinen vom Verbrennungsrost in einen mit Wasser gefüllten Naßentschlacker abgeworfen und von dort über Spezialfördereinrichtungen aus der Anlage ausge-  
tragen.

Sofern für die Müllverbrennungsschlacke keine weitere Verwendung möglich ist, muß sie auf geeigneten Plätzen abgelagert werden. Vielfach kann die Schlacke insgesamt oder teilweise für den Sportplatz- oder Wegebau genutzt werden. Unter besonderen Umständen, wie z.B. in Berlin, bietet sich die Veredelung der Verbrennungsrückstände zu hochwertigen Bauzuschlagsstoffen an. Für eine Verwertung muß die Schlacke in der Regel weiter behandelt werden, d. h. sie muß entschrottet, zerkleinert und nach verschiedenen Korngrößen klassiert werden. Der Eisenschrott, der für gewöhnlich einen Anteil von rund 5 % des Ausgangsmüllgewichts ausmacht, wird elektromagnetisch ausgeschieden und entweder pakettiert oder lose zur weiteren Verwendung abtransportiert.

Bei der Verbrennung entstehen etwa 4000 bis 5000 Nm<sup>3</sup> Rauchgase je t Müll. Diese führen etwa 2 bis 10 % des aufgegebenen Müllgewichts an sogenannter Flugasche aus dem Feuerungsraum ab. Aufgrund dieses hohen Staubanfalls ist eine weitgehende Entstaubung der entstehenden Rauchgase nötig. Entsprechend der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (Allgemeine Verwaltungsvorschriften über genehmigungsbedürftige Anlagen nach § 16 GewO) darf bei Großanlagen die Staubemission nicht mehr als 150 mg/Nm<sup>3</sup> betragen. Ein derartiger Reinheitsgrad ist meist nur unter Verwendung von elektrostatischen Filtern möglich. Bei geringen Flugaschegehalten im Rohgas kann die Entstaubung u. U. auch mit mechanischen Entstaubungsanlagen (z. B. Zyklonen) einwandfrei durchgeführt werden.

Für die elektrostatische Rauchgasreinigung ist die Abkühlung der Gase auf mindestens 350° C erforderlich. Die in den meisten Fällen wirtschaftlichste und technisch sinnvollste Form der Rauchgaskühlung stellt der dem Verbrennungssofen nachgeschaltete Dampferzeuger dar. Mit diesem kann der Wärmeinhalt der Rauchgase zur Stromerzeugung oder für Beheizungszwecke ausgenutzt werden. Andere Methoden der Rauchgaskühlung, wie Wassereinspritzung oder Lufteinblasung, haben bei Großanlagen nur untergeordnete Bedeutung.

Ist eine Ausnutzung des Müllheizwertes zur Stromerzeugung oder für Fernheizzwecke nicht möglich, so bietet sich u. U. die gemeinsame Verbrennung von Müll und Klärschlamm an. Die Beseitigung des Klärschlammes ist wegen des hohen Wassergehalts von 90 bis 99 % meist mit großen Schwierigkeiten verbunden. Eine weitgehende Entwässerung mit üblichen mechanischen Filtern und ohne Zusatz von Chemikalien ist wegen der kolloidalen Struktur des Schlammes kaum möglich. Auf thermischem Wege läßt sich der Klärschlamm jedoch in einer einzigen Stufe soweit eindicken, daß er für sich allein oder gemeinsam mit Müll verbrannt werden kann. Es erscheint daher sinnvoll, den Wärmeinhalt des Mülls unmittelbar oder mittelbar für die Trocknung des Schlammes heranzuziehen. Für die Beseitigung einwohnergleicher Schlamm- und Müllmengen braucht aufgrund der Wärmebilanzen nur wenig oder gar keine Fremdwärme eingesetzt zu werden. Es sind bisher jedoch nur wenige Anlagen hierfür gebaut worden. Mehrere Verfahren befinden sich z. Z. noch im Entwicklungsstadium, so daß mit ihrer Anwendung im Großmaßstab erst in einigen Jahren zu rechnen ist.

In letzter Zeit werden in der Öffentlichkeit immer häufiger Probleme der Umweltbeeinträchtigungen durch Müllverbrennungsanlagen erörtert. In den Vordergrund ist die Diskussion über Verunreinigungen der Luft durch Abgase aus der Kunststoffverbrennung getreten, und hier wird insbesondere das Polyvinylchlorid (PVC) erwähnt.

Ein Großteil der im Müll enthaltenen Kunststoffe, wie z. B. Polyäthylen, Polystyrol, Phenolharze u. a., verbrennen ausschließlich zu Kohlendioxid und Wasserdampf. Halogensubstituierte Kunststoffe, wie PVC und Polytetrafluoräthylen, erzeugen aber auch Chlorwasserstoff bzw. Fluorwasserstoff. Wesentlich für die Beurteilung der Schadwirkung dieser Gase ist die Frage nach ihrer relativen Menge. Im allgemeinen werden die Kunststoffanteile im normalen Hausmüll zu hoch eingeschätzt, weil es sich im wesentlichen um Verpackungsmaterialien handelt, deren optische — d. h. voluminöse — Ausmaße beeindrucken. Der Gewichtsanteil der Kunststoffe beträgt z. Z. etwa 2,5 bis 3,5 %, davon sind etwa 0,5 bis 0,7 % PVC-Abfälle. Bis 1980 wird man bei stetiger Erhöhung des Kunststoffverbrauchs und bei Berücksichtigung der Entwicklung des Müllaufkommens mit 5 bis 6 % Kunststoffen, einschl. 0,8 bis 1,0 % PVC, rechnen müssen. Bei dieser Prognose ist bereits eine weitgehende Einführung der Einweg-Bierflasche aus PVC berücksichtigt.

Fluorisierte Kunststoffe kommen im Hausmüll nicht nennenswert vor, da sie sehr teuer sind und für Verpackungsmaterialien nicht verwendet werden. Fluorverbindungen in den Abgasen von Müllverbrennungsanlagen können aber auch aus Treibmittelresten von Abfall-Spraydosen stammen.

Die Größenordnungen derartiger Schadgasemissionen sind jedoch unbedeutend.

Trotz ihrer noch relativ geringen Anteile im Hausmüll, können die Kunststoffe u. U. den Verbrennungsprozeß nachteilig beeinflussen und Schäden an der Verbrennungsanlage verursachen. Zusammenballungen von erweichenden Kunststoffen im Feuerraum können den Verbrennungsablauf erheblich stören. Infolge der hohen Heizwerte der Kunststoffe können bei schlechter Durchmischung des Mülls örtlich überhöhte Temperaturen auftreten, die zu Schäden an den Feuerungsrosten und der Ausmauerung führen.

Bekannt sind ferner rauchgasseitige Korrosionsschäden an Müllverbrennungsanlagen mit Wärmeausnutzung, die im wesentlichen durch die Einwirkung des im Rauchgas enthaltenen Chlorwasserstoffs auf die Einbauten der Dampferzeuger ausgelöst werden. Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß der Chlorwasserstoff wahrscheinlich nicht ausschließlich aus der PVC-Verbrennung stammt, weil auch andere Müllkomponenten (z. B. Kochsalz in Speiseresten) teilweise bedeutende Chlorgehalte aufweisen.

Die vorgenannten Schadensmöglichkeiten können durch konstruktive und betriebstechnisch-organisatorische Maßnahmen jedoch gemindert oder weitgehend ausgeschaltet werden.

Die befürchteten Umweltbeeinträchtigungen sind möglich, wenn erhebliche Chlorwasserstoffmengen über die Abgase einer Müllverbrennungsanlage in die Atmosphäre abgegeben werden. Die bisher durchgeführten Messungen haben jedoch ergeben, daß die HCl-Emissionen in der Bundesrepublik nirgends so hoch liegen, daß die in den VDI-Richtlinien festgelegten MIK-Werte (Maximale Immissionskonzentrationen) für die umgebende Luft auch nur annähernd erreicht werden. Es sind jedoch Bestrebungen im Gange, die betreffenden MIK-Werte erheblich zu senken, so daß unter Berücksichtigung der voraussichtlichen Entwicklung der Abfallzusammensetzung bereits umfangreiche Untersuchungen mit dem Ziel begonnen wurden, die Konzentrationen der Schadgaskomponenten in den Müllverbrennungsgasen auf ein Minimum zu beschränken.

Zu den Schadgasen gehört neben Chlorwasserstoff auch Schwefeldioxid. Vergleicht man jedoch die aus Müllverbrennungsanlagen emittierten  $\text{SO}_2$ -Mengen mit denen aus ölbefeuerten Kraftwerken oder aus den Ölfeuerungen der Haushaltungen, so sind jene unbedeutend. Dennoch ist man im Hinblick auf die allgemeine Vorbelastung unserer Umgebungsluft mit Schadstoffen bestrebt, auch den  $\text{SO}_2$ -Gehalt in den Abgasen von Müllverbrennungsanlagen weitgehend zu reduzieren.

Die Bemühungen, die noch bestehenden und zu erwartenden Probleme der Müllverbrennung zu lösen, finden auch im Umweltprogramm der Bundesregierung ihren Niederschlag. Dort wird empfohlen, durch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten die Technologien der Müllverbrennung weiter zu verbessern. Vor allem aus wirtschaftlichen Gründen soll angestrebt werden, Müll, Klärschlamm und auch in großem Umfang Industrieabfälle unter Vermeidung innerbetrieblicher Stör- und Schadensquellen und ohne Verschmutzung der Umwelt gemeinsam zu verbrennen. Die Erfüllung dieser Forderung dürfte jedoch nach den bisherigen Erfahrungen für die Beseitigung industrieller Sonderabfälle sehr schwierig sein. Die Vielzahl der Industrieabfälle pauschal nur nach einem bestimmten Verfahren zu verbrennen, ist kaum möglich. Es werden fast ebenso viele Verbrennungssysteme benötigt, wie Abfallarten vorkommen. Die Verfahren selbst sind aufwendig und teuer, da die Forderungen nach einer schadlosen Beseitigung immer besondere Betriebseinrichtungen zur Reinigung und Entgiftung der Rauchgase und Verbrennungsrückstände erforderlich und oft sogar eine einwandfreie Beseitigung dieser Abfälle unmöglich machen. Auch andere Verfahren, die nicht auf Verbrennung beruhen, sind mit entsprechenden Schwierigkeiten behaftet und sehr kostspielig, sofern nicht im Einzelfall verwertbare Produkte erzeugt werden können.

Das neue Abfallbeseitigungs-Gesetz bietet die Chance, daß Produktionsabfälle und Produkte, die letztlich wieder zu Abfällen werden, nur noch in dem Maße erzeugt werden dürfen, wie sie ohne Verunreinigung der Luft, Wasser und Boden verarbeitet oder vernichtet werden können. Es muß schon an der Produktionsstätte entschieden werden, daß der Segen neuer Produkte nicht mit nie wieder gutzumachenden Schäden am organischen Leben erkaufte wird.

#### LITERATUR:

- <sup>1</sup> KUMPF/MAAS/STRAUB: Müll- und Abfallbeseitigung, Handbuch, Loseblattsammlung, Erich Schmidt Verlag, ab 1964.
- <sup>2</sup> LAUER, H.: Die Beseitigung von Kunststoffabfällen, Bundesgesundheitsblatt Nr. 19 (1971) S. 269—274.
- <sup>3</sup> MÜLLER, H. J.: Sonderproblem Kunststoff im Müll, Der Städtetag Nr. 6 (1971) S. 355—357.



- <sup>4</sup> MÜLLER, H. J.: Neue Entwicklungen bei der Müllverbrennung, Der Städtetag Nr. 2 (1972) S. 93—95.
- <sup>5</sup> RASCH, R.: Kunststoffe in der Müllverbrennung, Das technische Umweltmagazin, Dez. 1971, S. 20—23.
- <sup>6</sup> HEIGL, F.: Beiheft 1: Moderne Müllverbrennungsanlagen, Febr. 1968, und Beiheft 5: Planung einer MVA, Jan. 1971 zu „Müll und Abfall“.
- <sup>7</sup> TANNER, R.: Die Müllverbrennung in heutiger Sicht, Bauamt und Gemeindebau, 11/1971, S. 450—451.

# Aktuelle Probleme der Kompostierung

Von W. L a n g e r

Im Umweltschutz, insbesondere bei der Abfallbeseitigung, steht die Wiederverwendung (recycling) einerseits zur Verminderung der zu beseitigenden Abfälle und andererseits zur — wenn möglich — wirtschaftlichen Nutzung der rückgewonnenen Materialien im Vordergrund. Eine Möglichkeit ist zweifellos die Kompostierung des Hausmülls, die auch das natürlichste Verfahren durch hygienisch einwandfreie Umwandlungen der organischen Bestandteile in ein für die Landwirtschaft nützliches Bodenverbesserungsmittel darstellt. Um so bedauerlicher ist es, daß in der BRD die Kompostierung bisher mengenmäßig zur Beseitigung des Hausmülls und der kommunalen Klärschlämme noch nicht allzuviel beiträgt, obwohl unsere intensiv genutzten Kulturböden immer mehr an ihrem Humusbestand verarmen. Unter dem Druck der Rationalisierung in der Landwirtschaft mit vielfach Monokulturen werden mineralische Dünger in verstärktem Maße eingesetzt und die Zufuhr von organischer Substanz vernachlässigt.

Durch die Verarmung an organischer Substanz wird aber die Sorptionsfähigkeit des Bodens für Wasser und Ionen verringert, so daß die Mineraldünger nicht mehr ausreichend in der Bodenkrume und in der Verwurzelungsfläche festgehalten werden. Dadurch werden sie leichter an die Oberfläche bzw. durch Versickerung ausgespült, wodurch eine Beeinträchtigung und Eutrophierung der Oberflächengewässer oder eine Salzbelastung der Grundwässer in verstärktem Maße erfolgt und dadurch ein anderes Umweltproblem geschaffen wird.

In der letzten Zeit ist man davon abgekommen, die düngenden Eigenschaften des aus dem Humusmüll gewonnenen Kompostes hervorzuheben, und betont jetzt mehr die bodenverbessernden Eigenschaften. Durch die organische Substanz des Kompostes wird das Wasserhaltevermögen des Bodens für die Niederschläge verstärkt und gleichzeitig auch die Austrocknung der Bodenoberfläche herabgesetzt. Gegenwärtig findet der Kompost seine Anwendung vor allem im Weinbau, in Gärtnereien, im Obst- und Gemüsebau, auch bei Neuanlagen in der Landschaftsgestaltung (Sportplatzbau, Straßenböschungen) sowie — beschränkt — in der Forstwirtschaft.

Bei der Anlage von Müllkompostwerken spielt die Absatzfrage eine entscheidende Rolle; deshalb ist eine gezielte Beratung und eine gute Verkaufsorganisation in einem landwirtschaftlich intensiv bewirtschafteten Hinterland eine wesentliche Voraussetzung. Aber selbst wenn der Absatz einmal ins Stocken geraten sollte, ist bei entsprechender Lagerungsform des

aufbereiteten Kompostes (z. B. Rekultivierung von Ödlandflächen oder Deponie) eine Beeinflussung des Grundwassers weniger zu erwarten, da durch seine aufgeschlossene und krümelige Struktur die Niederschläge wesentlich besser gespeichert werden und die Nährstoffe in organischer Bindung relativ fest liegen.

In der BRD werden z. Z. in 16 Kompostierungsanlagen die Abfälle von nur rund 1,3 Mio Einwohnern (etwa 2 % der Bevölkerung — entsprechend 1,5 bis 2 Mio m<sup>3</sup>/Jahr) zu etwa 60 000 t Kompost verarbeitet. Die Erzeugung von einwandfreiem Kompost wird durch die Änderung in der Müllzusammensetzung und die Zunahme unerwünschter Ballaststoffe, wie z. B. Kunststoffe oder Hartstoffe, erschwert. Durch die unterschiedliche Qualität der hergestellten Komposte, für die bisher noch keine einheitlichen Qualitätskriterien vorhanden sind, besteht bei den Abnehmern eine gewisse Zurückhaltung, einerseits weil der Kompost nicht als Düngemittel, sondern vorwiegend nur als Bodenverbesserungsmittel bewertet werden kann, und zum anderen, weil der Transport und die Ausbringung des Kompostes in den doch relativ großen Mengen gegenüber den mineralischen Düngemitteln zusätzlich lohnintensive Arbeiten erfordern.

Die Unterschiedlichkeit der Kompostqualitäten ist vor allem bedingt einerseits durch die jahreszeitlich bedingten Abhängigkeiten der Änderung des häuslichen Mülls und andererseits durch die Zusammensetzung des Mülls infolge Änderung bzw. Wandel der Lebens- und Konsumgewohnheiten, z. B. Fertiggerichte, Modetrend und durch die Zunahme des Sperrmülls durch die Kurzlebigkeit und den Modetrend der Gebrauchsgüter sowie durch verschiedene Methoden der Kompostherstellung.

Aus der Änderung der Rohmüll-Zusammensetzung ergeben sich bei den Stoffgruppen im Hausmüll folgende Streubreiten:

<i>Stoffgruppen</i>	<i>Gewichts%</i>
Feinmüll (Siebloch-Ø 8 mm)	20—35
Organische Küchenabfälle	10—20
Papier und Feinpappen	20—35
Textilien	2— 4
Kunststoffe	2— 3
Glas	8—10
Metall	4— 9
Steine, Ton, Porzellan	2— 6
Sonstiges (Holz, Leder, Gummi, Knochen usw.)	2— 4

Allein schon aus diesen Stoffgruppen ergibt sich, daß je nach den verschiedenen Verfahren der Kompost-Herstellung, d. h. durch den Aufbereitungsgrad und die Auslese- bzw. Abtrennung der nichtkompostierfähigen Bestandteile, mengenmäßig nur 40—70 % verwertbarer Kompost erzielt werden kann. Es bleiben jedoch 20—35 % Reststoffe übrig, die deponiert oder verbrannt werden müssen, d. h. im Zusammenhang mit einer Kompostierungsanlage ist stets ein Deponieplatz oder eine Verbrennungsanlage erforderlich. Die Ausbrand-Asche kann z. T. wieder dem Rohmüll zugeführt werden.

Die Kompostierung von Siedlungsabfällen kann aller Voraussicht nach in Zukunft einen breiteren Raum als bisher an der Abfallbeseitigung einnehmen. Im Zuge der Maßnahmen aus dem jetzt verabschiedeten Abfallbeseitigungs-Gesetz haben die Länder die Aufgabe, Regionalplanungen durchzuführen. Diese Regionalplanungen, die in ihrer Grundkonzeption bereits in einigen Ländern vorliegen, sollen regionale und überregionale Einzugsgebiete für die Abfallbeseitigung umfassen, in deren Schwerpunkt des Müllabfalls entsprechende Großanlagen zur Abfallbeseitigung errichtet werden. Hierbei spielen Anfallmengen, Transportwege und im Falle der Kompostierung besonders ein landwirtschaftlich intensiv genutztes Hinterland eine Rolle. In diesen Planungsentwürfen sind auch je nach der Gebietsstruktur weitere Kompostierungsanlagen vorgesehen.

Wenn die bisherigen Kompostierungsanlagen die Abfälle von 20 000 bis 200 000 Einwohnern verarbeiten, so wird man künftig als untere Grenze für eine solche Anlage mindestens 40 000 angeschlossene Einwohner vorsehen müssen, und zwar aus folgenden Gründen, denen auch ganz allgemein die Gedanken für die Regionalplanung zugrunde liegen:

1. Mit zunehmender Größe der Anlagen werden die Anlagekosten, bezogen auf die Anzahl der angeschlossenen Einwohner bzw. auf die zu beseitigende Abfallmenge, günstiger.
2. Größere Anlagen benötigen relativ weniger Fachpersonal, was bei den steigenden Löhnen zu berücksichtigen ist.
3. Die zusätzlich erforderlichen Anlageeinrichtungen und Geräte, wie Abluftreinigung aus der Kompostierung, Kompostmietenflächen-Entwässerung, Umsetzgeräte für die Kompostmieten, Ladeeinrichtungen usw., gestalten sich kostengünstiger.
4. Die Anlage kann in mehrere Einheiten aufgeteilt werden, so daß bei Reparaturen kein Stillstand eintritt, wobei die Bunker für die Bevorratung und das Auffangen der Müllmenge bei Stoßbetrieb relativ klein gehalten werden können.

5. Außerdem müssen die Kosten für die notwendigen Anlagen für die Beseitigung von Rückständen und Reststoffen aus der Kompostierung durch Verbrennung oder Ablagerung berücksichtigt werden.
  - a) Eine *Deponie* benötigt z. B. aus gleichen Gesichtspunkten einen Abfallstoff-Anfall von mindestens 20 000 Einwohnern, um sie mit den erforderlichen Geräten und Einrichtungen ausstatten und wirtschaftlich betreiben zu können. Gleichzeitig können bei größerem Anfall von Reststoffen auch besser die nicht kompostierfähigen Abfälle der Industrie des Einzugsgebietes oder Sperrmüll mit beseitigt werden.
  - b) Eine *Verbrennungsanlage* muß ebenfalls eine bestimmte Mindestgröße aufweisen, um sie zweckdienlich und ausreichend mit den für die Luftreinhaltung erforderlichen Zusatzeinrichtungen der Entstaubung, Schornsteinhöhe usw. ausrüsten zu können. Gerade bei ihr sinken die relativen Anlagekosten mit wachsender Größe in beachtlichem Maße. Im Rahmen der Regionalplanung ist in einem solchen Einzugsgebiet auch die Mitbeseitigung von Industrieabfällen zu berücksichtigen, die sich vielfach nur durch Verbrennung beseitigen lassen, z. B. Altreifen, Altöl und durch Mineralöle verunreinigter Boden. Die Hälfte der Kompostierungsanlagen besitzt zwar einen Verbrennungsofen, der jedoch meist zu klein ist und vielfach keine ausreichende Rauchgasreinigung aufweist.

Als weiterer Gesichtspunkt für die Planung von Kompostwerken ist die Mitverarbeitung von kommunalen Klärschlämmen. Von den 16 in Betrieb befindlichen Kompostwerken wird in 10 Anlagen Klärschlamm in einer Menge von nur etwa 0,4 Mio m<sup>3</sup>/Jahr (rund 2 % der jährlichen Frischschlammmenge von insgesamt etwa 18 Mio m<sup>3</sup> anfallendem Klärschlamm) verarbeitet.

Im Hinblick auf die gegenwärtig schon wenig befriedigende Beseitigung der Klärschlämme, die von der Abwasserreinigung von etwa 40 bis 45 % der Bevölkerung aus der mechanischen und bisher nur zum Teil biologischen Reinigung der Abwässer anfallen, sollen nach den Planungen bis 1990 die Abwässer von 90 % der Bevölkerung biologisch gereinigt werden. Zusätzlich wird noch vielerorts eine dritte Reinigungsstufe hinzukommen müssen, um die in den gereinigten Abwässern noch verbleibenden relativ hohen Phosphat-Gehalte weitgehend zu eliminieren und damit die Eutrophierung der Oberflächen-Gewässer herabzusetzen. Somit werden dann etwa 38 Mio m<sup>3</sup> Klärschlamm anfallen. Da die Müll-Klärschlammkompostierung ein vorteilhaftes Verfahren zur Klärschlamm-Entseuchung und -Beseitigung darstellt, wird man auch aufgrund dieser Entwicklungstendenz die Errichtung weiterer Kompostierungsanlagen ins Auge fassen.

Unter diesen Gesichtspunkten wird sich dann auch die Standortwahl für Kompostwerke, möglichst in unmittelbarer Nähe einer Abwasserreinigungs-

anlage, zu richten haben, so daß der Schwerpunkt des Müll- und Klärschlammanfalles weitgehend zusammenfällt. Dies wird schließlich auch zu Kläranlagen größerer Einheiten (Gruppenklärwerken) im Regionalprogramm führen. Damit kann gleichzeitig auch die Lage der Anlagen günstiger und nicht in unmittelbarer Nähe von Siedlungen gewählt werden; denn bei Kompostierungsanlagen, insbesondere wenn Frischschlamm verarbeitet wird, lassen sich Geruchsbeeinträchtigungen nicht ganz vermeiden, selbst wenn Maßnahmen, z. B. Desodorierung der Abluft oder Reinigung durch Bodenfilter, vorgesehen wurden, da mit Betriebsstörungen gerechnet werden muß.

Bei der Kompostierung sind generell 3 Aufbereitungsverfahren zu unterscheiden:

1. Die Kompostierung des *unzerkleinerten* Rohmülls ohne Aufbereitung in Mieten und spätere Aufarbeitung.
2. Kompostierung des *zerkleinerten* Mülls in Mieten nach Aussonderung der nicht kompostierfähigen Bestandteile.
3. Kompostierung in *gelenkter Vorrotte* in bewegten oder stehenden Gärzellen mit und ohne vorangehender Zerkleinerung.

Bei der Verrottung des Mülls zersetzt die Tätigkeit der Mikroorganismen die organische Substanz und mineralisiert diese bzw. baut Humusstoffe auf. Durch die dabei auftretenden hohen Temperaturen von 60° C und darüber, die durch den Aufbau und die Schichthöhen der Mieten oder die Aufenthaltszeit in den Gärzellen durch den Wassergehalt — ggf. durch Klärschlammzusatz — und vor allem durch die Belüftung und Umschichtung des Mülls gesteuert werden können, werden die vorhandenen Keime der Rohmasse abgetötet. Mit dem stärkeren Temperaturanstieg werden die mesophilen Keimgruppen dann von den thermophilen abgelöst, wodurch in Verbindung mit anderen Nebenerscheinungen auch pathogene Keime abgetötet, Parasiten, Wurmeier, Unkrautsamen usw. auch durch erhöhte Stoffwechselprozesse und Eiweißgerinnung zum Absterben gebracht werden oder ihre Virulenz verlieren.

Durch ein- oder mehrmaliges Umsetzen der Mieten werden die Randzonen den höheren Temperaturen im Zentrum ausgesetzt und gleichzeitig das Material gut durchlüftet, um die aerobe Zersetzung zu gewährleisten und aufrecht zu erhalten. Diese älteste und einfachste Methode der Kompostierung in den Mieten wird heute hauptsächlich für die Nachrotte angewandt. Die ursprüngliche Form unzerkleinerten Mülls, z. T. mit Klärschlamm vermischt, in Mieten bis zu 4 m Höhe einer Rotte zu unterziehen, wird nur noch in wenigen Fällen durchgeführt. Die gleichmäßige Belüftung der Mieten ist dabei von ausschlaggebender Bedeutung. Hierfür werden gelochte Rohre an der Mietensohle oder gelochte Sohlenplatten verwendet,

durch die die Luft entweder zugeführt oder abgesaugt wird. Die Mietenkompostierung ist relativ platzaufwendig und abhängig von der Witterung, wenn die Mieten nicht überdacht sind.

Um den Kompostierungsvorgang unabhängig von der Fläche und von Witterungsbedingungen durchführen und die Sauerstoffzufuhr besser steuern zu können, wurden technische Verfahren entwickelt. Diese Verfahren unterscheiden sich wenig von der Aufbereitung.

Das Material wird meist in einem Müllbunker zwischengespeichert und einem Zerkleinerungsaggregat zugeführt. Für diese Zerkleinerung werden vorwiegend Hammermühlen oder Siebraspeln eingesetzt. Bei letzteren wird auf einem Stahlboden von 4 bis 5 m Ø mit aufgeschweißten Stiften und Sieblöchern durch rotierende Arme der Müll einem Zerreibungsprozeß unterzogen, der die organischen (leicht zersetzbaren und verrottbaren) Bestandteile von dem schwer zerkleinerbaren Material trennt. Nach der Zerkleinerung wird der Eisenschrott über Magnetabscheider abgetrennt. Hartstoffe, wie Glas, Porzellan, Steine, können ballistisch über Wurfscleudern oder Schrägförderbänder sowie über Siebe entfernt werden. Die Zufuhr von Klärschlamm kann vor und nach der Zerkleinerung erfolgen.

### *Kompostierungs-Verfahren*

Beim *DANO-Biostabilisator-Verfahren* wird der Müll unzerkleinert in einer Trommel mit einem Ø von 3,5 m und einer Länge von etwa 28 m eingebracht und durch langsame Drehung der Trommel (etwa 1 Umdrehung/min) umgewälzt. Bei gleichzeitiger besteuarter Luftzufuhr verrottet das Material innerhalb von 3 bis 6 Tagen und wird anschließend abgesiebt. Dieser Frischkompost kann nach Bedarf in Mieten bis zur Reife nachgerottet werden.

Beim *System Pratt* wird unzerkleinertes Material in Rottezellen aus Maschendrahtwänden eingefüllt. Sauerstoff kann nach Bedarf mit Hilfe von Lanzenrohren ergänzt werden. Zerkleinerung und Absieben erfolgt in diesem Falle nach der Kompostierung. Der Frischkompost wird meist einer Nachrotte in Mieten unterzogen.

Beim *Multibakto-Verfahren* wird der meist vorzerkleinerte Rohmüll in 8 bis 9 Etagen nach unten bewegt und ständig belüftet. Bei einer Durchlaufzeit von 1 bis 3 Tagen wird die organische Substanz verrottet und hygienisiert. Meist ist eine Nachrotte des Frischkompostes erforderlich.

Das *Brikolore-Verfahren* stellt eine Sonderform dar. Nach Zerkleinerung wird das Material unter Beimischung von Klärschlamm bei einem Wassergehalt von etwa 50 % in kleine Blöcke gepreßt, die bei gleichzeitiger Rotte und Verpilzung austrocknen. Bei Temperaturen von über 50° C kommen

die biologischen Prozesse nach 2 bis 3 Wochen zum Stillstand, und die Preßlinge können praktisch konserviert gestapelt werden. Nach Zerkleinerung können die Preßlinge als Frischkompost oder bei Nachrotte unter Wiederanfeuchtung als Reifkompost verwendet werden.

Beim *Beatmungs-Verfahren*, das in Blaubeuren entwickelt wurde, wird das zerkleinerte und mit vorgetrocknetem Klärschlamm gemischte Rohmüllmaterial in einem Knetzer homogenisiert und gesteuert in Betonrottezellen belüftet und befeuchtet. Durch die kontrollierte intermittierende Sauerstoffzufuhr in Abhängigkeit vom Wassergehalt und  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Abluft werden Temperaturen bis zu  $80^\circ \text{C}$  erreicht. In 6 bis 8 Tagen ist die intensive Vorrotte durchgeführt, und der Frischmüll kann auf Kompostmieten ausreifen. So hergestellte Edelkomposte können auch für die Ferkelaufzucht eingesetzt werden.

In neuerer Zeit wurden Versuche unternommen, ein weiteres Gebiet für den Kompostabsatz zu erschließen. Es sind verschiedene Verfahren in der Erprobung, den ausgereiften Kompost zu Preßplatten zu verarbeiten und für Bauzwecke zu verwenden.

Auf dem Gebiet der Kompostierung sind von der Zentralstelle für Abfallbeseitigung unter Mitwirkung von Sachverständigen die Informationschriften:

„Untersuchungen in Kompostwerken über die Rottevorgänge und Komposteigenschaften“

„Der Landbau und die Komposte von Siedlungsabfällen“

herausgebracht worden. Ferner ist das Merkblatt „Planung eines Kompostwerkes“ fertiggestellt. Es bedarf noch der Zustimmung der Länderarbeitsgemeinschaft für Abfallbeseitigung, bevor es in den Gesetzblättern der Länder veröffentlicht wird.





# Untersuchung und Bewertung von Abgasen durch Emissionsmessungen

Von H. Schnitzler

## I.

1. Emissionen entstehen bei fast allen Prozessen, denen Materie in fester, flüssiger oder gasförmiger Form unterworfen wird. Als Beispiele können genannt werden:

Kraftwerke und Hausfeuerstätten, Müllverbrennungsanlagen, Zementwerke, Kokereien, Metallschmelzen, Chemische Reaktionen, Bewegungen und Transportieren.

Die Liste der Tätigkeiten des Menschen, bei denen staub- oder gasförmige Emissionen entstehen, ließe sich beliebig erweitern. Eine der Hauptquellen der Emissionen ist aber ohne Zweifel die Industrie, auf die sich dieses Referat beschränken soll.

2. Die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, die seit 1964 in Kraft ist, schreibt vor, daß Großkraft- und -heizwerke ihren Auswurf an Staub und Schwefeldioxid durch registrierende Meßgeräte zu überwachen haben, sobald solche Geräte auf dem Markt erhältlich sind. Die registrierende Erfassung der Schwefeldioxidemissionen kann als gelöst betrachtet werden (1).

Die Registriergeräte zur Erfassung der staubförmigen Emissionen sind — verglichen mit den  $\text{SO}_2$ -Geräten — viel problematischer. Ihre Meßgenauigkeit ist so gering, daß man sie auf anderen Gebieten der Meßtechnik ablehnen würde. Bevor hierauf näher eingegangen wird, sei ein kleiner Exkurs auf die 50er Jahre erlaubt, als die Silikosebekämpfung im Ruhrbergbau intensiver betrieben wurde als vorher.

## II.

### *Tyndallometer im Bergbau*

Als man nach dem Kriege und verstärkt im Anfang der 50er Jahre an die Silikosebekämpfung heranging, gab es kein einfaches Meßgerät für die Bestimmung der Schwebstaubkonzentration in der Grube, das leicht zu bedienen und verhältnismäßig preiswert in größeren Stückzahlen herzustellen war. Was es dagegen gab, war ein Gerät zur Messung des Tyndalleffekts,

d. h. der Streuung von Licht an den in der Luft suspendierten Staubteilchen, das sogenannte Tyndallometer. Als Meßwert ergibt sich bei diesem Gerät ein Winkelwert, um den man einen Vergleichsgraukeil verdrehen muß, um zwei verschieden helle Teile im optischen Strahlengang gleich hell zu machen. Dieser Winkelwert hat mit der Staubkonzentration in der Grubenluft nur einen losen Zusammenhang. Trotzdem hatte das Gerät sehr segensreiche Wirkungen. Es wurde für alle Gruben verbindlich vorgeschrieben und den eigens ausgebildeten Staubmeßtrupps in die Hand gegeben mit einem bestimmten Meßplan, nach dem an den einzelnen Arbeitsorten innerhalb gewisser Zeiten gemessen werden mußte. Die ganze Skala wurde, je nach der Streulichtheiligkeit, in mehrere Bereiche eingeteilt.

Mit Hilfe dieses Gerätes konnte man den relativen Verstaubungsgrad an verschiedenen Stellen der Grube ermitteln. Die Wirksamkeit technischer Maßnahmen zur Verringerung der Staubeentwicklung in der Grube (Stoßtränkverfahren, Änderung der Wetterführung) wurde qualitativ kontrolliert. Jedem Bergmann konnte daraufhin ein seiner gesundheitlichen Konstitution entsprechender Arbeitsplatz zugewiesen werden. Dadurch wurde nach einer gewissen Anlaufzeit auch tatsächlich eine Abnahme der Neuerkrankungen an Silikose festgestellt.

Dieses Beispiel wurde etwas ausführlicher behandelt, um zu zeigen, daß ein Gerät, das eigentlich gar kein Meßgerät für die primär gesuchte Meßgröße ist, bei der Lösung eines derartigen Problems dennoch gute Dienste leisten kann.

### III.

#### *Folgerung für Emissionsmeßgeräte*

Hieraus kann der Schluß gezogen werden, daß ein ungenaues Meßgerät zum Zweck der Emissionsüberwachung bzw. zur Kontrolle einer angestrebten Emissionsverminderung besser ist als gar kein Instrument. Voraussetzung ist allerdings, daß die Aufzeichnungen solcher Geräte fachgerecht bewertet werden.

Im Vergleich zum Tyndallometer befindet man sich heute in einer günstigeren Ausgangsposition: Man kann für die Messung und Registrierung staubförmiger Emissionen immerhin auf Geräte zurückgreifen, die eine Staubkonzentration mit Fehlern von  $\pm 20$  bis  $\pm 30\%$  zu messen gestatten. Über die Geräte selbst, ihre Kalibrierung und Anwendung wurde bereits früher berichtet (2).

In der vorliegenden Arbeit wird eine Bewertung von Aufzeichnungen der geschilderten Geräte zur Diskussion gestellt, die für den Umweltschützer

und den Betreiber von Industrieanlagen gleichermaßen annehmbar sein soll, wobei es sich naturgemäß um einen Kompromiß handeln muß. Für die Gewerbeaufsicht ergeben sich Folgerungen und Nutzenanwendungen bei Genehmigungsverfahren und Überprüfung von Entstaubungsanlagen.

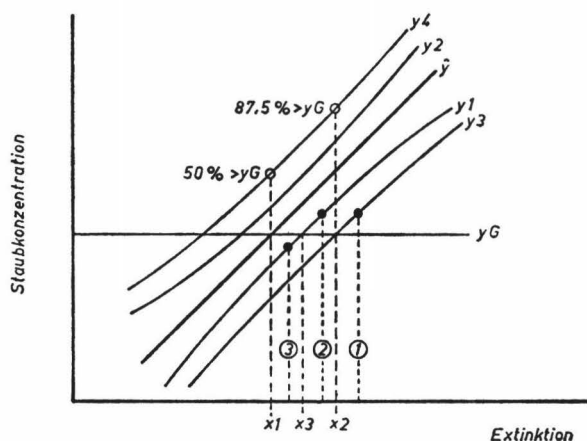
In der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (3) sind für einige Industriezweige Angaben über die maximal zulässige Staubkonzentration im Abgas enthalten. Es fehlen aber Erläuterungen, wie dieser Maximalwert auszulegen ist. Ist er als 24- oder als 2-Stunden-Mittelwert zu verstehen oder soll er überhaupt nie — auch nur für kurze Zeit — überschritten werden dürfen? Auch in den bundeseinheitlichen Richtlinien für die Prüfung und Kalibrierung von Staubmeßgeräten (4) ist darüber nichts zu lesen.

Nur das Land Bayern hat auf diesem Gebiet eine Entschließung (5) herausgebracht. Wörtlich heißt es dort in Abschnitt 1,2:

„Grundlage für die Ermittlung der Meßergebnisse sind die Stundenmittelwerte der Extinktion. Diese sind aus den Extinktionsaufzeichnungen grafisch zu ermitteln. Es sind nur die bei höchster Dauerleistung der Dampfkesselanlage aufgezeichneten Extinktionen für die Bildung der Stundenmittelwerte heranzuziehen. Anfahr- und Rußblasevorgänge sowie kurzzeitige Spitzen sind außer acht zu lassen“.

Hierzu ist folgendes zu sagen:

1. Die grafische Methode zur Auswertung ist nicht besonders genau, da die Form der Kurve stark von den ballistischen Eigenschaften des Meßgerätes und seiner elektrischen Dämpfung abhängt, abgesehen davon, daß bei optischen Staubmeßgeräten der Zusammenhang zwischen Staubkonzentration und Extinktion ohnehin problematisch ist.
2. Gegen die Beurteilung bei einem einzigen Betriebszustand, nämlich der höchsten Dauerleistung, bestehen Bedenken, insbesondere wenn Rußblasevorgänge ausgeklammert werden sollen. Wir schlagen daher vor, bei der Kalibrierung und bei der Beurteilung das Rußblasen mit einzubeziehen.
3. Die Ermittlung von Stundenmittelwerten erscheint als zu lang. Unser Vorschlag geht dahin, die Meßwerte bei der Kalibrierung und bei der Beurteilung mit einem Integrator zu erfassen und am Ende einer Einzelmessung den Meßwert sofort ausdrucken zu lassen. Der Integrationszeitraum soll höchstens eine halbe Stunde, am besten noch weniger betragen. Nachdem — außer in unserem Institut — vom Technischen Überwachungsverein Köln jetzt durch entsprechende Umorganisation Kurzzeitmessungen von 15 Minuten Dauer durchgeführt werden können, bedeutet die Wahl einer Integrationszeit von 30 Minuten und weniger keine Schwierigkeit mehr.

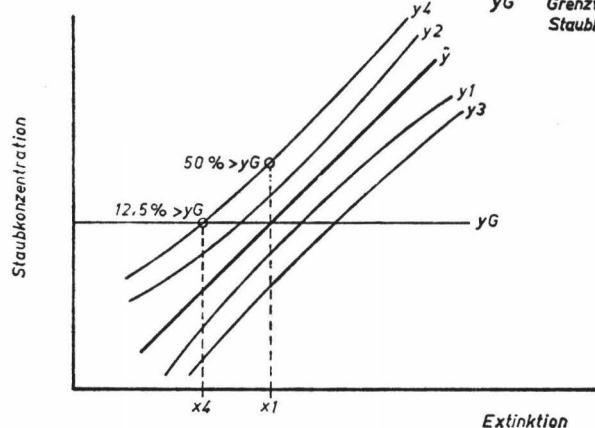


$\hat{y}$  Regressionsgerade

$y_1, y_2$  Vertrauensbereich, zweiseitig abgegrenzt ( $s=95\%$ )

$y_3, y_4$  Toleranzbereich, zweiseitig abgegrenzt ( $s=95\%, 1-r=75\%$ )

$y_G$  Grenzwert der zulässigen Staubkonzentration



Aus dem Abschnitt 1.3. der Entschlüsselung „Beurteilung der Meßergebnisse“ wird anhand der Abbildung (obere Hälfte) folgendes näher betrachtet:

Die Gerade  $y_G$  bezeichnet den Grenzwert des maximal zulässigen Staubauswurfes und schneidet die untere Begrenzungskurve  $y_s$  des Toleranzbereiches für den Einzelwert bei der Extinktion  $x_2$  und die untere Begrenzungskurve  $y_1$  des Vertrauensbereiches für die Mittelwerte bei der Extinktion  $x_3$ .

Die Bayerische Entschließung unterscheidet bei der Beurteilung eines Emitenten folgende Fälle:

- A. „Alle Stundenmittelwerte der Extinktion sind niedriger als die Extinktion  $x_1$ . Die Anlage ist dann hinsichtlich ihrer Staubemission nicht zu beanstanden.“ Hierzu ist zu bemerken, daß die Bildung eines Mittelwertes allein nicht ausreichend ist. Er müßte durch eine weitere Forderung nach Begrenzung der oberen Werte und nach deren Zeitdauer ergänzt werden.
- B. „Ein Stundenmittelwert der Extinktion ist höher als die Extinktion  $x_2$  (Beispiel 1). In diesem Falle ist die Anlage zu beanstanden. Der Betreiber hat nachzuweisen, worauf die Überschreitung zurückzuführen ist (z. B. Filterausfall oder -störung). Geeignete Maßnahmen zur Vermeidung unzulässig hoher Staubemissionen sind dem Betreiber aufzugeben.“ In diesem Falle liegen praktisch alle Einzelwerte oberhalb der zulässigen Staubkonzentration. Daß hierbei die Anlage zu beanstanden ist, versteht sich von selbst.
- C. „Sind die Fälle A. und B. nicht gegeben, so sind aus den Schreibstreifen 10 bis 15 Stundenmittelwerte der Extinktion zu bilden. Aus diesen Stundenmittelwerten ist der arithmetische Mittelwert der Extinktion zu bestimmen. Liegt der arithmetische Mittelwert der Extinktion über  $x_3$  (Beispiel 2), so gilt der Grenzwert  $y_G$  als überschritten.“  
 „Liegt der arithmetische Mittelwert der Extinktion nicht über  $x_3$  (Beispiel 3), so gilt der Grenzwert  $y_G$  als eingehalten und die Anlage ist hinsichtlich ihrer Staubemission nicht zu beanstanden.“

Nach unserer Meinung birgt diese Mittelwertbildung über 10 bis 15 Stunden die Gefahr in sich, daß durch Langzeitmittelwerte alle Schwächen einer Registrierkurve mehr oder weniger geglättet werden. Diese Lösung ist nicht günstig im Sinne der Luftreinhaltung.

Allen diesen Beurteilungskriterien gemeinsam ist jedoch, daß der Betreiber an die Genauigkeit seines Meßgerätes aus seiner Sicht keinerlei Ansprüche stellt. Ihm kann es nur recht sein, wenn der Vertrauens- und der Toleranzbereich so breit wie möglich werden, sei es durch die geschickte Wahl eines entsprechenden Meßgerätes, sei es durch eine geringe Anzahl von Kalibriermessungen.

## IV.

*Eigene Vorschläge zur Beurteilung der Meßergebnisse**Ergebnisse*

Deshalb werden hier nochmals unsere Vorschläge wiederholt, die aus dem unteren Teil der Abbildung zu entnehmen sind:

1. Die Halbstundenmittelwerte dürften  $x_1$  nicht überschreiten, wobei über Höhe und Dauer irgendwelcher Spitzen noch nähere Angaben zu machen sind. Werte größer als  $x_1$  gelten als Überschreitung.
2. Die Meßwerte liegen unter  $x_4$ , dann sind maximal 12,5 % aller Emissionswerte oberhalb der zugelassenen Grenzkonzentration. Die Anlage ist in bezug auf die Staubmission nicht zu beanstanden.

## V.

*Zusammenfassung*

Es darf dem Betreiber nicht das Mittel in die Hand gegeben werden, seine Emission von Staub durch Wahl des entsprechenden Gerätes in die Höhe zu treiben, ohne daß der Gesetzgeber aufgrund seiner eigenen Vorschriften einschreiten kann. Dies ist aber der Fall, wenn die Schnittpunkte der unteren Toleranz- und Vertrauensgrenze mit der Geraden  $y_G$  entsprechend dem bayerischen Vorschlag als Kriterien für die Einhaltung der Auflagen gewählt werden. Bei Wahl der oberen Grenzen wird dem Betreiber die Sorge um ein gut kalibriertes Gerät schmackhaft gemacht, da schmale Toleranz- und Vertrauensbereiche für ihn die Erreichung der zulässigen Emission erleichtern. Man sollte eher die zulässigen Emissionsgrenzwerte etwas nach oben verschieben, aber auf jeden Fall den Nachweis der Unterschreitung verlangen, während nach dem bayerischen Vorschlag dem Betreiber die Überschreitung nachgewiesen werden muß.

*LITERATUR:*

- <sup>1</sup> JANDER, K.; Gesundheits-Ingenieur 2 (1972), S. 52.
- <sup>2</sup> SCHNITZLER, H., MAIER, O. und JANDER, K.; Schr.-Reihe Ver. Wass.-Boden-Lufthygiene, H. 33 (1970), S. 77.
- <sup>3</sup> Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft. Gemeinsames Ministerialblatt, herausgegeben vom Bundesministerium des Innern, 1964, Nr. 26, S. 433
- <sup>4</sup> Gemeinsames Ministerialblatt, 1968, Nr. 25, S. 365.
- <sup>5</sup> Bundesarbeitsblatt (Teil Arbeitsschutz), 1971, Nr. 4, S. 110.

*Anschrift: Direktor und Professor Dr. H. Schnitzler, Berlin 33, Corrensplatz 1*

# Untersuchung und Bewertung der Verunreinigungen atmosphärischer Luft

Von E. L a h m a n n

Die Untersuchung atmosphärischer Luft gestaltet sich aus zwei Gründen recht schwierig und aufwendig:

1. Die Fremdstoffkonzentrationen sind im analytisch-chemischen Sinne sehr niedrig (damit ist nichts über die hygienische Bedeutung der Fremdstoffe ausgesagt, die zum Teil schon bei sehr niedrigen Konzentrationen relevant sein kann).
2. Die Immissionen schwanken innerhalb der niedrigen Konzentrationen in Abhängigkeit von Raum und Zeit recht stark. Diese Schwankungen sind auf die Einflüsse der Emission und der meteorologischen Bedingungen auf die Immission zurückzuführen. Die Luftuntersuchungstechnik kennt daher einige Begriffe, die zum Verständnis der Ergebnisse von Luftuntersuchungen bekannt sein müssen.

## *Meßzeitintervall (Dauer einer Probenahme)*

Unter Meßzeitintervall versteht man bei manuellen Verfahren die Dauer einer einzelnen Probenahme. Bei kontinuierlich registrierenden Meßverfahren beinhaltet dieser Begriff den Zeitabschnitt, über den bei Auswertungen Mittelwerte gebildet werden. Die Dauer des zu wählenden Meßzeitintervalls wird meist durch die Definition von Grenzwerten vorbestimmt. Bisher sind für alle Immissionsgrenzwerte für gasförmige Verbindungen 30minütige Zeitabschnitte als Bezugsbasis angegeben worden. Zwischen der Dauer des Meßzeitintervalls und den anzutreffenden Maximalwerten besteht ein systematischer Zusammenhang. Je kürzer das Meßzeitintervall ist, um so höhere Einzelwerte können am Ort einer Untersuchung erwartet werden.

## *Tagesgang*

Die mittleren Immissionen weisen einen systematischen Tagesgang auf, der sowohl durch meteorologische als auch durch emissionsseitige Einflüsse bedingt ist. Bei Schwefeldioxid- und Staubimmissionen trifft man im Mittel gewöhnlich die höchsten Konzentrationen in den Vormittagsstunden — etwa in der Zeit von 8 bis 11 Uhr — an. In der unmittelbaren



Nähe von Emissionsquellen folgt der Tagesgang in der Regel streng der Emissionsstärke. Z. B. ist an vielbefahrenen Straßen eine enge Korrelation zwischen Luftverunreinigung und Kraftverkehrsdichte festzustellen (Bild 1).

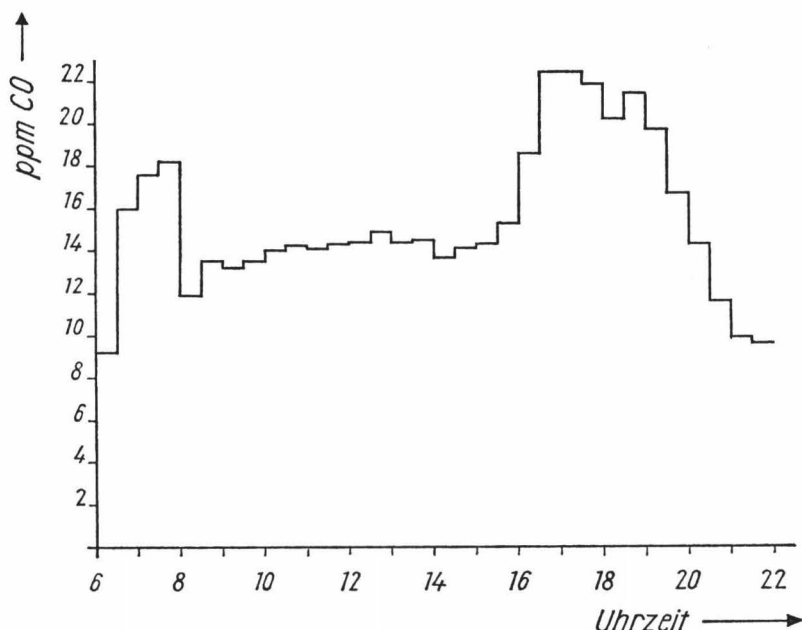


Abb. 1. Tagesverlauf der mittleren CO-Konzentrationen

### *Jahresgang*

Im Jahresverlauf treten gewöhnlich im Winterhalbjahr die höchsten Immissionen auf, insbesondere an Bestandteilen von Verbrennungsabgasen (Bild 2). In den Wintermonaten treten einerseits wegen der verstärkten Heizung höhere Emissionen auf und sind andererseits die Wetterbedingungen für die Ausbreitung von Abgasen im Luftraum gewöhnlich ungünstiger. Allerdings kann auch der gegenteilige Effekt auftreten, wenn z. B. bei Industrieanlagen die Emissionen aus nicht ausgewaschenen Abgasbestandteilen bestehen. Hier ist wegen des wärmeren Waschwassers im Sommer mit höheren Emissionen zu rechnen. Auch Fremdstoffe in der Luft, die bei photochemischen Reaktionen gebildet werden, treten naturgemäß im Sommer in höheren Konzentrationen auf.

### *Dauer einer Untersuchung*

Eine Untersuchung von atmosphärischen Luftverunreinigungen dauert gewöhnlich 1 Jahr bzw. einen Zeitraum von 12 Monaten, um alle meteorologischen Gegebenheiten zu erfassen. Nur in Sonderfällen kann eine Verkürzung auf ein halbes Jahr vorgenommen werden, wobei dieses Halbjahr

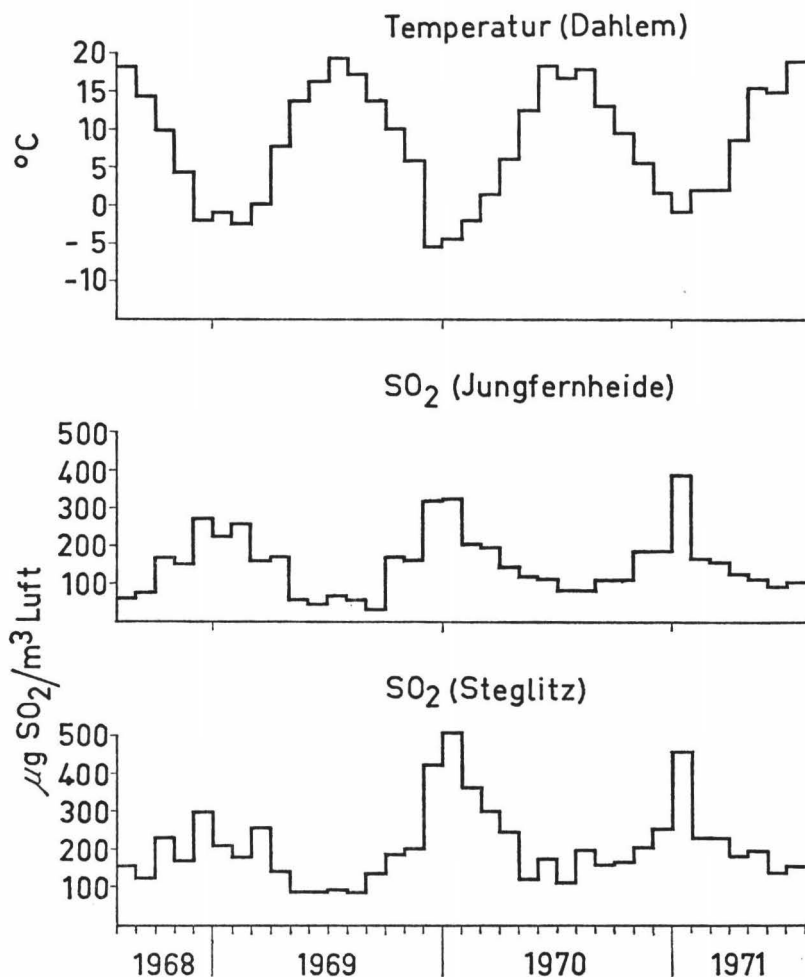


Abb. 2. Monatsmittelwerte der Lufttemperatur und der SO<sub>2</sub>-Konzentration in Berlin von August 1968 bis Juli 1971

auch Sommer- und Wintermonate umfassen muß. Eine noch kürzere Zeit kann gewählt werden, wenn es sich um eine Messung in der unmittelbaren Umgebung von Abgasquellen handelt, wo die Wettereinflüsse auf die Ausbreitung der Abgase nur relativ gering sind.

Weitere Begriffe bei der Luftüberwachung sind die *Meßstellendichte* und die *Meßhäufigkeit*. Die Meßstellendichte gibt an, wieviel Probenahmestellen auf die Fläche eines Untersuchungsgebietes entfallen, und die Meßhäufigkeit, wie oft eine Messung am gleichen Ort wiederholt wird. Meßhäufigkeit und Meßstellendichte können sich bis zu einem gewissen Grade ergänzen.

Die grundsätzlichen Arbeitsweisen bei der Luftuntersuchung sind:

1. Kontinuierlich/automatische Meßverfahren
2. Diskontinuierlich/manuelle Verfahren

Zwischen beiden Arbeitsweisen sind Übergänge möglich. Z. B. kann lediglich die Probenahme oder lediglich die Analyse automatisiert werden.

Die kontinuierliche Arbeitsweise ist arbeitssparend, sie erfaßt den zeitlichen Verlauf der Immission lückenlos, sie ermöglicht eine Fernübertragung der Meßwerte und den unmittelbaren Anschluß eines Warnsignals bei Auftreten überhöhter Luftverunreinigungen. Die zu verwendenden Geräte sind jedoch relativ teuer und nur für eine begrenzte Anzahl von Substanzen im Handel erhältlich. Der Wartungsaufwand erfordert Spezialisten.

Die diskontinuierliche Arbeitsweise ist anpassungsfähig an sehr unterschiedliche Meßaufgaben und ist insbesondere für die Ermittlung der räumlichen Verteilung von Immissionen günstig. Eine optimale Arbeitsweise bei Luftuntersuchungsprogrammen besteht in der Kombination der beiden Arbeitsweisen, wobei die Vorteile der automatischen mit denen der diskontinuierlichen Methoden kombiniert werden können.

Die Aufgabenstellungen bei Luftuntersuchungen lassen sich gewöhnlich in zwei Bereiche unterteilen:

1. Pegelmessungen (gebietsbezogene Messungen, Belastungsmessungen);
2. gezielte Messungen (anlagebezogene Messungen, Ermittlungsmessungen).

In die eine Kategorie fallen z. B. Messungen der Luftbeschaffenheit in einem Wohngebiet und in die andere Kategorie Untersuchungen über die durch eine Fabrik verursachten Luftverunreinigungen in der Werksumgebung.

Meßtechnisch ist zwischen Bestimmungen von festen und von gasförmigen Fremdstoffen in der Luft zu unterscheiden.

Zur Untersuchung von Gasen in der Luft sind folgende Arten der Probenahme möglich:

1. Direkte Messung (z. B. Messung des Kohlenmonoxids über die Infrarotabsorption des Probegases)
2. Absorption, möglichst unter einer chemischen Reaktion

3. Adsorption, z. B. an Silikagel oder an Aktivkohle
4. Kondensation (eine nur selten angewandte Methode)

Bei manuellen Luftuntersuchungen sind die diskontinuierlichen Probenahmen erstens der am meisten zeit- und personalaufwendige Teil eines Arbeitsprogrammes und zweitens die wesentliche Quelle für Fehler und Falschbeurteilungen. Die am häufigsten angewendete Arbeitsweise für diskontinuierlich-manuelle Luftuntersuchungen ist eine Probenahme über die Absorption und eine Analyse des absorbierten Fremdstoffes mittels eines photometrischen Verfahrens. Nach diesem Schema arbeiten anerkannte Meßverfahren für die diskontinuierliche Bestimmung von Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff, Stickstoffdioxid, Chlor und einigen anderen Gasen.

In der Tabelle 1 (S. 248) sind die wichtigsten automatischen Meßgeräte für die Bestimmung von Luftverunreinigungen und die angewendeten Meßprinzipien zusammengestellt.

Die automatischen Meßverfahren liefern eine sehr große Zahl von Meßwerten, so daß diese heute meist schon automatisch von einem an das Meßgerät angeschlossenen Zusatzgerät ausgedruckt werden. Immerhin fallen bei einer einjährigen Messung und bei einem Meßzeitintervall von 30 Minuten je Jahr bereits für eine Substanz an einer Meßstelle theoretisch rund 17 500 Meßwerte an. Eine so große Zahl von Daten kann dann nur nach statistischen Methoden ausgewertet werden, wobei aus der Vielzahl der Einzelwerte Kenngrößen für die mittleren und die maximalen Immissionen abgeleitet werden. Für diese Auswertungsarbeiten ist heute der Einsatz elektronischer Rechenanlagen schon fast selbstverständlich.

Die Analytik der organisch-chemischen Luftverunreinigungen liegt heute noch im Rückstand. Hier handelt es sich zum Teil gerade um Verbindungen, die durch ihre Geruchsintensität eine besondere Quelle für die Belästigung der Bevölkerung darstellen. Als Analysenmethoden bieten sich hier neben photometrischen Verfahren insbesondere chromatographische, vor allem gaschromatographische Verfahren an. Die Schwierigkeiten der Analyse liegen hier bei der Probenahme und der anschließenden Anreicherung der Substanz und weniger in der gaschromatographischen Bestimmung.

Zur Bestimmung staubförmiger Luftverunreinigungen gibt es zwei grundsätzliche Verfahrensweisen:

1. Niederschlagsmessungen
2. Konzentrationsmessungen

Für Niederschlagsbestimmungen verwendet man meist Auffanggefäße. Die einfachste Ausführung eines solchen Gerätes besteht aus einem gewöhnlichen Weckglas, das in einer Halterung angebracht und mittels einer Eisenstange in den Boden gesteckt wird. Eine zweite Verfahrensweise ist die

Haftfolienmethode, bei der ein mit Vaseline bestrichenes Aluminiumplättchen exponiert wird. Bei beiden Methoden wird der aufgefangene Staub durch Wägung ermittelt. Bei der Auffangmethode wird vor der Wägung eingedampft, so daß das Ergebnis nicht nur feste Partikel, sondern auch in Regenwässern gelöste Substanzen einschließt.

Für Konzentrationsbestimmungen wird die Luft gewöhnlich durch einen Filter geleitet, auf dem sich der Staub abscheidet. Bei diskontinuierlichen Methoden wird in Deutschland gewöhnlich die Gewichtszunahme des Filters bestimmt. Es ist jedoch auch möglich, die Schwärzung zu bestimmen und auf den Staubgehalt zu relativieren, eine in den USA und in Großbritannien viel angewendete Methode. Bei automatischen Verfahren verwendet man Filterbandgeräte, bei denen jeweils ein Filterbandabschnitt eine vorgegebene Zeit lang bestaubt wird. Der abgeschiedene Staub wird bei einem in Deutschland gebräuchlichen Gerät durch Betastrahlenabsorption ermittelt. Auch hier ist eine optische Auswertung grundsätzlich möglich.

Sowohl in Staubbiederschlägen als auch im Schwebstaub sind Bestimmungen von Einzelkomponenten von ganz besonderem Interesse. Diese Einzelkomponenten können organischer Art (z. B. 3,4-Benzpyren) oder metallischer Art sein. Die Bestimmung von Staubinhaltsstoffen hat in den letzten Jahren eine erhebliche Bedeutung gewonnen. Man wendet hier die modernsten Verfahren an, wie die Atomabsorptionsspektrometrie, Röntgenfluoreszenzspektrometrie und Neutronenaktivierungsanalyse; diese Analysenmethoden sind jedoch nicht so spezifisch für Luftuntersuchungen, daß sie hier näher dargestellt werden müßten.

Die Ergebnisse von Luftuntersuchungen werden gewöhnlich mittels Kenngrößen wiedergegeben, die die mittleren und die maximalen Immissionen charakterisieren. Die mittleren Immissionen können durch arithmetische oder auch geometrische Mittelwerte, durch den 50%-Wert der Summenhäufigkeit sowie durch eine in der Bundesrepublik Deutschland eingeführte Immissionskenngröße  $I_1$ , welche die obere Grenze des Vertrauensbereiches des aus einem Stichproben-Kollektiv berechneten Mittelwertes darstellt, wiedergegeben werden. Maximale Immissionen können durch Maximalwerte über verschieden lange Zeitintervalle, durch den 95%- oder den 97,5%-Wert der Summenhäufigkeit sowie durch die Immissionskenngröße  $I_2$ , welche die obere Grenze des Vertrauensbereiches der Einzelwerte eines Wertekollektivs wiedergibt, charakterisiert werden.

Bei der Auswertung von Immissionsmeßdaten mangelt es heute noch sehr an ausreichenden Kenntnissen über die Beziehungen zwischen meßtechnisch gewonnenen Kenngrößen einerseits und Kriterien für die Wirkung von Luftverunreinigungen andererseits. Dieser unbefriedigende Zustand ist in erster Linie auf — bei der Schwierigkeit der Aufgabenstellung vollauf

verständliche — Wissenslücken bei der Wirkungsforschung zurückzuführen. Aber auch manche heute geübte Praxis der Darstellung von Immissionsmeßwerten kann nicht ohne Kritik bleiben. So sollen z. B. für die Ermittlung der Schwefeldioxid-Grundbelastung nach der Vorschrift der „Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft“ Meßwerte von Tagen mit ganztägigen Inversionswetterlagen ausgeklammert werden. Diese Vorschrift kann im Extrem bedeuten, daß sich für Gebiete mit besonders schlechten Luftverhältnissen (wegen sehr häufiger Inversionslagen) unangemessen günstige Immissionskenngrößen ergeben. Ein weiteres Beispiel ist die heute noch bestehende Unstimmigkeit bei der meßtechnischen Überwachung von Immissionen in der Umgebung von Einzelquellen. Die kritiklose Anwendung eines in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft angegebenen Verfahrens zur Schwefeldioxid-Grundbelastungsmessung z. B. auf Schwefelwasserstoffmessungen in der Nähe von Emissionsquellen kann dazu führen, daß der schon recht großzügige Immissionsgrenzwert für dieses geruchsintensive Gas jeden Sinn verliert und praktisch jeder Gestank zulässig gemacht wird.

Die Methodik der Untersuchung und Bewertung atmosphärischer Luftverunreinigungen muß in enger Verbindung mit der Forschung von Beeinflussungen der gesamten Umwelt durch Fremdstoffe stehen. Leider muß heute befürchtet werden, daß solche fachlichen Zusammenhänge im politischen Raum nicht ausreichend berücksichtigt und dadurch wissenschaftliche Entwicklungen behindert werden, für die gerade das Institut für Wasser-, Boden und Lufthygiene wesentliche Arbeiten geleistet hat und auch in Zukunft leisten kann.

Die Ergebnisse von Untersuchungen atmosphärischer Luft in deutschen Städten werden abschließend in den Tabellen 2 bis 5 (auf den Seiten 249 bis 253) als Beispiele für zusammengefaßte Darstellungen von Immissionsmeßdaten wiedergegeben.

Tabelle 1: Geräte für automatische Luftuntersuchungen

Substanz	Gerätename	Hersteller	Meßprinzip
Schwefeldioxid	Ultragas Picoflux	H. Wösthoff oHG., Bochum Hartmann & Braun AG., Frankfurt (Main)	Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit einer Absorptionslösung
Kohlenmonoxid	URAS UNOR	Hartmann & Braun AG., Frankfurt (Main) H. Maihak AG., Hamburg	Absorption einer Infrarotstrahlung
Kohlenwasserstoffe	Kohlenwasserstoff- Analysator GK 10	Beckman Instruments GmbH., München	Flammenionisations-Detektor
Ozon	Ozon-Analysator	Dr. Thedig & Co. KG., Berlin 36	Elektrochemische Bestimmung des aus KBr freigesetzten Broms
Gase, die eine Farbreaktion geben (z. B. SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , Cl <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> )	Imcometer	Bran & Lübbe, Hamburg	Photometrie bei Verwendung einer Küvette, die in vor- gewählten Zeitabschnitten mit Meßlösung beschickt wird
Staub	Staubmonitor	Frieske & Hoepfner GmbH., Erlangen	β-Strahlen-Absorption durch den auf einem Filterband abgeschiedenen Staub

		I	II	III	IV	V	VI
Anzahl der Halbstunden Einzelwerte		17.156	16.890	17.005	17.150	16.820	16.782
Jahresmittel	mg/m <sup>3</sup>	0,159	0,150	0,156	0,136	0,151	0,183
Maximales Mittel über							
30 Minuten	mg/m <sup>3</sup>	1,54	1,50	1,70	1,42	1,30	1,28
24 Stunden	mg/m <sup>3</sup>	0,75	0,67	0,77	0,66	0,65	0,82
50%-Wert	mg/m <sup>3</sup>	0,12	0,10	0,12	0,09	0,09	0,16
95%-Wert	mg/m <sup>3</sup>	0,49	0,45	0,48	0,40	0,41	0,45
97,5%-Wert	mg/m <sup>3</sup>	0,59	0,56	0,58	0,50	0,51	0,55
der Summenhäufigkeit							
Relative Überschreitungshäufigkeit der SO <sub>2</sub> -Konzentration von							
0,2 mg/m <sup>3</sup>	%	29,7	25,3	28,2	21,3	20,7	35,6
0,5 mg/m <sup>3</sup>	%	4,34	3,53	4,13	2,38	2,61	3,45
1,0 mg/m <sup>3</sup>	%	0,23	0,19	0,31	0,09	0,12	0,21

Tabelle 2: Ergebnisse von Schwefeldioxid-Immissionsmessungen in Berlin (1968/69)



Stadt (in Klammern: Anzahl der ausgewerteten Meßstationen)	Jahresmittel mg SO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	Maximales Mittel über		Prozentuale Überschreitungshäu- figkeit der SO <sub>2</sub> -Konzentra- tion von	
		mg SO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>		0,5	1,0 mg/m <sup>3</sup>
		1 Tag	30 Min.		
Berlin (2)	0,15—0,18	0,67—0,82	1,28—1,50	3,5—3,6	0,2
Hamburg (4)	0,08—0,14	0,47—0,71	1,04—1,55	0,7—2,8	0,02—0,07
München (9)	0,05—0,08	0,25—0,51	0,55—2,46	0,1—0,8	0 —0,02
Köln (3)	0,08—0,10	0,29—0,42	0,64—0,81	0,1—0,2	0
Essen (2)	0,11—0,15	0,60—0,89	1,29—1,49*	1,1—2,3	0,07—0,19
Düsseldorf (1)	0,11	0,46	1,04*	0,68	0,01
Frankfurt (3)	0,11—0,13	0,39—0,53	0,85—1,00	0,2—1,1	0
Dortmund (1)	0,13	0,93	1,39*	1,7	0,19
Duisburg (1)	0,16	0,96	1,64*	3,9	0,37
Gelsenkirchen (1)	0,17	0,85	1,44*	4,1	0,22
Bochum (1)	0,14	0,99	1,64*	1,9	0,21
Mannheim (2)	0,09—0,13	0,71—0,74	1,59	1,8—2,0	0,6—0,9
Wiesbaden (1)	0,12	0,36	0,80	0,2	0
Oberhausen (1)	0,18	0,93	1,39*	6,6	0,43
Völklingen (1)	0,08	0,26	0,77	0,1	0

\* Mittelwerte über 1 Stunde.

Tabelle 3: Schwefeldioxid-Immissionen in deutschen Städten (1968/1969)

Meßhöhe über Boden		0,75	1,5	3	6	12	24 m
Jahresmittel	ppm	15,6	14,5	12,4	10,6	9,1	6,9
„Sommer“-Mittel (März-Aug.)	ppm	15,2	14,2	11,9	10,2	8,7	6,5
„Winter“-Mittel (Sept.-Febr.)	ppm	16,0	14,9	12,2	11,0	9,4	7,3
Maximales Monatsmittel	ppm	17,1	16,8	14,3	11,9	9,9	8,2
Maximales Tagesmittel (16 Std.)	ppm	31,8	30,7	24,2	23,2	19,3	16,3
Maximaler Halbstundenwert	ppm	61	58	49	45	38	32
50%-Wert	ppm	15	13	11	10	8	6
95%-Wert	ppm	32	30	26	23	20	15
97,5%-Wert	ppm	36	34	29	25	22	17
der Summen- häufigkeit Überschreitungs- häufigkeit der CO-Konzen- tration							
10	%	68,9	63,8	53,8	44,3	33,7	16,8
20	%	24,9	21,2	14,0	7,7	3,6	0,4
30	%	5,8	4,6	1,7	0,5	0,13	0,01
50 ppm	%	0,14	0,05	0	0	0	0

Tabelle 4: CO-Konzentrationen am Rathaus Berlin-Steglitz

(Auswertung von fortlaufenden Halbstundenmittelwerten von den Wochentagen Montag bis Freitag und den Tagesstunden 6 bis 22 Uhr im Verlauf eines Jahres)

Tabelle 5: Staubkonzentration in der atmosphärischen Luft deutscher Städte (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Vergleich nach Literaturangaben

Stadt	Untersuchungs- zeitraum	Mittelwert über den Unter- suchungszeitraum bzw. über alle Werte	Max.wert in ( ) Bezugs- zeit	Meß- verfahren
Berlin-Jungfernheide	1969	100	470	Kontinuierlich m. Staubmoni- tor FH 62
Berlin-Dahlem		78	360 (3 Std.)	
Berlin-Jungfernheide	Febr. 69—Jan. 70	116	270	High Volume Sampler
Berlin-Dahlem		102	270	
Berlin-Ruhleben	Dez. 69—Juni 70	158	380	
Berlin-Moabit		132	340 (24 Std.)	
Berlin-Steglitz (am Rand der Schloßstraße)	April 66—März 67	250 (Tag u. Nacht)	480 (24 Std.)	
		350 (nur am Tage)	1260 (1 Std.)	
Am Rande verkehrs- reicher Straßen in	Sept.—Nov. 1965			
Mülheim/Ruhr		270— 480	1480	
Düsseldorf		350— 930	1440	
Neuß am Rhein		330—1160	1720	
Duisburg		310— 820	1490	
Wuppertal		130—1310	1700 (1 Std.)	
Mannheim-Nord	Dez. 64—Juli 65	490		
Mannheim-Süd		440		
Mannheim-Mitte		430		
Ludwigshafen a. Rh.		400 (nur am Tage)		
Mülheim/Ruhr		256	950 (2 Std.)	

Frankfurt/Main (nahe Palmengarten)	Juni 67—Mai 68	107		Kontinuierlich m. Staubmoni- tor FH 62
Münster	Juni—Nov. 1963	95	233	Elektrostat.
Oberhausen			460	Abscheidung;
Hannover			300 (24 Std.)	gravimetrische Bestimmung
Bochum	Februar 1965	366		Filtermethode
Düsseldorf		402		
Bonn		486 (nur am Tage)		
Duisburg-Hochfeld	April 68—März 69	266		Filtergerät mit
Castrop-Rauxel		172		Abscheidung
Gelsenkirchen-Buer		180		aller Teilchen
Essen-Mitte		300		< 20 $\mu$
Essen-Stoppenberg		185		
Bochum-Mitte		189		
Oberhausen-Osterf.		242		
Bottrop-Mitte		214		
Dortmund		222		
Bochum	3.—8. Dez. 1962		2380	
Düsseldorf	(Inversions- wetterlage)		1200 (7 Std.)	



# Meteorologische Einflüsse auf die Luftverunreinigung

Von W. Fett

Luftverunreinigungen im Zusammenhang mit der Meteorologie werfen Fragen in zweierlei Richtung auf:

1. Wie beeinflussen Luftverunreinigungen das atmosphärische Geschehen?
2. Wie werden die Luftverunreinigungen durch das atmosphärische Geschehen beeinflusst?

In der Öffentlichkeit wird vor allem die erste Frage diskutiert. Prozesse, bei denen der Mensch die Natur beeinflussen könnte (etwa Wetterbeeinflussung, Klimaänderung), sind natürlich weitaus faszinierender und spektakulärer als Zusammenhänge, in deren Kenntnis der Mensch die Natur respektieren, sich ihrer anpassen muß oder die Natur allenfalls nutzt. Dennoch sind es gerade die Antworten auf die zweite Frage, die uns bei unseren aktuellen Problemen und Nöten helfen. Lediglich dieser Fragerichtung soll hier nachgegangen werden.

Wenn von den meteorologischen Einflüssen gesprochen werden soll, wollen wir uns zunächst klar machen, warum die Meteorologie hier überhaupt ins Spiel kommt:

Das Medium der Meteorologie ist die Atmosphäre. Und diese Atmosphäre ist wiederum das Medium der Luftverunreinigungen, vor allem das Medium ihres Transportes. Durch die *Technik* verursachte Schadstoffe werden in unserem Betrachtungsbereich erst bedeutsam, wenn sie als *Emissionen* in die Atmosphäre abgeführt wurden. Für eine mögliche *Wirkung* auf Mensch, Tier, Pflanze usw. sind sie wiederum erst interessant, wenn sie als *Immissionen* in der uns umgebenden Luft angeboten werden (Abb.).

Daß aus Emissionen Immissionen werden, bewirkt die *Transmission* durch die Atmosphäre. Ohne atmosphärisches Wirken gäbe es theoretisch gar kein Luftverunreinigungsproblem. Die Atmosphäre ist das Vehikel für die Luftverunreinigungen. Sie ist darum aber auch die Hoffnung für die eventuell Betroffenen (daß nämlich die Atmosphäre die Schadstoffe in eine für sie günstige Richtung verfrachtet oder die Verunreinigungen doch genügend verdünnen möchte). Nicht zuletzt ist die Atmosphäre gelegentlich auch die Ausrede für die Verursacher (die ihrerseits hoffen, daß dank der komplizierten atmosphärischen Transportmechanismen die Rückverfolgung zur Quelle und damit ihr Emissionsanteil nicht nachweisbar ist). So scheint die atmosphärische Transmission ein ziemlich unkalkulierbares Glied im Rahmen dieses Systems zu sein; sie wird jedoch allgemein für zu unberechenbar

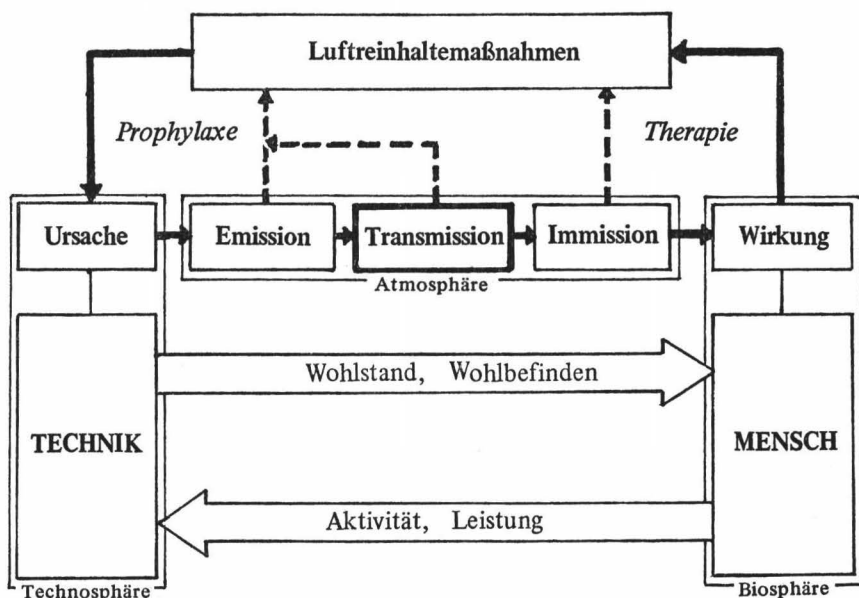


Abb.: Regelkreis der Luftreinhaltemaßnahmen im System „Mensch und Technik“

gehalten. Mit der Nutzung all der meteorologischen Kenntnisse und Möglichkeiten beginnt sie, mehr und mehr kalkulierbar zu werden. In diesem Sinne ist die Meteorologie — als wissenschaftlicher Sachwalter der Atmosphäre — in der Lufthygiene integriert.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf die grundsätzliche Betrachtung zweier Fragen:

- I. Welches sind die meteorologischen Einflüsse, und wie wirken sie?
- II. Warum sind sie interessant, und wozu dienen uns diese Kenntnisse?

Das Ziel der Ausführungen ist, die Vorteile, ja die Notwendigkeit dieser Kenntnisse für die Luftreinhaltung im Prinzip zu verdeutlichen!

### I.

#### Welches sind die wesentlichsten meteorologischen Einflußgrößen?

Die Atmosphäre wirkt gegenüber den Luftverunreinigungen passiv als *Akkumulator* (sie speichert), als *Transporteur* (sie verlagert) und als *Diffusor* (sie zerstreut), aktiv als *Akteur* (sie wandelt um, sie entfernt die Luftverunreinigungen).

Sie bewirkt dieses im wesentlichen durch ihre physikalischen Stoffeigenschaften (Gasförmigkeit, Dichte usw.), die Strömung (Wind), die Turbulenz (Diffusion, Austausch, Durchmischung), die Niederschlagstätigkeit (Ausregnen, Auswaschen) und ihre Strahlung.

Der *Wind* ist die wichtigste Einflußgröße. Er ist durch Richtung und Stärke und deren Variationen charakterisiert. Dabei ist wiederum die Windrichtung am wichtigsten: sie bestimmt, wohin die Stoffe verfrachtet werden und ob damit überhaupt eine Luftverunreinigung an einer wirksamen Stelle auftritt. Die Windstärke beeinflußt dann mehr die Verunreinigungskonzentration. Maßgebend für den Wind selbst sind die Großwetterlage und die lokalen Besonderheiten der Geographie, speziell der Topographie (z. B. Küstennähe, Tallage, Hanglage, Bewuchs, Bebauung).

Die *Turbulenz*, der Luftaustausch, ist die nächstwichtigste Einflußgröße: sie bewirkt die Durchmischung der Schadstoffe mit der Luft und damit ihre horizontale und vertikale Verteilung; sie bestimmt maßgeblich die Konzentration. Die Turbulenz hat zwei Komponenten: eine mechanische und eine thermische. Die mechanische Komponente hängt von der Unebenheit der Erdoberfläche und von der Windstärke ab. Die thermische Turbulenzkomponente wird von der Strahlung, den bestrahlten Oberflächen und von der Stabilität der Luftschichtung bestimmt. Die Stabilität wiederum ist eine Funktion des vertikalen Temperaturverlaufs. (Schon allgemeiner bekannt sind hier die sogenannten Inversionslagen, wo bodennahe Dichteschichtungen den Luftaustausch nach oben hin behindern.)

Der *Niederschlag* ist dadurch von Bedeutung, daß seine Tropfen entweder bereits bei ihrer Bildung die Schadstoffe erfassen (physikalisch-chemisch) oder beim Herabfallen — mechanisch — ausspülen, auswaschen. Der Effekt des Auswaschens wird jedoch oft überschätzt. Verminderungen der Schadstoffkonzentration bei Regen sind oft die Folge von Begleiterscheinungen, wie Luftmassenwechsel, böigen Austausches mit reinerer Höhenluft usw. — Der Niederschlag ist vor allem eine Funktion der allgemeinen Wetterlage. Lokal spielt auch die Orographie der weiteren Umgebung eine Rolle. Verglichen mit dem Wind ist er anthropogen wenig beeinflußt (Stadt- und Bebauungseinfluß gering). Er ist das diffizilste, am wenigsten einkalkulierbare meteorologische Element.

Für eventuelle chemische Umwandlungen von Luftverunreinigungen ist die *Sonnenstrahlung* im Zusammenhang mit der *Luftfeuchte* mitentscheidend (Smog-Bildung). Sie spielt jedoch in unserem Klimabereich nur selten — und dann auch nur im Bereich spezieller Industrien — eine wesentliche Rolle.

Andere meteorologische Größen beeinflussen die Luftverunreinigungskenngrößen eher indirekt, wie etwa die *Temperatur*: z. B. läßt niedrige



Temperatur gewisse Immissionen wegen heizungsbedingt erhöhter Emissionen ansteigen.

Zusammenfassend wäre zu merken: die — makro- und mikroskopische — Luftbewegung stellt den wesentlichsten meteorologischen Einflußkomplex dar. Sie bewirkt die Verfrachtung und die Verdünnung der Luftverunreinigungen. Das bedeutet, daß die Kenntnis der dreidimensionalen *Ausbreitung* anzustreben ist.

## II.

### Warum ist die Kenntnis der Ausbreitung interessant?

Man besinne sich, warum die Luftverunreinigungen überhaupt interessieren: nämlich wegen ihrer — direkten oder indirekten — unerwünschten Wirkungen auf den Menschen. Die Ursachen dieser Wirkungen gehen letzten Endes auf die Technik zurück. Man kann die durch die Luftverunreinigungen bedingte Verbindung zwischen Technik und Mensch als einen unerwünschten Nebenschluß in einem *System* betrachten, in welchem der *Mensch* auf dem Wege über die *Technik* Leistung in Wohlstand, Aktivität in Wohlbefinden umsetzt (Abb.). Diesem Hauptkreislauf wird durch den Nebenschluß in unerwünschter Weise Energie (im weitesten Sinne des Wortes) entzogen, was sich durch Schädigung oder Belästigung äußert. Das, was durch diesen Nebenschluß fließt, minimal zu halten, ist die Maxime der Lufthygiene. Sie erreicht das durch Luftreinhaltemaßnahmen, die in dem hier betrachteten System als Einbau eines Regelungskreises begriffen werden können. Da auch diese Maßnahmen irgendwie „bezahlt“ werden müssen, gilt es letztlich, die Luftreinhaltemaßnahmen derart zu optimieren, daß ein Maximum an lufthygienischen Berücksichtigungen bei einem Minimum an sozioökonomischen Einbußen ermöglicht wird. Hierbei müssen in beiden Bereichen auch noch gewisse absolute Schranken beachtet werden.

Die Leistungsfähigkeit eines derartigen Regelsystems wird daran gemessen, wie genau, wie empfindlich und vor allem, wie schnell es reagiert. D. h. hier: wie gut, wie angemessen und wie zügig sind die Maßnahmen (Vorbeugung, Abhilfe, Warnung, Planung, Administration, Gesetzgebung)? Begnügt man sich nun damit, als Regelungsausgangsgröße das letzte Glied der Kausalkette, also die Wirkung zu verwenden, so ist die Regelung oft zu langsam. Für chronische Wirkungserscheinungen kommt sie sogar zu spät. Die Maßnahmen sind vorwiegend therapeutischer Art. Eine Verkürzung des Regelkreises ist es, bereits die die Wirkungen bedingenden Immissionen als regelnde Größen zu verwenden. Es würden also bereits Maßnahmen ergriffen, wenn Immissionen auftreten, die Wirkungen lediglich erwarten lassen, ehe diese selbst eingetreten sind. Das setzt natürlich die Kenntnis

des Zusammenhangs zwischen Immission und Wirkung voraus. Dies zu erkunden ist die eigentliche Aufgabe der Medizin bzw. Biologie im Rahmen der Lufthygiene. Diese Disziplinen geben letztlich die Grenzwerte an, die das System einhalten soll. Daß dieses dann auch geschieht, ist Sache der übrigen Disziplinen.

Eine konsequent weitergehende Verkürzung des Regelkreises wäre es, statt der eingetretenen Immissionen bereits die vorausgehenden Emissionen als Regelgröße wirken zu lassen. Das bedeutet nichts anderes, als Kontrolle und Steuerung der Immissionen derart, daß unerwünschte Immissionen möglichst gar nicht erst auftreten. Die darauf basierenden Maßnahmen wären dann bereits prophylaktischer Art. Entscheidungen und Handlungen würden nicht erst aufgrund von Diagnosen, sondern bereits aufgrund von Prognosen erfolgen. Tragende Voraussetzung dafür ist hier nun die Kenntnis des Zusammenhangs zwischen Emission und Immission, also des Transmissionsgliedes. Dieses zu erkunden ist nunmehr die Aufgabe der Meteorologie. Die ganze Kenntnis dieser Transmission läuft darauf hinaus, Voraussetzungen liefern zu können, die Entscheidungen prophylaktischer Art ermöglichen sollen!

Hinsichtlich des Auftretens von Immissionen kann man den die Atmosphäre umschließenden Sachbereich vereinfacht durch vier Grundfragen kennzeichnen.

Sie sind mit Ziel und Zweck in der folgenden Tabelle zusammengefaßt:

Frage	Zielrichtung	Zeitspanne	Zweck
a) Was ist?	Diagnose	langfristig	Überwachung der Belastung
b) Wer ist?	Diagnose	kurzfristig	Überwachung der Belaster
c) Was wird?	Prognose	kurzfristig	Warnung der Belaster und Belasteten
d) Was würde?	Prognose	langfristig	Planung der Belaster und Belasteten

Erläuterungen zu den einzelnen Fragen:

a) *Was ist?*

Zur Feststellung des „was ist“ ist mehr nötig als das bloße Messen der Luftverunreinigungen. Es gilt, sie auch quantitativ zu bewerten. Was eigentlich interessiert, sind Angaben, die sowohl räumlich als auch zeitlich hin-

reichend repräsentativ sind, so daß sie sichere Vergleiche und Entscheidungen erlauben. Messungen stellen zunächst nur Stichproben der eigentlich interessierenden Grundgesamtheit dar. Mit diesen Stichprobenmessungen, deren Ergebnisse — selbst am selben Orte gemessen — stark vom jeweils herrschenden Wetter mitbestimmt sind, möchte man beispielsweise auf die langzeitige lufthygienische Belastung schließen. Jedoch selbst eine über ein Jahr reichende Messung läßt noch keinen Ausgleich der wettermäßigen Zufälligkeiten erhoffen. So wird der langzeitige Trend meist über Jahre hinaus noch durch den Einfluß der normalen Witterungsanomalien verdeckt. Er wird erst durch eine Art Hochrechnung auf die Klimagesamtheit deutlich. Derart nötige, die Zufälligkeiten der atmosphärisch bedingten Immissionsvariationen eliminierende Methoden bezeichnet man als meteorologische Normierung. Ihre Anwendung läßt frühzeitiger und klarer erkennen, „was ist“, und macht damit eine Überwachung erst effektiv.

#### *b) Wer ist?*

Wie die besten Luftreinhaltemaßnahmen nichts zu nützen brauchen, wenn die Immissionspegel nicht überwacht werden, so nützt auch die größte Pegelüberschreitung oft nur wenig, wenn der dafür Schuldige nicht ermittelt und überführt werden kann. Daher erwächst uns die Aufgabe der Emittenten-Detektion. Zu diesem Zwecke werden die Immissionsmeßwerte mittels atmosphärischer Ausbreitungsgrößen einer Ortungsanalyse unterzogen. Man will in kritischen Fällen wissen, zu welchem Anteil sie auf wessen Konto gehen. Im relativ einfachen Fall, wenn es sich lediglich um den qualitativen Nachweis spezieller Verunreinigungen aus einer isoliert liegenden Quelle handelt, kann oft schon die Windrichtungsabhängigkeit der Schadstoffmeßwerte zweier geeignet liegender Meßstellen den nötigen Aufschluß geben. Der konträre Fall, daß nach dem quantitativen Beitrag einer unter vielen infrage kommenden Quellen gefragt ist, stellt demgegenüber ein theoretisch wie praktisch höchst kompliziertes Problem dar, für dessen Lösung neben einem problemorientierten Meßprogramm auch die genaue Kenntnis und Einbeziehung der atmosphärischen Ausbreitungsverhältnisse nötig ist.

#### *c) Was wird?*

Was langfristig sein wird, ist überwiegend eine Frage der Emissionsprognose. Hingegen ist das, was sich kurzfristig ändert, überwiegend eine Frage des Wetters. Das Bemühen um eine laufende Prognose ist außerordentlich schwierig und wäre daher auch nur dann gerechtfertigt, wenn aus einer aktuellen Prognose auch aktuelle Konsequenzen gezogen werden könnten — und auch gezogen werden.

Da dies allenfalls bei extremen Luftverunreinigungssituationen der Fall sein wird, konzentriert sich auch die meteorologische Forschung zunächst auf die Erkennung und Prognose solcher Wettersituationen, d. h. auf die rechtzeitige Warnung etwa vor Smogwetterlagen. Man will dadurch ermöglichen, entweder durch rechtzeitige Reduzierung der Emission (Umstellung der Verbrennung auf schwefelärmere Brennstoffe, Reduzierung des Kraftverkehrs usw.) es gar nicht erst zu einer kritischen Smogsituation kommen zu lassen, oder die besonders davon betroffenen Immittenten zu prophylaktischem Verhalten zu veranlassen (Schonen und Geschontwerden speziell anfälliger Menschen usw.), um zumindest einer katastrophalen Wirkung auf die Menschen vorbeugen zu helfen. Das derzeitige erste Teilziel ist die Tendenz-Vorhersage, also die Einschätzung der Weiterentwicklung und Andauer einer bereits eingetretenen extremen Verunreinigungssituation.

#### *d) Was würde?*

Bei dieser Frage kann nicht mehr — wie bei „Was wird?“ — von realen Gegebenheiten der Gegenwart ausgegangen und anhand der bestehenden Wetterlage extrapoliert werden. Es gilt vielmehr, von fiktiven Situationen ausgehend, das Geschehen in der Atmosphäre theoretisch zu simulieren. Mit dieser Frage sollen nämlich die Auswirkungen von Emittenten auf das Immittentenfeld zunächst im Modellexperiment, quasi probeweise, ergründet werden, d. h. ehe es diese Emittenten gibt bzw. ihre Emission verändert wird usw. Es wäre damit möglich, von vornherein die lufthygienisch günstigsten Emittentenkonstellationen bzw. umgekehrt — bei gegebenem Emittentenfeld — etwa die günstigste Lage lufthygienisch anspruchsvoller Einrichtungen, wie Wohngebiete, Erholungszentren, Sanatorien, zu erkunden. Es handelt sich hierbei um eine Modellrechnung großen Stils, bei der zum einen alle Angaben über die Quellen und über die Verteilung aller bedeutsamen atmosphärischen Transportgrößen und ihrer Kombinationen bekannt sein müssen und zum anderen vor allem das komplizierte Agieren der Atmosphäre mit den Quellenstoffen begriffen, theoretisch erfaßt und rechenpraktisch nachvollziehbar sein muß. Bei aller noch gegebenen Unsicherheit solcher Modellrechnungen können doch nur so alle relevanten Situationen durchgespielt und kalkulierbar gemacht werden, die unmöglich real abgewartet oder gar praktisch ausprobiert werden können. — Am Anfang derartiger Modellrechnungen stand die Festsetzung einzelner Schornsteinmindesthöhen, die bei gemessener oder vorgegebener Grundbelastung auch nach Inbetriebnahme des neuen Kamins keine unzulässige Überschreitung von Grenzwerten voraussagen. Dieses Verfahren wird bereits seit längerem erfolgreich praktiziert. Am Ende der Modellrechnungsentwicklung werden wir alle mit der Luftverunreinigung zusammenhängenden Fakten und Konsequenzen für

große Gebiete simulieren und durch Planspiele die hygienisch und ökonomisch optimalen Lösungen einer Stadt- und Industrieplanung zu finden trachten.

Mit einer derart wissensmäßigen Beherrschung der Naturvorgänge wäre der Regelkreis der lufthygienischen Maßnahmen — außerhalb rein technologischer Lösungen — minimal verkürzt und der Prophylaxe-Spielraum damit maximal erweitert. Es soll zum Schluß nochmals veranschaulicht werden, wozu uns dieses prophylaktische Wissen dient, und welches rechtzeitige Handeln und Entscheiden es ermöglicht:

Man hat Verunreinigungen einmal salopp als *das falsche Ding am falschen Platz zur falschen Zeit* bezeichnet.

*Das falsche Ding* ist eine Folge der Technik. Daß es das möglicherweise nicht mehr ist, wäre Sache der Entwicklung sauberer Technologien.

*Am falschen Platz*: das suggeriert, als ob es rein qualitativ einen „richtigen Platz“ gäbe. Praktisch geht es jedoch in unserer eng gewordenen Welt stets darum, die verschiedenen Platz-Alternativen quantitativ zu bewerten, um den relativ „besten Platz“ zu ermitteln, — der deswegen aber noch immer nicht „gut“ zu sein braucht. — „Bester Platz“, d. h., Emittenten und Immittenten relativ zueinander räumlich so anzuordnen, daß die Emissionen die zugestandenen Immissionswerte nicht überschreiten bzw. minimale Werte erwarten lassen. Die Atmosphäre als Pufferzone gibt uns noch einen gewissen räumlichen Spielraum, der jedoch geographisch, klimatisch und orographisch sehr differenziert nutzbar ist. Ihn gilt es auszuschöpfen!

*Zur falschen Zeit*: das bedeutet beispielsweise, daß es Zeiten gibt, da uns die Atmosphäre ihren Dienst als sonst hinreichender Puffer versagt. Das ist dann der Fall, wenn ein anhaltender Verfrachtungsstopp eintritt und es infolgedessen an kritischen Stellen zu Smoglagen kommen kann. Es wäre nun aber eine geradezu wirtschaftstötende Maxime, würde man Stadt- und Gewerbeplanung usw. grundsätzlich nach solchen seltenen Extremsituationen ausrichten. Man legt ja auch die Dimensionierung städtischer Abwasserkanalisationen nicht nach den sehr gelegentlichen Sturzregen aus, sondern nimmt dann einmal das Überlaufen von Straßen in Kauf. Die Alternative hinsichtlich der Luftreinhaltungsstrategie lautet, während der „falschen Zeit“ die Emission zu reduzieren bzw. zu verschieben (Verwendung schwefelärmerer Brennstoffe, Einschränkung des Kraftfahrzeugverkehrs bzw. Verschiebung der Müllverbrennung usw.). Derart gelegentliche Einschränkungen sind wirtschaftlich weitaus tragbarer als die generelle Einstellung auf den Extremfall. Die praktische Durchführung setzt natürlich die meteorologische Warnmöglichkeit voraus. — Eine solche Flexibilität des Handelns durch

Anpassen an die atmosphärischen Eigenheiten schöpfte den letzten Spielraum aus: die zeitliche Variabilität der atmosphärischen Puffereigenschaft. Sie erlaubte im übrigen schließlich auch, die „falschen Dinge“ einmal zur „richtigen Zeit“ loszuwerden: Zunächst einmal könnten besonders gefährliche Schadstoffe etwa zu Zeiten sehr böigen Wetters im Lee der entscheidenden Immittentengruppe emittiert werden. Weiterhin ist es eine betrachtenswerte Strategie, während besonders luftaustauschgünstiger Wetterlagen erlaubterweise billigere Brennstoffe zu verbrauchen, um mit den entsprechenden Einsparungen die teureren Brennstoffe dann in großzügigerer Weise zu finanzieren, die während besonders kritischer Wetterlagen verwendet werden sollten. Selbst bei einem gleichen wirtschaftlichen Aufwand könnte durch eine solche immissionsmeteorologische Regelung die gleiche Geldsumme für Brennstoffe, Lagerhaltung, Betriebsorganisation usw. umwelthygienischer umgesetzt werden als ohne eine solche Regelung.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Kenntnis der meteorologischen Einflüsse auf die Luftverunreinigung eine letztlich schnellere und effizientere Regelung im Regelkreis der Luftreinhaltemaßnahmen erlaubt (bei der Messung, Beurteilung, Entscheidung usw.). Sie erlaubt es durch Anpassung an die atmosphärische Kapazität bzw. durch deren Ausschöpfung, zumal wenn eine Reduktion bei den anderen Systemgliedern, wie Ursache, Emission und Wirkung der Luftverunreinigung, nicht ausreicht.



# Geruchsbelästigende Stoffe

Von H. Kettner

Die aktive Bekämpfung von Gerüchen ist viele Jahre vernachlässigt worden, obwohl Gerüche ein Jahrtausende altes Problem darstellen. So berichtet Seneca bereits im Jahre 51 n. Chr. über „stinkige und rauchige Luft“ in Rom; erste gesetzliche Verordnungen über den Betrieb von Schlachthöfen, Tierverwertungsanstalten und Gerbereien wurden erst im Mittelalter erlassen. Bei Befragungsaktionen klagten 40 % der Anwohner einer Erdölraffinerie (von 8000 Befragten über Geruchsbelästigungen, z. T. sehr starken mit Übelkeit und Erbrechen<sup>10</sup>), in St. Louis fühlten sich 1966 nahezu 70 % der Befragten belästigt; die 1965 in Cincinnati vorgebrachten Beschwerden sind zu 50 % auf Gerüche zurückzuführen. Der Kraftfahrzeugverkehr stellt in verkehrsreichen Straßen eine nicht zu übersehende Belästigung dar, das Problem der Geruchsbelästigungen, dem erstrangige Bedeutung beigemessen werden muß, hat eher zu- als abgenommen.

Die wissenschaftlichen Grundlagen zur Erforschung der Gerüche haben 1895 *Henning*<sup>12</sup> und unabhängig von ihm *Zwardemaaker* gelegt, in den 50er und 60er Jahren dieses Jahrhunderts haben sich Forscher besonders in den USA, danach in Schweden, verdient gemacht. In den letzten Jahren hat man sich diesen Problemen auch sehr intensiv in der BRD zugewandt.

Eine große Anzahl von Betrieben, die geruchsbelästigende Stoffe erzeugen, ist durch die Liste der genehmigungsbedürftigen Anlagen nach § 16 GewO erfaßt, und zwar:

- Nr. 2 Müllkippen, Müllverbrennung, Kompostierungsanlagen;
- Nr. 7 Gießereien, besonders wegen der Kerntrocknung;
- Nr. 17 Chemische Werke (anorg. Grundstoffe, Kunstharze, Lösungsmittel, Farbstoffe, Lösemittel u. a.);
- Nr. 20 Anlagen zur thermischen Behandlung von Harzen, Firnissen und Lacken;
- Nr. 21 Aufbereitung von Sulfatterpentinöl und Tallöl;
- Nr. 24 Anlagen zur Gewinnung von Zellstoff aus Holz, Stroh oder ähnlichen Faserstoffen (Zellstoffwerke);
- Nr. 26 Anlagen zur Herstellung von Speisewürzen aus tierischen und pflanzlichen Stoffen;
- Nr. 27 Erdölraffinieren;
- Nr. 29 Kokereien, Gaswerke, Schwelereien;
- Nr. 30 Teerverarbeitung;
- Nr. 31 Pechsiedereien;



- Nr. 33 Bitumen- und Asphaltverarbeitung;
- Nr. 36 Herstellung von Kohleanzündern aus Naphtalin, Anthrazen oder ähnlichen Stoffen;
- Nr. 39 Imprägnierungsanlagen (Holz, Textilien, Papier);
- Nr. 44 Kunstlederherstellung;
- Nr. 47 Anlagen zum Halten von Legehennen ab 20 000 Stück oder Mastgeflügel ab 30 000 Stück oder Schweinen ab 1250 Stück, ausgenommen Anlagen, in denen Geflügel ausschließlich zu Zucht- oder Vermehrungszwecken, insbesondere zur Erzeugung von Bruteiern, gehalten wird;
- Nr. 48 Großschlachtereien, Räucheranlagen in Fleisch- und Fischwarenfabriken;
- Nr. 49 Tierkörperbeseitigungsanstalten; Anlagen zum Aufbereiten oder Lagern von Knochen, Tierhaaren, Hörnern, Klauen oder sonstigen Tierischen Abfällen, Kottrocknungsanlagen;
- Nr. 50 Anlagen zur Herstellung von Fischmehl oder Fischöl; Garnelendarren (Krabbendarren) und Kochereien für Futterkrabben;
- Nr. 51 Aufbereitung von tierischen Därmen und Mägen, Labgewinnung;
- Nr. 52/53 Gerbereien, Lagerung und Bearbeitung von Häuten und Fellen;
- Nr. 54 Gelatineherstellung;
- Nr. 55 Fettschmelzen;
- Nr. 57 Hopfen-Schwefeldarren;
- Nr. 58 Grünfuttertrocknung.

Nicht in diese Liste aufgenommen wurden Anlagen wie: Pomes-frittes-Herstellung, Kaffeeröstereien, Hähnchenbratereien, obwohl häufiger Beschwerden vorkommen und Forderungen nach Abgasreinigung erhoben werden; hier ist wohl die geringe Größe dieser Anlagen maßgeblich gewesen.

### *Physiologischer Vorgang der Geruchswahrnehmung*

Der Vorgang der sensorischen Geruchswahrnehmung spielt sich am Riechepithel in Verbindung mit dem Nervensystem ab. Dazu ist erforderlich, daß eine bestimmte Anzahl von Molekülen das Riechepithel, an dem sie haften bleiben und in Lösung gehen, berühren.

Bei normaler Atmung strömt die eingeatmete Luft laminar durch die untere und mittlere Nasenhöhle in den weiteren Atmungsstrakt, ohne daß es dabei zu einer wesentlichen Berührung mit dem Riechepithel kommt, das im oberen Teil der Höhle liegt. Eine stärkere Durchmischung der Luft er-

folgt beim sog. Schnüffeln: die Luft wird in eine turbulente Strömung versetzt, wodurch auch die Möglichkeit eines engeren Kontaktes der Geruchsmoleküle mit dem Riechepithel gegeben ist. Die im Rezeptor ausgelöste Erregung läuft über Riechnerven zu den Riechzentren.

### *Geruchsempfindlichkeit und Geruchsschwellenwert*

Das menschliche Geruchsorgan (und noch viel mehr das eines Hundes) ist ein sehr empfindliches Instrument, das Geruchsstoffe in noch sehr hohen Verdünnungen wahrnehmen kann. Die geringste Konzentration, die noch finieren oder näher zu beschreiben; diejenige Mindestkonzentration, bei der der Geruchsschwelle ist es nicht erforderlich, den Geruch als solchen zu de- auch Angaben über die Natur des Stoffes möglich sind, nennt man *Erkennungsschwelle*, sie liegt meist erheblich über der Geruchsschwelle. Die Empfindlichkeit des menschlichen Geruchssinns ist in sehr weiten Grenzen unterschiedlich und schwankt mitunter um vier Zehnerpotenzen, wobei auch wahrgenommen wird, bezeichnet man als *Geruchsschwelle*. Bei Prüfungen völlige Geruchsblindheit (Anosmie) vorkommt. Streuungen der Geruchswahrnehmbarkeit sind bereits von mehreren Autoren untersucht worden. Den von Brown et al.<sup>5</sup> an 60 Personen durchgeführten Untersuchungen ist zu entnehmen, daß die Geruchsempfindlichkeit nicht allein von Person zu Person, sondern auch von Stoff zu Stoff unterschiedlich ist: Kampfer und Methylmerkaptan hatten die größte Streubreite (4 Zehnerpotenzen). Ammoniak die geringste (nur 2 Zehnerpotenzen).

### *Geruchsadaption*

Die bekannte Tatsache, daß ein Geruch im ersten Augenblick der Einwirkung am stärksten empfunden wird, dann aber rasch nachläßt, wird als Adaption oder Gewöhnung bezeichnet. Ihr liegt eine gewisse Ermüdung der Nerven zugrunde. Diese Erscheinung ist eingehend von Ekman et al.<sup>7</sup> untersucht worden.

Während der Versuche waren die Versuchspersonen konstanten Schwefelwasserstoffkonzentrationen (von 0,7 bis 6,4 ppm) ausgesetzt, die Begasungsdauer betrug 12 bzw. 15 min, danach wurde für die gleiche Zeit Frischluft gereicht. Ergebnisse: Abfall der Geruchswahrnehmbarkeit bis zu einer bestimmten Zeit; die Regeneration des Geruchssinns nach Aufhören der Begasung bis zur Erlangung der vollen Geruchswahrnehmung dauert immerhin etwa 3 bis 4 min.

### Sensorische Unterteilung der Geruchsintensität

Die Fähigkeit des Geruchssinns, Gerüche nach Konzentrationen zu unterteilen und zu beurteilen, ist sehr gering, sie reicht kaum über einige Stufen von sehr schwach über — schwach — deutlich — stark bis sehr stark wahrnehmbar. Zahlenangaben, wie sie etwa das Auge bei Entfernungsschätzungen zu machen vermag, ist bei Gerüchen nicht möglich, weil es an einem Vergleichsmaß fehlt. Geschulte Riecher entwickeln ein besseres Spürvermögen und können etwa 2 Stufen mehr unterscheiden (insgesamt etwa 5). Die Relation zwischen der Intensität der Geruchswahrnehmung und der Stoffkonzentration stellt das Gesetz von *Fechner-Weber* dar, wonach  $I = k \cdot \log c$  ist; hierbei bedeuten:  $I$  die Geruchsintensität,  $k$  eine stoffspezifische Konstante und  $c$  die Konzentration des Stoffes. Das Gesetz besagt u. a., daß die Konzentration logarithmisch ansteigen muß, wenn eine lineare Steigerung des Geruchsempfindens erreicht werden soll, d. h. bei einer Verdoppelung der Gewahrnehmung muß die Stoffkonzentration auf das 10fache steigen.

### Eigenschaften geruchsintensiver Stoffe

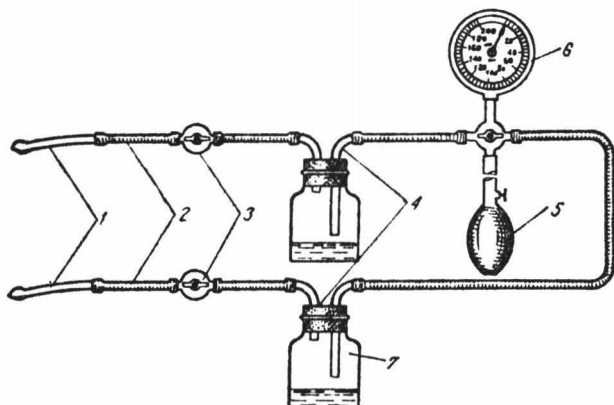
Die sensorische und organoleptische Bewertung geruchsintensiver Stoffe erfolgt durchweg unter 4 Aspekten: der *Intensität*, der *Qualität*, der *Lästigkeit* und der *Penetranz*. Die Geruchsintensität ist bereits angesprochen worden mit der Feststellung, daß der menschliche Geruchssinn nur wenige Stufen unterscheiden kann. Unter *Qualität* versteht man die „geschmackliche“ Empfindung, die man beim Atmen feststellt. Es sind verschiedene Klassifikationssysteme entwickelt worden, von denen bisher keine eine praktische Bedeutung erlangt hat. Erwähnt mag das bereits 1927 von *Crocker et al.* entwickelte System werden, wonach alle Geruchsträger in vier Grundkategorien „aromatisch-süß“, „sauer“, „brenzlich“ und „caprylsäureartig (Ziegengeruch)“ unterteilt werden, jede dieser Kategorien noch zusätzlich mit Werten von 0 bis 8 je nach Ausprägungsgrad. Unter der „*Lästigkeit*“ eines Geruches versteht man die Empfindung „angenehm“ — „unangenehm“. Diese Unterteilung dürfte bei der Bewertung von Geruchsbelästigung eine nicht unbedeutende Rolle spielen. *Moncrieff*<sup>22</sup> hat 1966 eine Liste aufgestellt, in der die unangenehmsten Stoffe, wie Äthylmerkaptan, Skatol, Trimethylamin und Schwefelwasserstoff, an der Spitze der unangenehm riechenden Stoffe stehen, auf der Duftseite aber solche Stoffe wie Rosenduft, Lavendelduft u. a. Die Empfindung „angenehm“ — „unangenehm“ ist bei verschiedenen Personen nicht unbedingt einheitlich, was man aus der Parfümindustrie kennt. Wiederholte Versuche, die chemische Konstitution einem bestimmten Geruch zuzuordnen, waren nicht erfolgreich; allgemein gilt

die Regel, daß Sauerstoffverbindungen (Ester) angenehme, Schwefelverbindungen dagegen unangenehme Geruchswirkungen ausüben. Unter *Penetranz* oder *Eindringfähigkeit* (odor pervasivnes) wird die Eigenschaft der Geruchsträger verstanden, im verdünnten Zustand weniger intensiv zu riechen als im konzentrierten; dies ist verständlich, da die Intensität der Geruchsempfindung konzentrationsabhängig ist. Im Zusammenhang mit dieser Eigenschaft ist der Begriff der „Geruchseinheit“ geprägt worden, der sowohl bei der Immission als auch bei der Emission Anwendung findet. Unter Geruchseinheit versteht man diejenige Anzahl gleicher Volumina geruchsfreier Luft, die notwendig ist, um eine Geruchsprobe bis zur Schwellenkonzentration zu verdünnen, als Geruchsschwellenkonzentration wird dabei diejenige Konzentration verstanden, die von 50 % der Riecher wahrgenommen wird. (Beispiel: Zur Verdünnung von 1 l einer geruchsbeladenen Luft werden bis zur Schwellenverdünnung 10 l geruchsfreie Luft benötigt, die geruchsbeladene Luft enthält mithin 10 Geruchseinheiten.) Emissionen könnten quantisiert werden, indem man sie auf die Zeiteinheit bezieht. Dies eröffnet die Möglichkeit, unter Berücksichtigung der meteorologischen Verhältnisse ähnlich wie beim Schwefeldioxid Ausbreitungsrechnungen anzustellen, ggf. auch notwendige Schornsteinhöhen für Geruchsstoffe zu berechnen (Lindvall, 1970)<sup>19</sup>.

Die meßtechnische Bestimmung von Geruchseinheiten wird immer darauf hinauslaufen, Verdünnungsreihen herzustellen, wofür statische und dynamische Verfahren entwickelt wurden. Geräte, die zur Herstellung solcher Verdünnungen benutzt werden, sind als Olfaktometer bekannt, daneben gibt es auch andere Bezeichnungen, wie Scentometer, Osmometer, Osmokop u. a.

Die Abbildungen 1 bis 3 geben einige dieser Geräte wieder:

Abb. 1



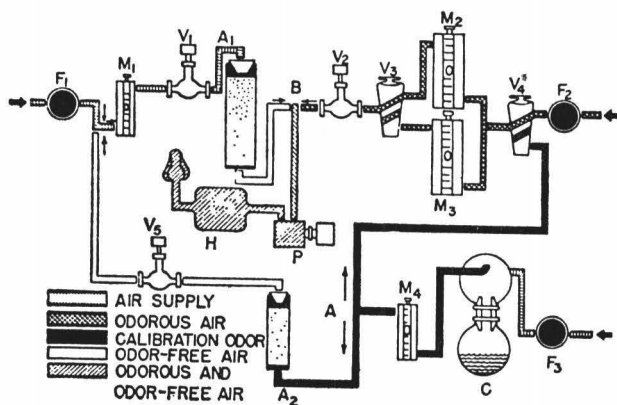


Abb. 3

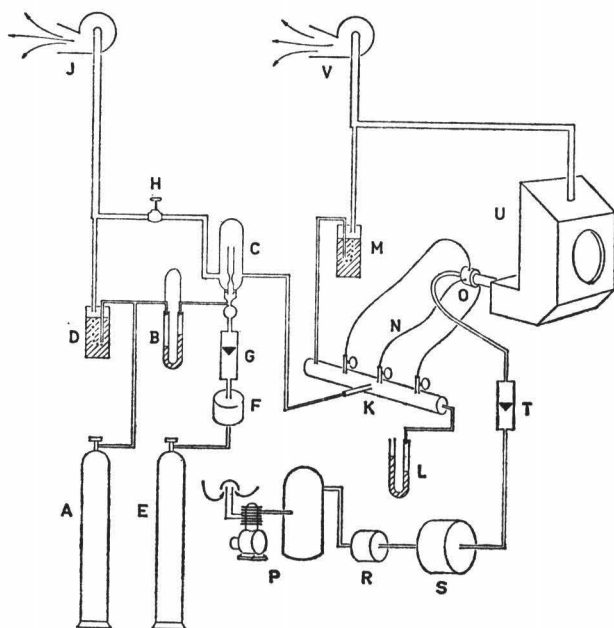


Abb. 1 bis 3: Olfaktometer

Das Gerät der amerikanischen Standard-Methode der ASTM besteht aus einem Satz von Ganzglasspritzen; mit der kleinsten (meist 10 ml) wird die Luftprobe entnommen, die Probe wird in eine mit geruchsfreier Luft vorgefüllten größeren Spritze überführt; ggf. kann aus dieser ein aliquoter Teil wiederum entnommen und in gleicher Weise solange verdünnt werden, bis die Geruchsschwelle erreicht ist.

Bild 1 stellt das tonometrische Olfaktometer von *Dubrovski* dar, Bild 2 das von *Nader* und Bild 3 ein in Schweden entwickeltes Olfaktometer. Das schwedische Gerät zeichnet sich besonders durch die Gesichts-Atemmaske aus.

Am Institut wurde ein einfaches, unter Feldbedingungen verwendbares Gerät entwickelt. Es läßt eine Verdünnung bis zum 30fachen zu; durch Hintereinanderschaltung mehrerer dieser Geräte ist es möglich, den Bereich erheblich zu erweitern, so daß sich die Kombination auch für Emissionsmeßzwecke eignen würde.

### *Messungen*

Messungen von Gerüchen können subjektiv-sensorisch und/oder objektiv-meßtechnisch (d. h. physikalisch-chemisch) sowohl unter Feld- als auch unter Laborbedingungen erfolgen. Untersuchungen an Ort und Stelle nimmt man insbesondere deswegen vor, weil es sehr schwierig ist, eine Meßprobe in dem Zustand, wie sie entnommen wurde, mehrere Stunden lang aufzubewahren; dies ist aber erforderlich, wenn sensorische Analysen im Labor durchgeführt werden sollen. Dafür können Meßwagen eingesetzt werden.

Es gibt zwar Geruchsmesswagen mit allen Einrichtungen, die zur sensorischen Messung von Gerüchen erforderlich sind. Abgesehen von den hohen Kosten des Wagens selbst und der Einrichtung, ist diese Methode indessen sehr aufwendig, weil das gesamte Schnüfflerteam zum Ort der Messung mitgenommen werden muß.

### *Sensorische Messungen*

#### *Arbeitsbedingungen:*

*Auswahl eines geeigneten Schnüfflerteams.* Nach Angaben soll das Schnüffler-(Riech-)Team wenigstens aus sechs bis acht Menschen bestehen, nach anderen Angaben<sup>12</sup> genügen aber schon drei. Die Auswahl soll aus einem größeren Kollektiv nach entsprechender Vorprüfung erfolgen. Es sollen überwiegend junge Menschen sein, da bei älteren der Geruchssinn nachläßt. Die Schnüffler sollen vor der Riechprobe nicht rauchen und unmittelbar davor nicht essen. Der Raum, in dem die Intensitätsmessungen vorgenommen werden, soll geruchs- und geräuschfrei sein, auch sollen andere

äußere Einwirkungen unterbleiben, die die Konzentration der Riecher beeinflussen. Manche Autoren fordern aus diesem Grunde und auch deshalb, weil sich die Riecher untereinander nicht verständigen dürfen, getrennte Kabinen.

Die Kunststoffsäcke, in denen die zu analysierende Luft Aufnahme findet, sollen aus geruchsfreien, die Geruchsmoleküle nicht adsorbierendem Stoff bestehen, empfohlen werden Folien aus Mylar, Teflon und PFE.

### *Eignungsprüfung als Riecher*

Zur Prüfung der Eignung wurden verschiedene Methoden vorgeschlagen, die wichtigsten sind 1. der *Triangel-Test*, 2. der *Intensitäts-Stufentest*, 3. der *Mehrfachkomponenten-Unterscheidungstest* und 4. der *allgemeine Eignungsprüfungstest*. Die Prüflinge werden allen Tests unterzogen und müssen praktisch gesunde Menschen sein.

Beim *Triangeltest* werden ein bis zwei Tropfen eines Duftstoffes (Extrakte von Vanillin, Zitrone, Rum, Rosen o. a.) in 1 l Wasser aufgelöst, davon werden zwei Proben hergestellt; die dritte Probe wird mit einem anderen Duftstoff in gleicher Weise bereitet. Der Prüfling muß die beiden gleichen Gerüche und den weiteren unterscheiden können.

Zur Prüfung nach dem *Intensitäts-Stufentest* werden 10 ml Amylacetat (Geruchsstoff) in 10 ml Propylglykol (geruchsfreies Lösungsmittel) gelöst. Die Hälfte dieser Mischung wird entnommen und mit der gleichen Menge Lösungsmittel wiederum verdünnt, insgesamt werden 20 Mischungen hergestellt, die sich untereinander dadurch unterscheiden, daß die jeweils folgende Probe auf die Hälfte verdünnt ist. Der Prüfling wird unterrichtet und mit dem Geruch vertraut gemacht, danach soll er den Raum verlassen. In dieser Zeit entnimmt der Prüfer eine der in absteigender Reihe aufgestellten Proben und schließt die Reihe auf. Der hereingerufene Prüfling muß die herausgenommene Probe an den richtigen Platz stellen.

Der *Mehrfachkomponenten-Unterscheidungstest* wird mit Duftölen, wie Kade, Zimt, Eukalyptus, Nelken, Orange, Mandel, Vanillin und Amylacetat, vorgenommen. Der Prüfling wird mit den Gerüchen dieser Öle vertraut gemacht, danach werden Mischungen von 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Komponenten hergestellt. Der Prüfling muß die Komponenten unterscheiden, er darf sich allerdings zwischendurch den Geruch der Grundsubstanz durch Riechen an dieser ins Gedächtnis rufen.

Der *allgemeine Prüfungstest* erstreckt sich auf das Verhalten des Prüflings, er soll die Proben nicht zu langsam, aber auch nicht zu hastig, beurteilen, Interesse an seiner Aufgabe finden, andere Riecher nicht in seinem Urteil zu beeinflussen versuchen und aufrichtig sein.

Alle Prüfteste sind kodiert, d. h. es liegt ihnen ein Auswertungsschema zugrunde, nach dem man über die Zuverlässigkeit der Aussage Aufschluß bekommt. Je größer der Vertrauensbereich des Riechers ist, um so geringer ist die Wahrscheinlichkeit, daß er Fehler macht. Dies ist besonders dann wichtig, wenn in einem Streitfall ein Gericht zu entscheiden hat.

### *Schulung von Riechern (Schnüfflern)*

Geschulte Riecher haben ein besseres Riechvermögen und vor Gericht höhere Aussagekraft als ungeschulte, einige Autoren plädieren daher dafür, daß für sensorische Geruchsmessungen nur geschultes Personal verwendet wird.

Für die Beurteilung der Wirkung von Diesel-Kraftfahrzeugabgasen sind künstliche Gasmischungen hergestellt worden, die dem Geruch von Dieselabgasen entsprechen. Zu diesem Zwecke ist man von vier in den Abgasen enthaltenen Teil-Grundgerüchen ausgegangen, die durch folgende Eigenschaften charakterisiert sind: 1. brenzlich/rauchig, 2. ölig, 3. stechend/sauer und 4. aldehydartig/aromatisch. Der Geruch zu 1. wurde aus einer Mischung Kadeöl, Guajakol, Carvacrol, Acetylendicarbonsäure und Benzylbenzoat (als geruchsfreies Lösungsmittel) hergestellt, der zu 2. aus n-Octylbenzol, der zu 3. aus Croton- und Propionsäure (plus Lösungsmittel) und der zu 4. aus einer größeren Anzahl von Aldehyden. Außerdem ist noch eine Mischung hergestellt worden, die als Maskierungskomponente verwendet wurde. Aus diesen Mischungen sind weitere Mischungen (insgesamt zwölf Intensitätsstufen) hergestellt worden, an denen die Riecher geschult wurden.

### *Beurteilung*

Ein Beurteilungsschema zur Ermittlung der Geruchsintensität von Abgasen geben *Fodor und Winneke*<sup>4</sup> an einem Beispiel von zwei Trockenöfen an. Im Bild 4 ist auf der Ordinate der Summenprozensatz der positiven ja/nein Antworten aufgetragen, während auf der Abszisse die Verdünnungsstufen abgetragen sind; der Wert der Geruchseinheiten wird bei 50 % der Riecher abgelesen, eine gleiche Auswertung kann auch bei Geruchsuntersuchungen von Immissionen vorgenommen werden.

### *Chemisch-physikalische Messung*

In Fällen, in denen der Stoff, von der der belästigende Geruch ausgeht, allein vorliegt und bekannt ist, ist es leicht, diesen zu bestimmen, die er-



mittelte Konzentration wird mit dem Geruchsschwellenwert bzw. der Norm (falls solche Daten vorliegen) in Beziehung gebracht. Die am Ort des Belästigungsauftretens gezogenen Gasproben werden im Laboratorium unter Benutzung der Naßanalyse, der Infrarotspektroskopie, der Massenspektroskopie, der Raman-Spektroskopie, gaschromatographisch oder nach anderen Methoden analysiert. Der Empfindlichkeitsbereich kann durch Ausfrieren oder Adsorption an Aktivkohle oder Silicagel wesentlich gesteigert werden. Aussichtsreiche Steigerung der Nachweisempfindlichkeit verspricht die Reversions- und die Gas/Flüssig-Chromatographie. Beim Auftreten eines Gemisches von Geruchsstoffen, wie es z. B. bei der Zersetzung organischer Stoffe, bei Autoabgasen u. a. Medien vorkommt, ist man darauf angewiesen, einen für diesen Geruch charakteristischen Stoff, den man „Leitkomponente“ nennt, zu bestimmen, dieser Stoff soll in dem betreffenden Geruch stets in einem konstanten Verhältnis enthalten sein. In Dieselabgasen sind auf

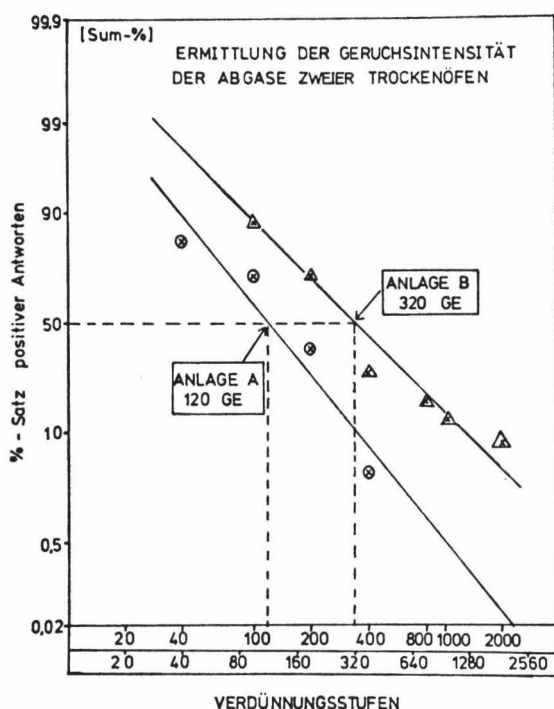


Abb. 4: Auswertungsschema von sensorischen Geruchsmessungen

chemisch-physikalischem Wege über 1000 Verbindungen nachgewiesen worden, davon zeichnen sich etwa 100 durch einen Geruch aus. Letztere hat man nach ihren chemischen Eigenschaften (z. B. zyklische, aromatische und ungesättigte Kohlenwasserstoffe, Aldehyde, Schwefelverbindungen u. a.), aber auch nach den geruchlichen zu klassifizieren versucht. Als Leitkomponenten für Dieselabgase, die zum Dieselgeruch eine gute Korrelation aufweisen, werden empfohlen: Summe der aliphatischen Aldehyde, Kohlenwasserstoffe, Stickoxide, Kohlendioxid, Acrolein und Äthylen. Die Leitkomponenten selbst müssen nicht unbedingt Geruchsträger sein, es genügt, wenn sie zu dem Geruch in einem konstanten Verhältnis stehen (Beispiel: Stickoxide/Dieselabgase). Als Leitkomponenten für andere Geruchsmischungen können dienen: für die Tierkörperverwertung — Fettsäuren, für die Fischverwertung — Amine, für Ölraffinerien — Merkaptane. In Verwesungsprodukten eiweißhaltiger Abfallstoffe wurden Amine, Merkaptane, Skatol, Schwefelwasserstoff u. a. Verbindungen gefunden.

Mittels chemisch-physikalischer Analyse kann eine Zuordnung eines Geruches zu seiner Quelle erfolgen; erweist es sich, daß die Geruchsimmission das gleiche Spektrum von Verbindungen aufweist, wie die im Verdacht stehende Emissionsquelle, so ist der Beweis erbracht, daß der Geruch aus dieser Quelle stammt.

Den chemisch-physikalischen Methoden der Geruchsbestimmung sollte man bei der Beurteilung von Gerüchen sowohl im Emissions- als auch im Immissionsbereich vor der sensorischen den Vorrang geben, sie sind genauer, eindeutiger und weniger aufwendig. Allerdings dürfen dabei die Schwierigkeiten nicht unberücksichtigt bleiben, die sich bei der Herstellung von Korrelationen zwischen objektiv gewonnenen Analyseergebnissen und subjektiv (bzw. auch objektiv, z. B. mittels Elektroenzephalogramm) gewonnenen sensorischen Daten ergeben. Eine solche Korrelation, die eine „künstliche Nase“ darstellen würde, hat man bisher noch nicht finden können.

### *Bekämpfung*

Die Bekämpfung von Gerüchen kann auf verschiedenen Wegen erfolgen: durch Verbrennung, durch Adsorption an Aktivkohle, durch biologische Zerstörung, durch Auswaschen aus dem Abgas, durch elektrostatische Abscheidung nach Absorption durch Wassernebel u. a. Methoden. Das angewandte Verfahren soll den spezifischen Emissionsbelangen Rechnung tragen und stets für die betreffende Anlage spezifisch sein.

Die direkte thermische Nachverbrennung ist mit hohen Kosten dann verbunden, wenn die zur Aufrechterhaltung der Verbrennung zugeführte

und durch die Verbrennung der verbrennlichen Abgasbestandteile erzeugte Wärme nicht genutzt wird. In den letzten Jahren sind jedoch bereits Anlagen mit Regenerationswärmenutzung gebaut worden, die sich gut bewährt haben. Die katalytische Nachverbrennung (KNV) ist gegen Katalysengifte sehr empfindlich. In einem größeren Werk mußte eine KNV-Anlage (Kostenaufwand über 1 Million DM) nach geringfügiger Änderung des Produktionsvorganges stillgelegt werden. Adsorption an Aktivkohle empfiehlt sich besonders bei sehr geringen Geruchsstoffkonzentrationen und in Fällen, in denen wertvolle Lösungsmittel zurückgewonnen werden sollen. Chemische Zerstörung mit Ozon und/oder Chlor ist nicht zu empfehlen, einmal, weil gesättigte Kohlenwasserstoffe in den vorliegenden Konzentrationen nur sehr schwach angegriffen und die Geruchsmoleküle kaum zerstört werden, und zum anderen, weil man dem Abgas dadurch noch weitere starke Noxen zufügt, deren Überschuß auf anderem Wege beseitigt werden müßte. Hydrophile Geruchsstoffe können mit Wasser ausgewaschen oder nach Adhäsion an Tröpfchen elektrostatisch abgeschieden werden. Maskierung von Gerüchen beseitigt die Geruchsprobleme nicht, u. U. kann sie diese sogar verstärken. Zur Reinigung der Aufenthaltsräumen von außen zugeführten Frischluft von Kohlenwasserstoffen (Autoabgase u. a.) werden poröse Platten verwendet, in die Katalysatoren eingebaut sind; ähnliche Stoffe verwendet man auch zur Beseitigung von Gerüchen aus Fisch- und Hähnchenbratereien, Küchen u. a.

### *Beurteilung von Belästigungen*

Huey et al.<sup>15</sup> geben an, daß Beschwerden über Geruchsbelästigungen vorgebracht werden, wenn die atmosphärische Luft mehr als sieben Geruchseinheiten enthält. Diese Aussage läßt sich mit Sicherheit nicht für alle Gerüche verallgemeinern, da die Geruchsstoffe schon ihrer Lästigkeit nach ganz verschiedene Eigenschaften haben. First<sup>8</sup> gibt deshalb ein Modell einer Belästigungsvoraussage an, in dem neben dem Stoff selbst andere Einflüsse, die auf eine Belästigung Einfluß haben, berücksichtigt werden. Die in die Berechnung einbezogenen Parameter, und zwar Geruchsstoff, Geruchseinheit, Lästigkeit, Emissionsdauer, intermittierender Faktor, Windrichtung und Emissionszeitfaktor tragen zahlenmäßige Wertmerkmale, die, miteinander multipliziert, einen Höchstwert von 0,04 nicht überschreiten sollten (der geringste Wert beträgt Null, der höchstmögliche Belästigungswert 15,84 — er tritt dann auf, wenn alle Bedingungen maximal ungünstig sind). Japanische Autoren arbeiten gleichfalls an der Objektivierung von Geruchsbelästigungsindikationen, Einzelheiten sind bisher nicht bekannt geworden.

In industriellen Ballungsgebieten dürfte die Forderung der Geruchsfreiheit der Luft, wie sie auch von manchen Staaten in Amerika auftreten, unrealistisch sein, hier wäre eher die Frage zu stellen, welchen Prozentsatz der Bevölkerung bei welcher Dauer, Intensität und Lästigkeit eine Norm vor Geruchsbelästigungen schützen soll.

Auf zwei Definitionen des Begriffes Belästigung soll abschließend hingewiesen werden: *Fodor und Winneke*<sup>9</sup> definieren die Geruchsbelästigung als „einen Zustand, welcher durch die Geruchseinwirkung eines oder mehrerer Stoffe hervorgerufen wird und der subjektiv gekennzeichnet ist durch das Gefühl des Unbehagens und der Ablehnung des olfaktorischen Reizes, der diesen Zustand hervorruft. Charakteristisch für den Belästigungszustand ist das Auftreten von Motiven, das Faktum der unmittelbaren Geruchswirkung zu verändern, indem entweder die Beseitigung der Reizquelle angestrebt wird oder die exponierte Person sich der Reizwirkung anderweitig zu entziehen sucht.“ Aus dieser Definition wird deutlich, daß in das Belästigungserlebnis neben Reizvariablen in einem erheblichen Umfang auch persönlichkeits- und sozialpsychologische Faktoren eingehen.

Im Entwurf des Bundes-Immissions-Schutzgesetzes vom November 1971 wird die Belästigung wie folgt definiert:<sup>1</sup>

„Belästigungen sind Beeinträchtigungen des körperlichen und seelischen Wohlbefindens des Menschen. Der Übergang zwischen Belästigungen und Gesundheitsgefahren ist fließend. Da Nachteile und Belästigungen in der Regel Störungen geringeren Grades darstellen, sind sie nicht schlechthin als schädliche Umwelteinwirkungen zu bewerten. Diese Eigenschaft erhalten sie erst, wenn es sich um erhebliche Nachteile und Belästigungen handelt“ . . . „Belästigungen stärkeren Grades müssen nach neueren medizinischen Erkenntnissen allgemein als schädlich angesehen werden, insbesondere dann, wenn sie über lange Zeit oder in Verbindung mit anderen Immissionen auf den Menschen einwirken, wie dies häufig der Fall ist. Hinzu kommt, daß die Übergänge zwischen Belästigungen, Gesundheitsgefahren und Gesundheitsschäden oft nicht exakt abgrenzbar sind.“

Zusammen mit der bestehenden bundesdeutschen Gesetzgebung, die zur Abgrenzung der Zumutbarkeit die gleichen Termini „erhebliche Belästigungen“ (§ 16 GewO<sup>2</sup>, § 2 (1) ImSchG NRW u. a.) oder „erhebliche Beeinträchtigungen“ (§ 906 BGB) verwendet, folgt zwingend, daß das Auftreten von Gerüchen allein selbst dann noch als zulässig anzusehen ist, wenn diese den Charakter einer gelegentlichen Belästigung annehmen.

Eine Festlegung von Immissions-Geruchsnormen für die BRD zum heutigen Zeitpunkt ist als verfrüht anzusehen.

## LITERATUR:

- <sup>1</sup> Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) (Entwurf) Drucksache VI/2868 vom 30. Nov. 1971.
- <sup>2</sup> Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen nach § 16 Gewerbeordnung in der Fassung vom 7. Juli 1971. BG-Blatt 62 (1971), S. 889/891.
- <sup>3</sup> BERNERT, J.: Belästigende Geruchsquellen und Maßnahmen zu ihrer Bekämpfung; in: Geruchsbelästigende Stoffe, Schr.-Reihe Verein Wasser-Boden-Luft-hygiene Nr. 35 (1971), S. 41/51. G. Fischer-Verlag, Stuttgart.
- <sup>4</sup> BERGLUND, B.; BERGLUND, U.; ENGEN, T., and LINDVALL, T.: The effect of adaptation on odor detection. Perception and Psychophysics, 1971, Vol. 9, 5, 435/438.
- <sup>5</sup> BROWN, K. S., et al.: The distribution of the sensitivity to chemical odors in man. Human Biology 40 (1968), 456/472.
- <sup>6</sup> DUFFEE, R. A.: Appraisal of odor-measurement techniques. J. Air Poll. Contr. Assoc. 18 (1968), Nr. 7, S. 472/474.
- <sup>7</sup> EKMAN, G.; BERGLUND, D., and LINDVALL, T.: Perceived intensity of odor as a function of time and adaptation. Scandinavian Journal of Psychology 1967, S. 177/186.
- <sup>8</sup> FIRST, M. W.: A model odor control ordinance. 2. Intern. Clean Air Congress, Washington, 6.—11. 12. 1972.
- <sup>9</sup> FODOR, G. G.; und WINNEKE, G.: Belästigung durch geruchsintensive Stoffe. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B. 155 (1971), 282/295.
- <sup>10</sup> GUTSHOF, O.: VDI-Arbeitsgruppe „Geruchsintensive Stoffe“, Protokoll vom 23. 3. 1971.
- <sup>11</sup> HEMEON, W. C. L.: Technique and apparatus for quantitative measurement of odor emissions. J. Air Poll. Contr. Assoc. 18 (1968), Nr. 3, 166/170.
- <sup>12</sup> HEMEON, W. C. L.: Malodors — A basis for regulations. J. Air Poll. Contr. Assoc. 21 (1971), Nr. 12, 770/773.
- <sup>13</sup> HENNING, H.: Der Geruch. J. A. Barth-Verlag, Leipzig, 1895.
- <sup>14</sup> HORSTMAN, S. W., R. F. WROMBLE and A. N. HELLER: Identification of community odor problems by use of an observer corps. J. Air Poll. Contr. Assoc. 15 (1965), Nr. 6, S. 261/264.
- <sup>15</sup> HUEY, N. A., L. C. BROERING, G. A. JUTZE and CH. W. GRUBER: Objective odor pollution control investigations. J. Air Poll. Contr. Ass. 10 (1960), Nr. 6, 441/446.
- <sup>16</sup> KASTKA, J., G. WINNEKE und G. G. FODOR: Geruchsintensive Stoffe. Med. Inst. f. Lufthyg. u. Silikoseforschung, Jahresbericht 1970, S. 63/69. Triltsch-Verlag, Düsseldorf 1971.
- <sup>17</sup> KETTNER, H.: Problematik geruchsbelästigender Stoffe. In: Geruchsbelästigende Stoffe, Schr.-Reihe Wasser-Boden-Lufthygiene Nr. 35 (1971), S. 7/8.
- <sup>18</sup> LEONARDOS, G., KENDALL, D., and BARNARD, N.: Odor threshold determination of 53 odorant chemicals. J. Air Poll. Contr. Assoc. 19 (1969), Nr. 2, S. 91/95.
- <sup>19</sup> LINDVALL, T.: On sensory evaluation of odorous air pollutant intensities. Nordisk Hygienisk Tidskrift, Supplementum 2, Stockholm 1970.
- <sup>20</sup> LINDVALL, T.: Methods for measuring and evaluating odorous air pollutants at the source and in the ambient air. Report of an International Symposium in Stockholm, Karolinska Institut Stockholm 1970.
- <sup>21</sup> MAY, J.: Geruchsschwellen von Lösemitteln zur Bewertung von Lösemittelgerüchen in der Luft. Staub 26 (1966), 385/388.
- <sup>22</sup> MONCRIEFF, R. W.: Odour preferences. Leonard Hill, London (1966).

- <sup>23</sup> MONCRIEFF, R. W.: The chemical senses, *ibid* (1967).
- <sup>24</sup> SOMERS, J. H., and KITTREDGE, G. D.: Review of federally sponsored research on diesel exhaust odors. *J. Air Poll. Contr. Assoc.* 21 (1971), Nr. 12, 764/769.
- <sup>25</sup> TURK, A., WITTES, J. T., RECHNER, L. R., and SQUIRES, R. E.: Sensory evaluation of diesel exhaust odors. US. Dept. Health, Education and Welfare, PHS, Contract No. 27-66-96 and CPA-69-528, NAPCA Raleigh, N. C. Febr. 1970.
- <sup>26</sup> WILBY, F. V.: Variation in recognition odor threshold of a panel. *J. Air Poll. Contr. Assoc.* 19 (1969), Nr. 2, S. 97/100.
- <sup>27</sup> WOHLERS, H. C.: Recommended procedures for measuring odorous contaminants in the field. (TR-2 Air Pollution Measurements Committee APM 4.) *J. Air Poll. Contr. Assoc.* 17 (1967), Nr. 9, 609/613.



# Wirkung von Luftfremdstoffen auf Kulturpflanzen

Von C. H ü l s e n b e r g

Die Kenntnis von der Wirkungsweise der in der Atmosphäre vorhandenen Schadgase auf die Pflanzenwelt erscheint auf den ersten Blick nicht unbedingt notwendig. Die grüne Pflanze ist jedoch ein sehr guter Indikator für auftretende Luftverunreinigungen, wie z. B. Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), nitrose Gase, organische Lösungsmittel, Kfz-Abgase und Halogenverbindungen. Fluor und Schwefeldioxid stehen mit ihrer Gefährlichkeit gegenüber Pflanzen dabei an der Spitze dieser Reihe. Die Flechte *Parmelia physodes* wird beispielsweise dazu benutzt, geringste  $\text{SO}_2$ -Gehalte in der Luft nachzuweisen. *Gladiolus spec.*, *Lilium spec.*, *Iris germanica*, *Hypericum perforatum* und *Berberis vulgaris* gelten nach *Bolay und Bovay* (1965) als Indikatorpflanzen für fluorhaltige Luftverunreinigungen.

Die grüne Pflanze benötigt zum Gasaustausch, d. h. zur Assimilation, die in den Blättern befindlichen Spaltöffnungen. Diese sind in der Regel tagsüber unter Lichteinfluß geöffnet und nachts in der Dunkelperiode geschlossen. Da die Immissionen vorwiegend über die Spaltöffnungen in die Pflanze gelangen, ist der Schädigungsgrad tagsüber größer als nachts. So konnten z. B. *Rohmeder und Schönborn* (1965) an Laub- und Nadelbäumen während einer Begasung mit  $0,1 \text{ mg F/m}^3$  eine Schadenzunahme mit steigender Lichtintensität feststellen. Der Pflanze dienen die Spaltöffnungen aber auch gleichzeitig als Regulativ der Transpiration. Liegt in der Pflanze eine negative Wasserbilanz vor, so schließen die Spaltöffnungen, und die Möglichkeit einer Schädigung wird geringer.

Diese Beispiele mögen die Vielfalt der Faktoren andeuten, welche bei gleicher Immissionseinwirkung zu unterschiedlichen Schäden an Pflanzen führen können. Begrenzend für den Gehalt an immissionsbedingten Schadstoffen in der Pflanze ist somit einerseits ihr physiologischer Zustand, und andererseits spielen orographische, edaphische und klimatische Faktoren eine große Rolle.

Dringen nun Schadstoffe aus der Luft über die Stomata in die Pflanze ein, so wird vorwiegend das chlorophyllhaltige Mesophyll geschädigt. Bedingt durch die Beeinflussung enzymatischer Vorgänge in der Pflanze, wird auch deren Atmung betroffen. Eine Störung der Photosynthese wiesen *Yang und Miller* (1963) über den Zuckergehalt der Pflanze nach. *Weinstein* (1961) konnte in seinen Begasungsversuchen mit Fluor zu Bohnen und Tomaten zeigen, daß in begasteten Tomatenblättern der RNS-Phosphorgehalt deutlich geringer war als in unbegasteten. Die Bohnenpflanzen wiesen diese Unter-



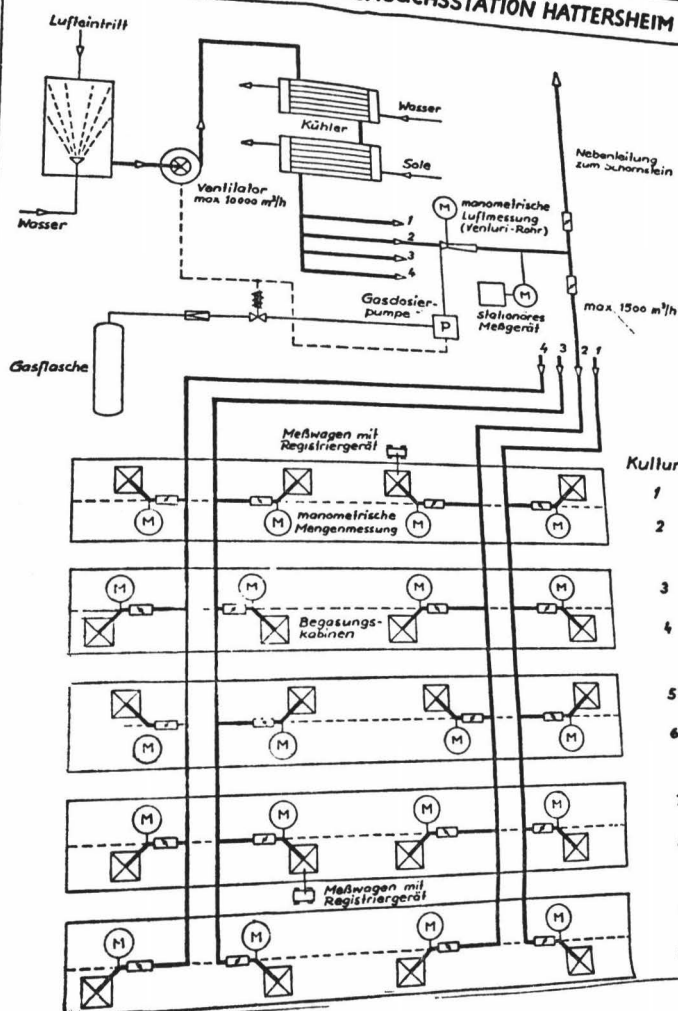
schiede jedoch nicht auf. Eine Schädigung des Mesophylls führt anfangs zu partiellen Verfärbungen der Blätter, späterhin zu Blattnekrosen und schlimmstenfalls zu einer totalen Vernichtung der Pflanze. Die Schadsymptome sind dabei an Monokotylen und Dikotylen oft recht unterschiedlich in ihrem Erscheinungsbild. Derzeit sind in NR-Westfalen etwa 50 000 ha Wald geschädigt. Im Kern des Ruhrgebietes, wo erhebliche Mengen Schwefeldioxid und Fluor emittiert werden, sind Kiefernbestände fast ausgestorben. Da Fichte, Kiefer und Tanne ihre Nadelblätter normalerweise 2—3 Vegetationsperioden behalten, werden sie tiefergreifend geschädigt als Laubbäume, die ihre Blätter am Ende der Vegetationsperiode abwerfen.

Zu einer wesentlichen Komponente der Luftverunreinigung ist in jüngster Zeit Chlorwasserstoff geworden. Chlorgas- bzw. Chlorwasserstoff-Emittenten können sowohl chlorherstellende als auch chlorverwendende Betriebe sein, wie z. B. die Düngemittelindustrie, Emaille- und Porzellanfabriken sowie Kunstwollefabriken. Auch können bei der Chlorierung von organischen Stoffen oder bei der chlorierenden Röstung von Erzen diese schädlichen Gase entweichen. Aber auch Müllverbrennungsanlagen sind eine Emissionsquelle für HCl, welches vorwiegend bei der Verbrennung von PVC entsteht. Der derzeitige Kunststoffanteil im Hausmüll beträgt 2,5—3,5 %, wovon 0,5—0,7 % aus PVC bestehen. Dieser PVC-Anteil wird sich in Zukunft auf etwa 1 % erhöhen.

Um die Wirkung dieses Schadgases (HCl) auf Pflanzen zu prüfen, wurde im vergangenen Jahr auf dem Versuchsfeld Hattersheim bei Frankfurt/Main mit Chlorwasserstoffbegasungen von Kulturpflanzen begonnen. Die Pflanzen verblieben von der Aussaat bis zur Ernte unter Freilandbedingungen auf den Kulturbeeten. Über die einzelnen Kulturen wurden während der Begasung Kleingewächshäuser mit einer Grundfläche von 2,5 m<sup>2</sup> gestellt und diese an ein unterirdisch verlegtes Rohrsystem angeschlossen. Ein Ventilator drückte dann durch diese Rohre ein definiertes HCl-Luftgemisch in die Kleingewächshäuser, so daß hier ein 80facher Luftwechsel/h vorlag. Die Erfassung der HCl in der Luft erfolgte mittels umgebauter Wösthoff-Geräte und Impinger. Der Gesamtchloridgehalt im Boden und in der Pflanzensubstanz wurde mittels einer potentiometrischen Titration in dem Filtrat eines Warmwasserausgusses bestimmt. Alle Ergebnisse sind auf die nur mit Außenluft behandelte Kontrollparzelle bezogen.

Im Verlauf der Vegetationsperiode wurden Möhren der Sorte „Nantaise“ im Abstand von 10, 14 und 18 Wochen nach der Aussaat jeweils 20 oder 35 Stunden lang mit 0,3—0,4 ppm HCl begast. Bei der Ernte zeigte sich, daß die im Jugendstadium begasten Möhren größere Ertragsverluste aufwiesen als die zuletzt behandelten. Der Gesamtchloridgehalt im Möhrenkraut — Trockensubstanz (TS) — betrug zwischen 16 und 21 mg Cl/g TS

# PFLANZENBEGASUNGS-VERSUCHSSTATION HATTERSHEIM



und im unbehandelten Kraut zwischen 13 und 14 mg Cl/g TS. Der Chloridgehalt des inneren Teiles der Möhre lag mit durchschnittlich 2,78 mg Cl/g TS um 0,44 mg Cl/g TS höher als jener in der Schale. Ein Unterschied im Cl-Gehalt großer, ungeschälter Handelsware und kleiner, nicht verkaufsfähiger Ware bestand nicht (2,55 mg Cl/g TS). Ebenso verhielten sich Kartoffeln der Sorte „Frigga“ — auch hier war im Chloridgehalt kein Unter-

schied zwischen großen und kleinen Knollen festzustellen. Der Cl-Gehalt betrug 2,28 mg Cl/g TS. Aber die Kartoffel speicherte, im Gegensatz zur Möhre, in der Schale 0,54 mg Cl/g TS mehr als im Innern. Verglichen mit der Luftkontrolle nahm der Cl-Gehalt in den Knollen der begasten Pflanzen nur unwesentlich zu; äußerliche Schäden am Laub waren in beiden Versuchen nicht zu erkennen. Auch die ebenfalls behandelten Fichten zeigten keinerlei sichtbare Schäden. Das Möhrenkraut jedoch wies weißlich-graue Blattspitzen auf, das Blatt änderte den Farbton in ein Fahlgrün. Auch war parallel zur HCl-Immissionsdauer verlaufend der Anteil der kleinen, unverkäuflichen Ware größer. Eine 53stündige HCl-Begasung mit etwa 0,2 ppm bzw. 0,1 ppm bewirkte an jungen Rapspflanzen der Sorte „Lemges Winter-raps“ an den oberen Blatträndern eine graugrüne Verfärbung, und viele Blattspreiten wiesen kleine weiße punktförmige Verfärbungen auf. Durch die Begasung stieg der Chloridgehalt der Blattmasse von 15,1 mg Cl/g TS auf 16,8 bzw. 19,6 mg Cl/g TS. Eine Ertragsbestimmung konnte aus technischen Gründen nicht vorgenommen werden.

Die zur Zeit bestehenden MIK-Werte für Chlorwasserstoff sind in der VDI-Richtlinie 2106 vom Februar 1963 festgelegt. Diese — wahrscheinlich überhöhten — Grenzwerte, geben nach den derzeitigen Kenntnissen über die Schädlichkeit des Gases Anlaß zu einer Überarbeitung. Schwierigkeiten bereitet dabei vor allem die genaue Analyse des HCl-Luftgemisches bzw. die Absorption in einer Vorlage.

Unter Beschränkung auf ausgewählte gärtnerische Kulturen sollen in der kommenden Zeit auf dem Versuchsfeld Hattersheim weitere Untersuchungen zu diesem Problemkreis „HCl und Pflanze“ vorgenommen werden.

#### LITERATUR:

- BOVAY, E., und BOLAY, A.: La dispersion des gaz fluorés dans le central. Agric. romande IV A (1965), 33-36
- ROHMEDER, E., und v. SCHÖNBORN, A.: Der Einfluß von Umwelt und Erbgut auf die Widerstandsfähigkeit der Waldbäume gegenüber Luftverunreinigung durch Industrieabgase. Ein Beitrag zur Züchtung einer relativ rauchresistenten Fichtensorte. Forstw. Zbl. 84 (1965), 1-68
- WEINSTEIN, L. H.: Effects of atmospheric fluoride on metabolic constituents of tomato and bean leaves. Contr. Boyce Thompson Inst. 21 (1961), 215-231
- YANG, S. F., und MILLER, G. W.: Metabolism of carbohydrates, organic acids and amino acids. Biochem. J. 88 (1963), 505-509

*Anschrift: Wiss. Angestellter Dr. C. Hülsenberg, Versuchsfeld Hattersheim des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 6234 Hattersheim.*

# Die Bedeutung von Grünräumen und Pflanzen in der Stadt für die Gesundheit des Menschen

Von P. Mathé

## I.

### *Konkurrenzchance der Grünflächen und Erholungseinrichtungen in den Verdichtungsräumen*

Mit der Finanznot der Gemeinden und den steigenden Bodenpreisen in den Städten wird der Druck auf die Grün- und Freiflächen als zweckentfremdetes Nutzungsbegehren immer stärker. Einzelne Soziologen behaupteten, solche Flächen hätten nicht den geringsten Einfluß auf den Gesundheitszustand, die Gemüts- und Stimmungslage der Bürger, ihr lufterneuernder, lokalklimatischer und umwelthygienischer Einfluß sei gleich Null, sie unterstützten lediglich die Verübung von Verbrechen, das Stadstreicherwesen und seien außerdem unproduktive Verzierungen ohne wirtschaftlichen Nutzen und minderten nur die Baulandreserven.

Ein Ausgleich für beengtes Wohnen in mangelhafter Ausstattung, in schlechtem Milieu und in „dicker Luft“ ist das sogenannte „sanitäre oder Wohlfahrtsgrün“, das angeblich ästhetisch und sozial wirksam sein soll, sicher nicht<sup>1, 2</sup>. Die örtlich zweckmäßig verteilten und zugänglichen, ansprechend strukturierten und ausgestatteten Grünräume und Bäume wirken aber an der Gestaltung der Lebensumwelt Betroffener wesentlich mit. Von der sensiblen frühkindlichen Phase bis in das Alter findet der Städter in der Stadt mit deren belastigender Streß- und Reizüberflutung — ob bewußt oder unbewußt — in Verbindung mit Parkwald, Baum, Strauch, Hecke, Beet und Blumenfenster eine menschenwürdigere Umwelt, die ihm seine Anpassungen, Aufenthalte und Begegnungen erleichtert. Die Umgebung erscheint ihm mit den Pflanzen und ihren Beständen freundlicher, verbreitet sogar Behagen.

Im Siedlungsbereich sollte die Grünordnung tragender Bestandteil der Erholungs- und Rehabilitationsplanung sein. Die planerischen Möglichkeiten erstrecken sich vom Blumenarrangement und Alleebaum über Baum- und Buschgürtel, größere Parks und Waldzonen bis zur Schaffung zusammenhängender Grünssysteme als Teil einer umfassenden sozial- und luftygienischen Freiraumkonzeption. Wenn die in Grünräume eingebetteten Erholungsbereiche genügend Bewegungsfreiheit, eine auf ihre Funktionen zugeschnittene Ruheschutzplanung und -sicherung vermitteln und der Aufenthalt in ihnen nicht durch belastigende Gerüche, Feinstäube und Ruß vergällt wird, so trägt

ihre regelmäßige Benutzung und Passage zur Entmüdung, Entspannung und Erholung bei<sup>1, 4</sup>. Die Betrachtung und Beobachtung der innerstädtischen Natur im Wandel der Jahreszeiten können viele Streßerscheinungen, wie Monotonie oder geistig-nervöse Überforderung durch den Beruf, die Beanspruchung durch den aufreibenden Straßenverkehr oder den audiovisuellen Überkonsum, bis zu einem gewissen Grade kompensieren. Die im Urlaub und am verlängerten Wochenende in Naturparks und anderen schönen, ländlichen, küstennahen oder gebirgigen Gebieten mögliche gesunde Lebensweise mit engem Naturkontakt kann im Alltag der Stadt durch entsprechende gesundheitsvorsorgliche Lebensführung und Verhaltensweise nur dann fortgesetzt werden, wenn auch die tägliche Umwelt in ausreichendem Maße mit Grün- und Freiflächen ausgestattet und anspruchsgerecht mit Erholungseinrichtungen versorgt ist. Dazu gehören auch Parkplätze, Fuß-, Rad- und Reitwege, Sport- und Spielstätten, Bäder und Kleingärten in ausreichender Zahl und Verteilung.

Der geeignete Maßstab ist nicht der Frei- oder Grünraum je Kopf der Bevölkerung, sondern seine unmittelbare Verbindung mit den Wohnvierteln; denn lange An- und Rückfahrzeiten machen sonst das Plus an Wohlbefinden wieder zunichte. Gesundheitspflegliche Freizeitaktivitäten, Raumqualitäten und Naturgegebenheiten sind einander anzupassen<sup>5, 17, 18</sup>. Zum Einzugsgebiet einer Grünfläche rechnet der Planer ideal bis 5 Gehminuten oder 330 m und noch ausreichend 15 Gehminuten oder 1 km von der Wohnung.

Eine in vieler Hinsicht ergiebige umwelthygienische Erkenntnisquelle ist der Rhein-Ruhr-Raum zwischen Bonn und Hamm, der mit einer Bevölkerung von etwa 11 Mio Einwohnern beinahe so viele hat, wie die übrigen neun Ballungsräume des Bundesgebietes zusammen. Trotz der bekannten Belastungssituation gelang es z. B. der Industriestadt Duisburg, dem Terrain 41 m<sup>2</sup> Grünraum je Einwohner zugunsten der Grünordnung abzutrotzen. Dabei ist der dichter bebaute und stärker luftverunreinigte Norden der Stadt mit nur relativ kleinen Park/Waldflächen und höchstens 8–15 m<sup>2</sup> je Kopf schlecht versorgt und hat nicht zum Nahbereich der Grünanlagen gehörende Wohnzonen. Außerdem hinterlassen akute und chronische Immissionsituationen deutliche Spuren am Bilde der Vegetation. Der locker bebaute, luftgünstigere Südteil der Stadt hat einen hohen Park/Waldanteil von 57 m<sup>2</sup> je Einwohner in besserer Verteilung und wird durch das neue Erholungsgebiet der Sechs-Seen-Platte vortrefflich komplettiert<sup>41</sup>.

Bei der Betrachtung des Verhältnisses der Einpendler zu den Auspendlern\* im Ruhrgebiet fällt auf, daß im dicht bebauten und belasteten Nordteil viele

\* Pendler = Erwerbstätige, die auf dem Weg zur Arbeit mindestens eine Gemeindegrenze passieren.

Städter der mehr oder weniger belasteten Gesamtsituation ausgewichen sind und ihr Domizil in den noch ländlichen bzw. kleinstädtischen Nachbarbereich verlegt haben, wenn sie auch größtenteils noch im Kernraum des Ruhrgebiets arbeiten und dessen Infrastruktur in Anspruch nehmen. Im Süden mit günstigeren Wohnverhältnissen pendeln viele täglich zur Arbeit in den Dienstleistungsbereich, in den Handel, das Geld-, Versicherungs- und Verkehrswesen außerhalb des Ruhrgebiets. Abwanderungen und Pendelbewegungen sind oft auch Ausdruck einer individuellen Gesundheitsvorsorge durch Inanspruchnahme besserer Umweltqualitäten, nicht nur der wirtschafts- und verkehrsstrukturellen und sozialen Verhältnisse<sup>7, 8</sup>.

Sollten die Berechnungen von *Fourastié*<sup>22</sup> für das Jahr 2000 zutreffen — das muß bei kritischer Würdigung aller Imponderabilien und Krisenherde allerdings bezweifelt werden —, daß je Menschenleben nur noch 40 000 über 33 Berufsjahre verteilte Arbeitsstunden anzusetzen sind, so ergibt sich, daß bei erhöhter Lebenserwartung ein steigender Bedarf an wohnungsnahen Grünräumen entstehen wird. Diese sind für eine sinnvolle Erfüllung gewonnener Freizeit bereits heute einzuplanen und zu sichern.

Die Stadt München hat nur 25 m<sup>2</sup> Grün je Einwohner, baut in die 250 ha Olympiagelände 77 ha öffentliche Grünfläche und 8 ha Seenfläche ein<sup>21</sup>. Ein Verein zur Sicherstellung überörtlicher Erholungsgebiete erschließt und betreut die Gesamtregion seit 1965 und konnte noch manches Seeufer dem Gemeinwohl erhalten.

Die lufthygienisch-meteorologische Modelluntersuchung in der regionalen Planungsgemeinschaft Untermain ermittelt den Grad der Notwendigkeit, ein Netz großflächiger Freiräume oder regionaler Grünzüge offenzuhalten und zu sichern, deren Wirkungen dem gesamten Verdichtungsraum Frankfurt-Hanau-Offenbach zugute kommen sollen. Im Waldbereich werden zunächst Trinkwasserschutz, Bodenerosions- und Verkehrswegeschutz, Klima-, Immissions- und Sichtschutz als Funktionen berücksichtigt<sup>17</sup>.

Während im Frankfurter Raum, dessen hygienische Probleme mit denen des Ruhrgebiets nicht zu vergleichen sind, noch eine günstige Gitterverteilung des Grüns, zumindest in den Randbereichen, vorhanden ist, hat der Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk bei der dichteren Bebauung seit je den nord-südlichen Grünzugverlauf begünstigt, und es fällt jetzt schwer, grüne Ost-West- oder Südwest-Nordost-Verbindungen zu ergänzen<sup>7, 25, 26</sup>. Der Wirkungsgrad der Luftverbesserung, Naherholung und Gliederung der Siedlungskomplexe hätte bei engmaschigeren Grünräumen verstärkt werden können. Ein Bebauungsverzicht zugunsten einer intakten, gepflegten Grün-ausstattung, mit sowohl reizvollem als auch resistentem Pflanzenmaterial, fördert die Anziehungskraft und Rekreatiionsqualität einer Großstadt. Ein gehobener Wohn- und Freizeitwert hat für die betroffene Bevölkerung nicht

nur volksgesundheitliche, sondern auch erhebliche volkswirtschaftliche Konsequenzen, denn ein spürbarer Mobilitätstrend mit Wohnsitz- und Arbeitsplatzwechsel kann die Abschreibung kostspieliger öffentlicher und privater Investitionen und Infrastrukturen in Frage stellen<sup>5, 6, 8</sup>.

Einige Verdichtungsräume versuchen neuerdings durch schwerpunktmäßige Anlage „regionaler Freizeitparks“ (Freizeitbereiche, Revierparks usw.) von etwa 20 bis 25 ha Größe im Grenzbereich benachbarter Städte die Wochenend- und Tageserholungsmöglichkeiten zu konzentrieren. Die eine Hälfte eines solchen Areals soll mit Anlagen für Spiel, Sport und Schwimmen, die andere für die „stille Erholung“ ausgestattet werden<sup>8</sup>. In der Praxis bestehen aber oft Gefahren der Kommerzialisierung (Klein-„Las Vegas“, Autokino, Minidom, Märchenzoo, Löwensafari), die dem Geldbeutel abträglich sind und das Wohlbefinden der Besucher nicht wesentlich heben. Die Verkehrsbelastung fällt zeitweise ins Gewicht, und es fehlt die erwähnte Naherreichbarkeit der Wohnung. Eine starke Auffächerung der Angebote altersgemäßer Betätigungsmöglichkeiten wird den hygienischen Anforderungen am ehesten gerecht. Kinder bevorzugen in Wald- oder Baumkulissen eingebettete Spielplätze (Abenteuer- oder Robinson-Spielplätze) und Bewegungsspiele, Bolzplätze, im Sommer Wasserspielplätze, im Winter Eis- und Rodelbahnen. Wenn nach den Erhebungen der Deutschen Olympischen Gesellschaft noch mindestens 31 000 Kinderspielplätze in der BRD fehlen, die für die Prägung, die physische Entwicklung und das psychische Gleichgewicht der Kinder und Jugendlichen gleich förderlich sein könnten, kann man nur hoffen, daß die Hygieniker künftig noch mehr Gelegenheit erhalten, die Aufstellung oder Änderung von Flächennutzungsplänen, Ortsbebauungsplänen und die Gestaltung von Freizeitgelände aus der Sicht der Gesundheitsvorsorge mit zu begutachten.

Erfreulicherweise bekommt das kombinierte Hallenfreibad und das umgrünte heizbare Freibad — möglichst in allen Stadtteilen — eine wachsende Chance der Verwirklichung.

Neben der Ermutigung zu allen konventionellen Sportarten und Bewegungen in der Natur fördern einige Städte die Anlage von kostenlos benutzbaren „Trimmstrecken“ und „Gesundheitspisten“ in ihren Grünräumen, die am richtigen Standort bei jung und alt regen Zuspruch finden. Auch diese „Parcours“ sind Werkzeuge der Humanisierung unserer Umwelt. Einige Strecken und Baukörper imitieren naturnahe Hindernisse, andere Gegenstände (Rundhölzer, Ringe, Balken) unterstützen die auf einprägsamen, schnell erfaßbaren Tafeln empfohlene Bewegungsgymnastik. Mit geringem Aufwand und bei hoher Aufnahmekapazität vermitteln solche Einrichtungen ein häufiges, kurzes, aber bewegungsreiches und harmonisches Körpertraining.

## II.

*Einige Relationen zwischen Grünraum, Stadtklima und Luftverunreinigungen*

Die vom horizontalen und vertikalen Luftaustausch abhängige Lufterneuerung wird auch durch Grünräume, die beide Bewegungen beeinflussen, geprägt. Wälder oder Baumkronenoberflächen absorbieren mehr Sonnenstrahlung als jede andere Vegetation oder Bebauungsfläche. Im oberen Kronendrittel werden  $\frac{2}{3}$  der Strahlung umgesetzt. In einer Schönwetterperiode werden 63 % für die Verdunstung verbraucht, 31 % als fühlbare Wärme an die Luft über dem Bestandsraum abgegeben, und nur 5,5 % erwärmen Boden, Pflanzenmasse und Bestandsluft.\* In dicht bebauten Stadtteilen ist die Wärmeabstrahlung durch Windabschwächung, durch die „Luftkissen“ in Bodennähe, durch die Dunstglocke und die Aerosolanreicherung behindert<sup>9, 12, 20</sup>. Infolge des Kanalisationsverlustes im Bebauungsgelände (etwa  $\frac{1}{3}$  des Niederschlags) und eines entsprechenden Mangels an Verdunstungskühle ist die relative Luftfeuchtigkeit vermindert. Bei 600 mm Niederschlag bleiben etwa 120 000 kcal/Jahr u. m<sup>2</sup> für die Kühlung ungenutzt. Die Überwärmung beträgt zwar in der Stadt im Jahresmittel nur 0,5–1,5° C. Im Tagesgang können die Stadtzentren aber an windstillen oder -armen Tagen 4–10° C wärmer sein als das Umland. Bei eigenen Stichprobemessungen zwischen einer Ödlandaufforstung (freie Stelle) und einem 60 m entfernten fast niveaugleichen Punkt zwischen Bebauung und Straße betrug die Differenz abends mehrfach 3–4° C und bis zu 7 % relative Luftfeuchtigkeit in Bodennähe. Dunst schluckt etwa 10–20 % der Einstrahlung und insbesondere den kurzwelligen Bereich. Nebelhäufigkeit, Schwüle, Luftverunreinigungen, besonders bei Inversionswetterlagen, die Reflexion der eingestrahnten und eigenerzeugten Wärme an den Baumassen und die konvektive abendliche Rückkehr von Luftmassen in den Stadtkern verschlechtern Bioklima und Luftqualität. Aus meteorologischen und aerodynamischen Berechnungen läßt sich ableiten, daß eine zweckmäßige Durchsetzung der städtischen Kernbebauung mit Grünzonen und Freiräumen bis in grüne Umlandbereiche die Stadtklimaextreme mindern, die Luft- und Umweltbedingungen bessern kann. Außerdem wird die Luftumwälzung zwischen Grünräumen mit größerem Laubvolumen und benachbarten Straßen, Dächern und Baumassen an Abenden und bei flachen Druckgradienten begünstigt. Der ausgleichende Einfluß wirkt aber leider nicht tiefer in das

\* Bei einem Aufenthalt unter Bäumen besteht eine bessere Annäherung an die Behaglichkeitstemperatur des Menschen und eine Überwindung des stadtklimatisch bewirkten Unbehagens im Bebauungsraum.



enger bebaute Gebiet hinein<sup>20</sup>. Im Idealfall verlaufen viele radial und netzartig verbundene kleinere Parks und breite Grünstreifen längs der Ausfallstraßen vom Stadtkern bis zu größeren Erholungsräumen am Stadtrand, denn von dort kommt die Lufterneuerung<sup>9, 10, 11</sup>. Bei begrünten Terrassenhäusern bietet die Stadtvegetation mehr Entwärmungsmöglichkeiten als bei der heutigen Bebauungsart. Kosten und Nutzen stehen jedoch im Dachbereich selten in günstiger Relation. Nadelhölzer haben zwar — sommergrünen Laubhölzern gegenüber — auch im Winter nennenswerte Effekte, sind aber — vor allem im Niveau von Hausbrandkaminen — gegen Immissionen weniger resistent.

Zwar kann ein Rasen 2- bis 6mal mehr Grobstaub fixieren als eine Glasfläche oder 2mal mehr als vaselinebestrichenes Papier, laub- und zweigreiche Bäume und Büsche sind jedoch noch viel wirksamere Staubfallen<sup>11</sup>. Die Oberfläche eines 76jährigen Fichtenbestandes beträgt das 23fache der Standfläche oder Kronenprojektion, wobei 83 % auf die Nadeln, 12 % auf das Reisig und nur 4 % auf die Schäfte entfallen. An Buchen mit zentripetaler Wasserableitung findet man im Ruhrgebiet oft ganze Krusten angeschlammten Staubes am Stammfuß. Locker und stufig gegliederte, durchblasbare, möglichst hohe Waldstreifen mit 40—50 % durchlässigen Luvrändern oder Träufen und hintereinander gestaffelte, kombinierte Baum- und Buschreihen, die senkrecht zur Emittentenrichtung liegen, erleichtern bei der Durchsiebung den Kontakt mit der großen inneren Oberfläche eines dicht beblätterten oder benadelten Standraums<sup>9, 10, 11</sup>. Baumkronen und Gebüsche erhöhen die turbulente Windunruhe und verwirbeln das Immissionsangebot je nach Durchblasbarkeit.<sup>26</sup>

In drei niederschlagsfreien Sommerwochen können die Blätter und Nadeln von Immergrünen 10—30 mg Staub/100 cm<sup>2</sup>, in drei Winterwochen — bei höherem Angebot — das 2- bis 7fache adsorbieren. Befeuchtung, Rauigkeit, Klebrigkeit, Behaarung und elektrostatische Aufladung der Oberflächen wirken mit<sup>14</sup>. Schneebedeckung steigert die Sorptionsrate erheblich, die mit den periodischen Niederschlägen dem Boden einverleibt wird.

Die Luftbewegung nimmt — nach Faustzahlen — um wenigstens 10 % im Bereich der 5fachen Höhe vor und der 25fachen Höhe hinter dem Grünraum ab. Bei dichten Pflanzungen sinken die Staubwerte — nach luvseitigen Maxima — innerhalb der Bestände rasch, erreichen bei stärkerer Verwirbelung im Lee ihr Minimum und steigen mit einem gewissen Abstand wieder. Ein Großteil der Luftbeimengungen, vor allem kleinere und leichtere Kerne des Aerosols, werden mit erhöhter Windgeschwindigkeit oder in den verdichteten Stromlinien über das Hindernis hinweggeführt, bis sie mit der Verlangsamung der Strömung im Lee wieder sinken.

Bei lockeren, durchblasbaren Grünräumen dringen die Strömungen samt Fremdbestandteilen ein, und die Maxima der Staubkonzentrationen liegen dicht hinter dem Schutzgürtel.

In bestimmten Abständen wiederholte Strömungsbarrieren verschiedener Dichte und Durchblasbarkeit sind am wirksamsten. Konzentrische, mit grünen Radialverbindungen versehene Anpflanzungen und breite Abpflanzungen von Industriegebieten oder -bezirken können ein zusätzlich wirksames Korrektiv der Staubbelastung sein und die Maßnahmen der Emissionsverminderung an den Quellen unterstützen. Mit den Kondensationskernen werden auch Vehikel für Mikrobenkeime und toxische Substanzen (Pb-, Zn-, Mn-Verbindungen, Benzpyrene u. a.) in der bodennahen Luft der Grünzonen aus dem Verkehr gezogen. Als Einschränkung sei betont, daß wirksame Flurwindeffekte und kleine Luftkreisläufe auf bestimmte Wetterlagen, z. B. auf windschwache Strahlungstage und -nächte mit zonalen Hochdruckbrücken, beschränkt sind und daß Bäume zwar Schattenspender, aber dichte Bestände auch Windbarrieren sein können.

### III.

#### *Beziehungen zwischen dem Gasstoffwechsel der Pflanzen und dem Immissionstyp*

Das freie Vorhandensein von Sauerstoff in der Atmosphäre ist fast ausschließlich der Photosynthese und der Assimilation-Transpiration grüner autotropher Pflanzen zu verdanken. Sauerstoffgewinne durch Photolyse von Wasserdampf sind für die Biosphäre belanglos. Der gesamte Sauerstoff der Erdatmosphäre wird auf  $2\text{--}1,3 \times 10^{15}$  t geschätzt<sup>32, 38</sup>. Bei diesem riesigen „Polster“ sowie dem relativ raschen Austausch innerhalb der Ökosphäre bestehen — trotz des Raubbaus —, global gesehen und nach sorgfältigen Messungen, keinerlei Anzeichen einer O<sub>2</sub>-Abnahme in unserem Jahrhundert. Da in Ballungsgebieten der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft kurzfristig von 0,03 % auf maximal 0,06 % steigen kann, was einer Abnahme des O<sub>2</sub>-Gehalts von 20,99 auf 20,96 % entspricht, scheint es, daß man letztere völlig vernachlässigen kann. Zudem limitiert auch der CO<sub>2</sub>-Gehalt, je nach Lichtintensität, die Photosyntheseleistung mit.

Ein Hektar Grünraum entzieht der Luft während der Hauptvegetationszeit in 12 h etwa 900 kg CO<sub>2</sub> und gibt gleichzeitig 600 kg O<sub>2</sub> ab, und eine alte Buche, die 1,7 kg O<sub>2</sub>/h produziert, 2,35 kg CO<sub>2</sub>/h verbraucht, speichert in ihrem Holz das CO<sub>2</sub> von 40 Mio m<sup>3</sup> Luft<sup>18, 34, 35</sup>. 150 m<sup>2</sup> Grünraum deckt mit 300 kg O<sub>2</sub>/Jahr den Atmungsbedarf eines Menschen. Die städtischen Verbrennungsvorgänge, z. B. aus Hausbrand, Verkehr, Industrie, erfordern

aber anteilig mindestens die 100fache Sauerstoffmenge. Die zunehmende Bebauungsrate, die in der BRD vor einigen Jahren noch auf 260 km<sup>2</sup>/Jahr geschätzt wurde, vermindert theoretisch die jährliche Sauerstoffproduktion um 150 000—200 000 t O<sub>2</sub>. Der Grünraum der BRD produziert durchschnittlich 200 Mio t O<sub>2</sub>/Jahr, wovon nur etwa 72 Mio t für das menschliche und tierische Leben verbraucht werden<sup>42</sup>. Durch Nutzung der Primärenergie werden 1975 aber voraussichtlich 850 Mio t Sauerstoff verbraucht, wenn man den Energieprognosen von Esso oder Shell folgen darf<sup>36, 37</sup>. Die maschinelle Kultivierung in der Land- und Forstwirtschaft steigert den Bodenatmungsanteil und die Sauerstoffzehrung. Die Immissionen intensivieren sauerstoffzehrende Korrosions- und Verwitterungsvorgänge bzw. Oxidationen an allen Oberflächen. Die Überschußleistung der Ozeane mit — nach Handbüchern — höchsten  $3 \times 10^9$  t O<sub>2</sub>/Jahr ist bei der zunehmenden Kontamination sehr umstritten, insbesondere die Sauerstoffergiebigkeit für die Atmosphäre<sup>38</sup>. Die Begrünung sollte sich — bei steigendem Lebensstandard in den Verdichtungsräumen und deren Nachbarschaft — bei kürzestem Weg zum maximalen Sauerstoffverbrauch, zur Abschwächung der Entropie, aber auch des Mißbehagens sicherheitshalber auf alle biotisierbar zu machenden Flächen ausdehnen. Die Rationalisierung und Konzentration des Primärenergieverbrauchs, die Einschränkung des Energieanteils für Luxusproduktion und -verbrauch, die Begünstigung von Verkehrsmitteln mit hohem energetischen Wirkungsgrad und die Steigerung der Bodenfruchtbarkeit durch Humus- und Kompostwirtschaft — bei Ausnutzung aller Biotisierungshilfen — gehören mit zur langfristigen Gesundheitsvorsorge im weiteren Sinne.

Im Gegensatz zum wiederholt nachgewiesenen Entstaubungseffekt ist die Filterwirkung von Grünräumen gegenüber Fremdgasen, wie CO und SO<sub>2</sub>, selten gemessen worden. Im Bestandsinnern bedarf das Abklingen eingedrungener Gaskonzentrationen häufig längerer Zeit als im Freiland. Ebenso, wie man auf die Assimilationsleistung von Beständen nicht aus CO<sub>2</sub>-Messungen innerhalb und außerhalb von Waldbeständen schließen kann, läßt sich ein etwaiger Sorptionseffekt für SO<sub>2</sub> auf diese Art nicht beweisen. Man müßte vielmehr an ausgewählten Beständen in sehr aufwendiger Weise ganze Luftprofile über den Kronen, im Kronenraum, im Bestandsraum, sowie die Luftbewegung für den Luftwechsel langfristig messen und das am Bewuchs herabrinnende Traufwasser im Bestand und außerhalb den Niederschlag untersuchen.

In einer 3monatigen Meßreihe des Querprofils (230 m) vom Rheinuferpark bei Rheinhausen haben wir in der Vegetationszeit 1970 die 50-0/-Werte der Summenhäufigkeit bei SO<sub>2</sub>-<sup>1</sup>/<sub>2</sub>h-Mitteln auf Stadt- und Rheinseite in etwa gleicher Größenordnung mit 60 und 66 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> Luft ge-

messen. Die 95-<sup>0</sup>/<sub>0</sub>-Werte waren auf der Stadtseite mit 360 gegenüber 250, die 97,5-<sup>0</sup>/<sub>0</sub>-Werte mit 465 gegenüber 318  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$  Luft erhöht, obwohl hier nicht die Immissionsflanke zu den nächsten und stärksten Emittenten liegt.\* Die dichte Aufforstungsbestockung wirkt im langfristigen Mittel vorwiegend als ableitendes, kompaktes Strömungshindernis für das Immissionsangebot. Eine Aufgliederung der Meßergebnisse nach Windrichtungen und -stärken läßt, je nach Wetterlage, einmal die Abschirm-, das andere Mal die Sorptionsfunktion deutlicher hervortreten. Ein nach Niederschlägen gründlich durchfeuchteter Grünraum hat auch für Gase eine nennenswerte Sorption. Die Bezeichnung „Grüne Lunge“ der Phytosphäre mit „CO<sub>2</sub>-Einatmung und O<sub>2</sub>-Ausatmung“ ist nicht wörtlich zu nehmen, da ihre Stoffbilanz eine Relation von Assimilation und Atmung ist und der Sauerstoff dem Wassermolekül entstammt. Der ökologisch-ökonomische Koeffizient als Quotient aus Tagesdurchschnittswerten der Assimilation/h und der Atmung/h beträgt bei Nadelholzarten etwa 2,5—5, bei Laubholzarten 4—8, bei Hochleistungs-Pappeln und Sonnenblumen aber 10—50<sup>35</sup> mit einer entsprechenden CO<sub>2</sub>-Bindung und O<sub>2</sub>-Freisetzung.

#### IV.

##### *Lärmdämmung durch Grünraum*

Die Dämpfung des Lärms durch Grüngürtel, die mehr auf Reflexion als auf Absorption durch Resonanzschwingungen vibrierender Pflanzenteile beruht, ist nach Messungen gering<sup>15, 16, 29</sup>. Der Wirkungsgrad von freistehenden Wällen oder Wänden ist wesentlich höher<sup>16, 29</sup>. In Wohn- oder Erholungsgebieten wird man zur Herabsetzung der Störpegel Kombinationen künstlicher Hindernisse mit Hecken und Pflanzungen bevorzugen. Es muß aber erwähnt werden, daß dichter, mehrstufiger Wald den Lärmpegel — gemittelt über alle Schallfrequenzen — um etwa 0,16 dB\*\*/m vermindert, so daß 200—250 m Wald den Verkehrslärm ebenso dämmen wie 2000 m freies Feld. Je nach Struktur und systematischem Aufbau kann in günstigen Fällen auf 50—100 m eine Schallminderung von 10—20 dB, und zwar vor allem

\* Vergleichsweise wurden von uns im Grünraum/Wohnraum-Mischgebiet rechtsrheinisch zwischen City, Rhein und Hafen Duisburgs in der Vegetationszeit 1969 die 97,5-<sup>0</sup>/<sub>0</sub>-Werte der <sup>1</sup>/<sub>2</sub>h-Mittel zu 970  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$  Luft ermittelt. In 15,5 % der Meßzeit wurden 400  $\mu\text{g}$ , in 2—4 % 750  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$  Luft überschritten. Die Tagesmittel-Maxima für Fluoride lagen bei 12  $\mu\text{g F}/\text{m}^3$ , für Chloride bei 695  $\mu\text{g Cl}/\text{m}^3$  Luft.

$$^{**} 1 \text{ dB (Dezibel)} = 10 \lg \frac{I_1}{I_2} = 20 \lg \frac{P_1}{P_2}.$$

Dabei ist  $\frac{I_1}{I_2}$  = Schallstärkeverhältnis und  $\frac{P_1}{P_2}$  = Schalldruckverhältnis.

im höheren Frequenzbereich über 1000 Hz, insbesondere zwischen 4000 und 11 200 Hz (Max. bei 8000 Hz) erreicht werden. Am wirkungsvollsten schirmen Bäume und Büsche mit großen, dicken Blättern (z. B. *Rhododendron catawbiense grandifl.*, *Viburnum rhytidophyllum*, *Hedera helix*, *Ilex aquifolium*) oder mit einer schuppen- bis mosaikartig füllenden Blattmasse (*Platanus*, *Acer*), auch mit dichten Nadel- und Zweigpolstern (*Taxus*, *Juniperus*, *Cedrus*, *Chamaecyparis*) Lärmlästigkeit ab. Lange Belaubungsdauer (Immergrüne Wintertrockenlaub, wie bei *Quercus robur*) und hintereinander gestaffelte, bis zum Boden reichende Laubschirme und -träufe sind ebenfalls wirksam<sup>15, 16, 29</sup>. Begrünte und blütenreiche Wände aus gepreßtem Torf und Montagegärten mit Hydroponik können gelegentlich für die Lärmdämmung eingesetzt werden.

## V.

### *Rechtsstand für Fragen der Erholungs-, Entlastungs- und Grünräume in der Stadt*

„Wir erleben eine Renaissance der allgemeinen, der Umwelthygiene, die wieder größere Aufgaben und geänderte Akzente bekommt“, sagte kürzlich Frau Minister Strobel bei der Beratung des Gesundheitsberichts am 12. 3. 1971, und die praxisnahen Ideen und Thesen vor 50 bis 40 Jahren sind heute ganz themenrelevant.

Das preußische „Gesetz zur Erhaltung des Baumbestandes und zur Erhaltung und Freigabe von Uferwegen im Interesse der Volksgesundheit“ vom 29. 7. 1922 wurde vom Regierungspräsidenten, im SVR-Bereich vom Verbandspräsidenten, überwacht. In Nordrhein-Westfalen wurde es am 1. 12. 1949 durch Verlängerung der Nutzungsbeschränkungsfrist auf 30 Jahre novelliert. Es ermöglichte dem Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, die im Verzeichnis eingetragenen „Verbandsgrünflächen“ langfristig gegen Zweckentfremdung zu verteidigen, und gehört m. E. mit zu einer vorbildlichen Umweltprophylaxe. In der damaligen Zeit der Reformbewegungen erfolgte auch eine breite anschauliche Volksaufklärung für eine gesunde, naturgemäße Lebensweise, für Sport und Erholung in freier Landschaft, gegen Alkohol-, Tabak-, Drogenmißbrauch und Tbc-Risiko. Es sei nur an das Hygienemuseum in Dresden, die Gesolei in Düsseldorf und andere Hygieneausstellungen erinnert.

Vor 50 Jahren verfaßten aber auch R. Weldert und E. Tiegs eine Denkschrift. Aufgrund der darin erläuterten Argumente wurde unter dem Präsidenten Geheimen Medizinalrat Dr. M. Beninde am 25. 4. 1923 die Erweiterung der ehemaligen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung durch Ministerialerlaß in eine Landesanstalt für Wasser-,

Boden- und Lufthygiene verfügt, da die ständige Überschneidung der Probleme in den Ökosystembereichen und die Teamarbeit dies erforderlich machten. Ein Auseinander-Dividieren der Umwelthygiene-Teilbereiche wird erfahrungsgemäß dem Sachzusammenhang auf die Dauer nicht gerecht und würde einen Rückschritt bedeuten. Die Europäische Luftreinhalte-Charta und die Erklärung des Europarats über Grundsätze der Luftreinhaltung vom 8./9. 3. 1968 widmen der Erhaltung und Schaffung von Grünzonen besondere Aufmerksamkeit<sup>24</sup>. Es erscheint nicht abwegig, dem Entwurf des BMI zum Bundesimmissionsschutzgesetz vom 20. 8. 1971 einen entsprechenden Passus über Grünraum-Sicherung und ihre Bedeutung für die Gesundheit der betroffenen Menschen anzufügen.

Die Landschaftspflege wird voraussichtlich in allen Teilbereichen und in Weiterführung des Naturschutzrechts in einem neuen Bundesgesetz für Naturschutz und Landschaftspflege (Landespflegegesetz) sowie einem Bundesgesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft umfassend gesetzlich geregelt werden<sup>40</sup>.

Die Grünordnung im städtischen Bereich bedarf jedoch, z. B. im Städtebauförderungsgesetz, bei der Novellierung des Bundesbaugesetzes, der Bau-nutzungsverordnung und im Bundesraumordnungsprogramm, auch im Hinblick auf ihre Funktion für Wohn-, Freizeitwert und Gesundheitsvorsorge, dringend einer umfassenden gesetzlichen Regelung. Vorläufig besteht nur ein teilweiser, auf einige Länder oder Stadtstaaten eng beschränkter Grünordnungsschutz.\*

In den Erläuterungen zu den Leitsätzen für gesetzliche Maßnahmen auf dem Gebiet der Landespflege vom 3. 3. 1967 macht der Deutsche Rat für Landespflege — neben der Verbesserung des Immissionsschutzrechts — die Anlage von Waldstreifen und Schutzpflanzungen gegen technisch unvermeidbare Immissionen zur Pflicht. Diese Grünzonen müssen an ihrem Standort einerseits noch durch ein befriedigendes Ausharrvermögen und Gedeihen ausgezeichnet sein. Sie besitzen andererseits einen notwendigen Anspruch auf Schutz gegenüber schwerwiegenden phytotoxischen Immissionen, um abschirmende, filternde, umweltverbessernde Aufgaben für ein menschenwürdiges Wohlbefinden der Städter erfüllen zu können.

\* Grün- und Erholungsanlagengesetz in Berlin vom 3. 11. 1962, i. d. F. vom 17. 7. 1969, VO zum Schutze des Baumbestandes in Berlin vom 4. 12. 1961; desgl. im Lande Bremen vom 22. 3. 1966; VO zum Schutze des Baumbestandes und der Hecken in Hamburg vom 17. 9. 1948 und 20. 3. 1956; Gesetz zum Schutze des Röhrichbestandes in Berlin vom 17. 11. 1969; Polizeiverordnung zum Schutze der Roßkastanien vom 25. 9. 1937, i. d. F. vom 20. 12. 1954 in Hamburg; Gesetz zum Schutze der öffentlichen Grün- und Erholungsanlagen vom 3. 11. 1962, i. d. F. vom 17. 7. 1969 in Berlin; desgl. vom 18. 10. 1957, i. d. F. vom 2. 3. 1970 und VO vom 9. 12. 1958 in Hamburg.

## VI.

*Grünräume und Pflanzen als psycho- und sozialhygienische Arbeitsmittel*

Der Wert von Stadtwäldern, Parks, Gärten und Alleeebäumen ist nicht nur am biotechnischen und biochemischen Effekt, sondern auch an ihrem sozialen und psychischen Wirkungswert in Ballungsräumen zu ermessen. Wenn Baumreihen oder innerstädtische Grünanlagen weiterer Bebauung weichen sollen, protestiert die Bevölkerung stets leidenschaftlich und zäh mit Pressekampagnen für deren Erhaltung und Sicherung.

Die Identifizierung der Städter mit ihren „urban-industriellen Ökosystemen“ und ihre Beheimatung wird anscheinend durch die Erhaltung und Verbesserung der Grünstruktur erleichtert. Zweifellos können die Farben, Formen, Lichtreflexe, Silhouetten, Düfte, Bewegungen und Geräusche gern und oft besuchter Grünräume und -anlagen mitsamt ihrer Tierwelt im Wandel der Jahreszeiten bei den Erholungsuchenden „psychische Resonanz“ hervorbringen<sup>39</sup>. Die Bevorzugung der Wohnlagen vom Grunewald bis nach Dahlem in Berlin ist auch dem gut verteilten innerstädtischen Grün, seinem Reiz und Aroma, den Alleen, Hecken und Gärten zu verdanken. Selbst die Stadt Frankfurt hat in Straßen und Privatgärten noch 60 000 Bäume mit einem Brusthöhendurchmesser von über 20 cm, also fast so viel wie 900 ha Frankfurter Stadtwald. Die Begegnung mit ansprechender Pflanzenform und Natur kann für das kleine Kind wie für den nachdenklichen Erwachsenen und Alten ein Kraftfeld sein, das ihr Gemüt erleichtert, ihr Selbstwertempfinden stärkt und zur Bewegung, zur Aktivität und zum Verweilen im Freien ermuntert. Es ist erfreulich, daß in unserer reizüberfluteten, übersättigten Umwelt noch solche „Resonanzsituationen“ wirksam werden können und den Gesamtstreß lindern helfen.

Da täglich eigener Wille und Entschluß mitwirken müssen, um körperlich und seelisch ausgeglichen, das heißt gesund zu sein, spielen die Wahrnehmungsobjekte aus dem Naturbereich für die Möglichkeiten zur Selbstentfaltung eine nicht unwesentliche Hilfestellung. Eine dem „Fließgleichgewicht“ der Gesundheit förderliche Umwelt läßt sich nicht normen. Sie gibt es m. E. nur individuell. Wenn dem Organismus ein rhythmischer Wechsel zwischen Spannung und Entspannung oder Muße gegönnt wird, darf man auch mit psychophysischen Vorteilen für den Gesamtorganismus rechnen. Deshalb sollte man im Interesse der Gesundheit, insbesondere der Bewohner von Ballungsgebieten, den Wert kurzfristig erreichbarer Ausgleichs- und Entmüdungsräume nicht unterschätzen. Das öffentliche Gesundheitswesen sollte bei deren vorsorglicher Bereitstellung, Ausstattung und juristischen Absicherung tunlichst mitwirken.

## LITERATUR:

- <sup>1</sup> HEISS, F., und FRANKE, K.: Der vorzeitig verbrauchte Mensch, Stuttgart, 1964.
- <sup>2</sup> „Allgemeine Anforderungen an gesunde Wohnverhältnisse“, Schr.reihe der Ges. f. Wohnungs- und Siedlungswesen e. V., Hamburg, 1968.
- <sup>3</sup> FRANKE, M.: Erzogene Gesundheit, Angew. Hygiene, Bd. 1, Stuttgart, 1967.
- <sup>4</sup> LANGMANN, R.: Freizeitgestaltung und Freizeitparks aus der Sicht der Medizin, Das öffentl. Gesundheitswesen, 1970, H. 11, 610—617.
- <sup>5</sup> MAUSBACH, J.: Der Freizeitbereich — die Planung und Einrichtung von Erholungsgebieten als eine Möglichkeit zu seiner Ausfüllung, Mitteil. der Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege in Nordrhein-Westfalen, 2, 1971, H. 5, 119—120.
- <sup>6</sup> MACKENSEN, R., und ECKERT, W.: Zur Messung der Attraktivität von Großstädten, analysen und prognosen, Sept. 1970, 10—14.
- <sup>7</sup> SIEDLUNGSVERBAND RUHRKOHLENBEZIRK: Regionalplanung (Atlaswerk), Essen 1960, Industriestandort Ruhr, Essen, 1969.
- <sup>8</sup> LANDESREGIERUNG NORDRHEIN-WESTFALEN: Entwicklungsprogramm Ruhr 1968—1973, Düsseldorf, 1968.
- <sup>9</sup> BERNATZKY, A.: Klimawirkungen von Grünflächen und ihre Beziehungen zur Städteplanung, anthos, 5 (1960), H. 1, Basel.
- <sup>10</sup> BERNATZKY, A.: Die Bedeutung von Schutzpflanzungen gegen Luftverunreinigungen, Air Pollution, Wageningen, S. 383—395, 1969.
- <sup>11</sup> HENNEBO, D.: Der Einfluß von Grünanlagen in Großstadtgebieten auf den Staubgehalt der Luft, Dissertation Berlin, 1952, Staubfilterung durch Grünanlagen, Berlin, 1955.
- <sup>12</sup> FISCH, I., HORN, K., und MUSCHTER, W.: Grünflächen und Stadtklima, Z. f. d. gesamte Hygiene und ihre Grenzgebiete, 14 (1968), H. 12.
- <sup>13</sup> ZUNDEL, R.: Luftfilterung und Lärmdämpfung durch Straßenbegleitpflanzen, Forst- und Holzwirt, 10 (1965), 15—16, 223—224.
- <sup>14</sup> STEUBING, I., und KLEE, R.: Vergleichende Untersuchungen zur Staubfilterwirkung von Laub- und Nadelgehölzen, Angewandte Botanik, 44 (1970), H. 1/2, 73—85.
- <sup>15</sup> BECK, G.: Hinweise zur Anlage von Lärmschutzpflanzungen, Mitt.bl. des Landesverbands Gartenbau und Landwirtschaft Berlin, 18 (1967), H. 5, 1—5.
- <sup>16</sup> BECK, G.: Lärmbekämpfung mit Gehölzpflanzungen, Gartenwelt, 68 (1968), H. 20.
- <sup>17</sup> REGIONALE PLANUNGSGEMEINSCHAFT UNTERMAIN: Lufthygienisch-meteorologische Modelluntersuchung in der Region Untermain, Arbeitsberichte, Frankfurt/M., 1969—1971.
- <sup>18</sup> DÜRK, K. P.: Die hygienischen Funktionen des Waldes und ihre soziologischen, ökonomischen und forstpolitischen Auswirkungen, mit besonderer Berücksichtigung der Bedeutung des Waldes in den Erholungsreisegebieten, Hannover, 1965.
- <sup>19</sup> KIEMSTEDT, H.: Zur Bewertung der Landschaft für die Erholung, Stuttgart, 1967.
- <sup>20</sup> VOGLER, P., und KÜHN, E.: Medizin und Städtebau, Band 1 und 2, München, Berlin, Wien, 1957.
- <sup>21</sup> WILD, G.: Es grünt so grün. Die grünen Pläne Münchens, Kommunalpraxis, 1971, H. 1/2, 8—12.
- <sup>22</sup> FOURASTIE, J.: Die 40 000 Stunden, Düsseldorf, 1966.



- <sup>23</sup> BÄR, F.: Die Auswertung des Symposiums (der UNESCO-Biosphärenkonferenz Paris 1968) im Hinblick auf die Bedeutung für die menschliche Gesundheit. *Natur und Landschaft*, 44 (1969), H. 9, 239—242.
- <sup>24</sup> OELS, H.: Die Bedeutung der Europäischen Charta zur Reinhaltung der Luft für die Bundesrepublik Deutschland, *Bulletin* Nr. 19 vom 12. 2. 1969, 155.
- <sup>25</sup> DREYHAUPT, F. J.: Luftreinhaltung als Faktor der Stadt- und Regionalplanung, *Schr.reihe Umweltschutz des TÜV Rheinland e. V.*, Köln 1 (1971).
- <sup>26</sup> BAUMGARTNER, A.: Der Wald als Luftreiniger, *Allg. Forstzeitschrift* 20 (1965), 358 f.
- <sup>27</sup> FLEMMING, G.: In welchem Fall können Waldstreifen die Rauchgaskonzentration vermindern?, *Luft- und Kältetechnik* 1967, 255—258.
- <sup>28</sup> STELL, K. W.: Der Beitrag des Städtebaus und der Landesplanung zur Reinhaltung der Luft in Industriegebieten, *Schr.reihe d. Min. f. Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten — Landesplanungsbehörde —*, Düsseldorf, 1962.
- <sup>29</sup> MEISTER, F. J., und RUHRBERG, W.: Der Einfluß von Grünanlagen auf den Verkehrsräuschpegel, *VDI-Zeitschrift* 97 (1955), 1063—1067; Der Einfluß von Grünanlagen auf die Ausbreitung von Geräuschen, *Lärmbekämpfung* 1959, H. 1, 5—11.
- <sup>30</sup> BURHENNE, W., und Mitarbeiter: *Umweltrecht — Raum und Natur, Syst. Sammlung der Rechtsvorschriften, Entscheidungen und organisatorischen Grundlagen zur Raumordnung und Landespflege, sowie zur Nutzung und Erhaltung der natürlichen Hilfsquellen*. Berlin, 1962.
- <sup>31</sup> WELTE, D. H.: Organischer Kohlenstoff und die Entwicklung der Photosynthese auf der Erde, *Naturwissenschaften* 57 (1970), H. 1, 17—24.
- <sup>32</sup> MOHR, H.: *Pflanzenphysiologie*, Berlin, Heidelberg, New York, 1971, S. 352 bis 354.
- <sup>33</sup> MATHE, P.: Steuerung über Wechselwirkungen gasförmiger und riechbarer Substanzen im Ökosystem, *Schr.Reihe des Ver. Wasser-, Boden- u. Lufthyg.*, H. 35 (1971), 141—145.
- <sup>34</sup> WALTER, H.: *Einführung in die Phytologie*, Bd. 1—4, Stuttgart, 1962.
- <sup>35</sup> LYR, H., POLSTER, H., und FIEDLER, H. J.: *Gehölzphysiologie*, Jena, 1967.
- <sup>36</sup> HASSERODT, U.: Umweltprobleme bei der Energieumwandlung heute und morgen, aus: *Aspekte der chemischen und toxikologischen Beschaffenheit der Umwelt*, 1. Internationales Symposium München, S. 51—59, 1969.
- <sup>37</sup> POHL, P.: Das Ölzeitalter hat soeben erst begonnen, *Esso-Magazin* 3, 1970.
- <sup>38</sup> RUHLAND, W., STEINER, M., und Mitarbeiter: *Handbuch der Pflanzenphysiologie*, insb. Bd. VII/2, Heidelberg, Berlin, Göttingen, 1957.
- <sup>39</sup> PIPEK, M.: Das Problem der Psychohygiene des Stadtbewohners, aus: *Grün und Wasser in der Stadt*, *Schr.reihe der VDG* 1957, H. 2, 7—15.
- <sup>40</sup> BMI: *Materialien zum Umweltprogramm der Bundesregierung*, Drucks. VI/2710, Bonn, 1971.
- <sup>41</sup> PFIRSCHING, H. G.: *Park-/Waldflächen und ihre Einzugsgebiete in Duisburg, Stadt und Landschaft*, 1970.
- <sup>42</sup> PREUSCHEN, G.: Über den O<sub>2</sub> : CO<sub>2</sub>-Haushalt der Welt. 7. Int. Lebensschutntagung 4./6. 12. 1970 Wiesbaden (unveröffentlicht).
- <sup>43</sup> MATHE, P.: Immissionswirkungen auf die Gehölzvegetation im Ballungsraum, *European Journal of Forest Pathology*, im Druck.

*Anschrift: Wiss. Oberrat Dr. P. Mathé, Bundesgesundheitsamt, Außenstelle Düsseldorf, Auf'm Hennekamp 70*

# Experimentalphysiologische und psychophysische Aspekte zur Wirkung von Luftfremdstoffen

Von W. S i n n

Wir waren in den zurückliegenden Monaten damit befaßt, eine Experimentalanlage zu erstellen, mit deren Hilfe die Möglichkeit besteht, Tiere langfristiger und Menschen kurzfristig-intermittierender Einwirkung des Luftfremdstoffkomplexes „Automobilabgas“ auszusetzen.

Daß die einwirkenden Fremdgase außerhalb jeder den Menschen gefährdenden Konzentration bleiben müssen, ist ein technisch zwar aufwendig, aber mit absoluter Sicherheit zu lösendes Problem. Andererseits bieten gerade solche niederen Konzentrationen die Aussicht auf hohen Aussagegehalt der Ergebnisse in bezug auf *natürliche Expositionsbedingungen*, wenn es gelingt die damit zusammenhängenden experimentalkritischen und auswertungstheoretischen Probleme zu lösen.

Offenbar sind nicht Ergebnisse im Sinne *toxikologischer* Wirkungen im Bereich höherer Dosen zu gewinnen, sondern es muß auf Eingrenzung von *Schwellenkonzentrationen*, das sind solche, unterhalb deren keinerlei Wirkung mehr nachweisbar ist, ankommen. Gelänge es für jede Art Luftfremdstoff eine scharf definierte untere Grenzkonzentration im Sinne einer Wirkungsschwelle zu bestimmen und forderte man bei Aufstellung von Leitwerten („standards“) Wirkungslosigkeit der Fremdstoffe, so bedeuteten derartige Grenzkonzentrationen experimentell-physiologische gesicherte „Maximale Immissions Konzentrationen“ (MIK-Werte).

Nun ist aus der Sinnesphysiologie die Schwierigkeit der Schwellenreizermittlung seit langem bekannt. Denn diese „Nullschwelle“ erweist sich nicht nur von Qualität und Quantität und Modalitäten des Reizes abhängig, sondern wird ebenso von Ausgangslage des Zentralnervensystems, erbbedingter Konstitution, erworbener Kondition des Organismus oder der Rezeptoren bestimmt.

Die Analyse dieser global-kursorisch genannten Einflüsse auf das Reiz-Reaktionsgefüge des Einzelindividuums zu bewerkstelligen, heißt zunächst eine quantitative Differenzierung herauszuarbeiten und ferner den Versuch zu unternehmen, Grundgesetze und funktionelle Zusammenhänge zahlenmäßig zu definieren. Auf diesen funktionsanalytischen Zusammenhängen aufbauend, sollte und muß es das Endziel der Wirkungsforschung sein, Kausalanalyse anhand der Differentialgleichungen gefundener Integralfunktionen zu versuchen.

Als Beispiel einer solchen numerisch quantifizierbaren Funktion wird Abb. 1 dargestellt. Die Abbildung zeigt die Abhängigkeit der Reaktionszeit eines Rückenmarksfrosches (also reines Reflexgeschehen ohne Beteiligung des Gehirnes!) auf Säurereize verschiedener Konzentrationen. Im rechten oberen Teil der Abbildung sind die Verhältnisse in linearer Darstellung aufgetragen. Offensichtlich sind schon bei diesem einfachen Reflexgeschehen (eine Zehe wird in Säure getaucht und Zeit bis zum Anziehen des Schenkels in Anhängigkeit von Säurekonzentration aufgetragen) gesetzmäßige Abläufe gegeben. Wertet man die Abhängigkeiten zahlenmäßig aus, so zeigt sich, daß entgegen dem allgemein formulierten physikalisch-chemischen Wirkungsgesetz (*Bunsen-Roscoe*)  $W = C \cdot t$  —  $W$  = Wirkungsgröße,  $C$  = Intensitätsfaktor,  $t$  = Zeitfaktor — die Verhältnisse so liegen, daß die mathematische Funktion sowohl auf der Ordinate als auch auf die Abszisse asymptotisch Grenzwerte erreicht, die *nicht* mit dem Koordinatenkreuz identisch sind. Die angeschriebene Definition des Kurvenverlaufes  $W = (C - b) \cdot (t - a)$  zeigt, daß ein Grenzwert der Konzentration existiert („ $b$ “), der im Endlichen liegt ( $b \neq 0$  siehe eingetragene Asymptote), bei dem erst in unendlich langer Zeit eine Reaktion erfolgte. Oder umgekehrt: Unterhalb dieser Konzentration zeigt sich in endlicher Zeit keine Reaktion! Die entsprechende Säurekonzentration (0,03 n  $H_2SO_4$ ) stellt also für diese 3 Versuchstiere — als Individuen! — einen echten und gesicherten Reaktions-Grenzwert dar. (Wäre bei Definition von „Immissionsgrenzwerten“ auf „nachweisbare Wirkungslosigkeit“ abgestimmt, könnte man hier von einem solchen experimentell bewiesenen Wert sprechen.)

Wie schon erwähnt, betrifft die dargestellte Kurve die Ergebnisse an drei einzelnen Tieren (es wurden aus vielen Kurven, die im physiologischen Praktikum gewonnen werden, solche repräsentativen Verlaufes hinsichtlich Zeit und Konzentration sowie Häufigkeit ausgewählt), kann somit nichts über die interindividuellen Unterschiede in der Größe der „Nullreaktionswerte“ aussagen. Die Streubreite dieses Wertes zu kennen, ist aber von gleicher Bedeutung wie der Befund, daß ein solcher Wert überhaupt existiert.

Die auf der linken Seite der Abb. in log.-log.-Koordinaten verzeichneten Funktionen dienen der Abgrenzung bzw. Eingrenzung solcher Streubreite. (Da die Errechnung der Konstanten  $W$ ,  $b$  und  $a$  der o. a. Gleichung ziemlich aufwendig ist, wurden die gefundenen Werte als Potenzfunktionen mit negativen Exponenten formuliert.) Es zeigt sich anhand der Korrelationsrechnung sowie augenscheinlich bei den Diagrammen der Abbildung, daß im biologisch wichtigen Bereich, sich Funktions- und Experimentalwerte

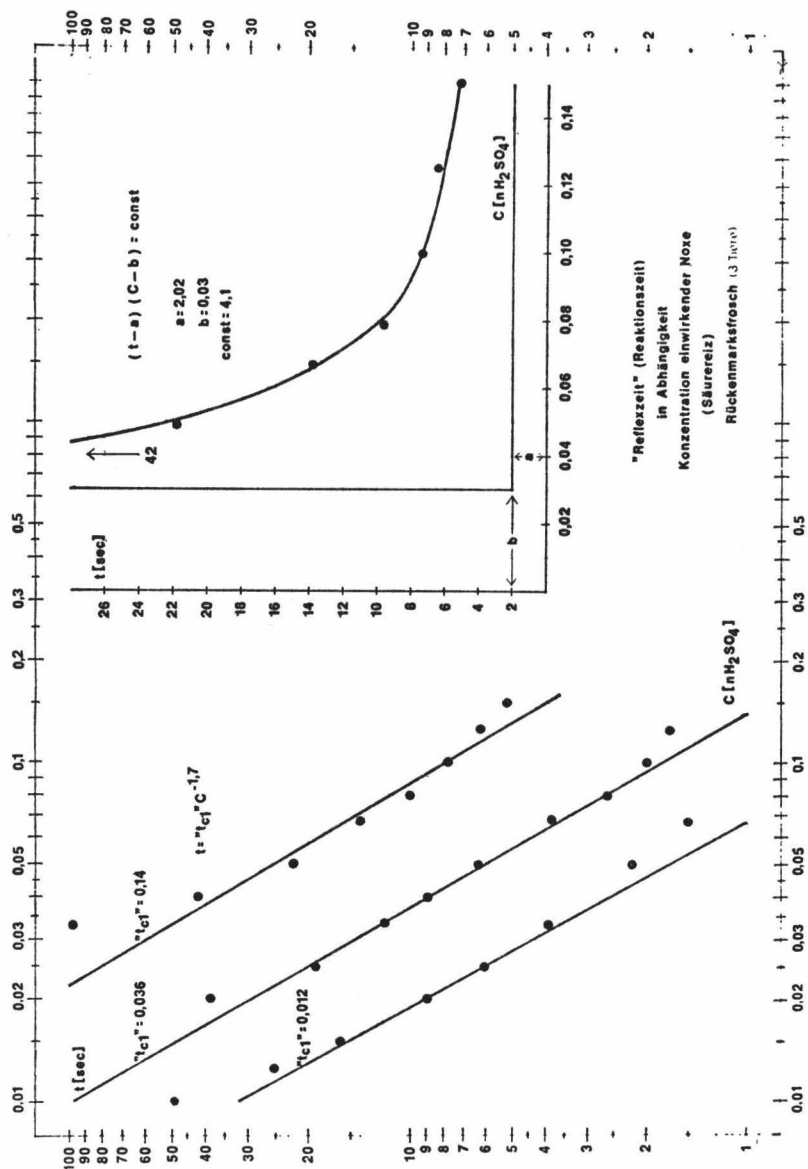


Abb. 1: Reaktionszeit — Reizintensitätsfunktion am Rückenmarksfrosch. Re. oben in linearer Darstellung, Li. in log.-log. Transformation. Näheres s. Text.

hervorragend decken. Weiterhin zeigt sich, daß alle Funktionen mit gleichen Exponenten ( $-1,7$ ) verlaufen, jedoch die Koeffizienten ( $t_{C1}$ ) sehr differieren. Es soll hier nicht auf mathematische Explikation der Bedeutung einzelner Funktionswerte eingegangen werden, sondern nur darauf hingewiesen sein, daß die Werte für  $t_{C1}$  als Analoga zu dem oben beschriebenen „b“-Wert aufzufassen sind. Beide können als Koeffizienten der reziproken Empfindlichkeit (je höher der Wert für die Reaktionsschwelle — „b“-Wert —, desto geringer die Empfindlichkeit des Individuums) gelten, denn der Wert für  $t_{C1}$  bedeutet numerisch die (theoretische) Reaktionszeit des Tieres für die (fiktive) Säurekonzentration 1-normal.

Es zeigt sich, daß die Empfindlichkeiten der in den drei Diagrammen umschriebenen Tiere sich gegenüber der gleichen Reizqualität wie etwa 10:1 verhalten. (0,012 — 0,036 — 0,14 sec fiktive Reaktionszeit; wobei der Wert 0,036 durch Transformation des rechts dargestellten Lineardiagramms erhalten wurde und als Normalwert — weil in größter Häufigkeit gefunden — angesprochen werden kann.)

Bezüglich der Erforschung von Wirkungen äußerer Noxen auf das biologische Objekt und insbesondere im Hinblick auf die große Streubreite der Empfindlichkeit einfachster Reflexmechanismen erhebt sich die Frage, welche endogenen oder exogenen Phänomene für diese Empfindlichkeitsvarianten verantwortlich sein könnten. Da es sich nicht um gezielte Versuche zur Abklärung dieser Phänomene handelte, sollen hier nur aufzählend in Betracht gezogen werden: Genetische oder individuelle Anpassung (z. B. Tiere in Biotop mit sauren Medien [Huminsäure], Arteigentümlichkeiten [*Rana esculenta*, *Rana temporaria*]) u. a.

Zusammenfassend wird festgestellt, daß experimentalphysiologische Versuche Ergebnisse erbringen, aus denen mathematische Beziehungen sich ableiten lassen, die nicht nur eine „Nullschwellenkonzentration“ quantitativ abgrenzen, sondern ebenso Bewertungsmaßstäbe individueller Empfindlichkeitsgrößen liefern.

Im behandelten Beispiel war die Reizform (im Rahmen experimenteller Genauigkeit) stets *gleich*. Biologische Strukturen sind jedoch präformiert, Reize nicht nur nach absoluter Intensität, sondern auch nach *Änderung* der Intensität zu beantworten. Es werden z. B. *schleichende* Reize bis zu einer bestimmten Anstiegsgeschwindigkeit nicht beantwortet. Eine solche „Akut-Adaptation“ oder „endogene Neutralisation“ ist der besonderen Aufmerksamkeit des Wirkungsforschers deshalb wert, weil sie wahrscheinlich die Grundlage langfristiger individueller Anpassungen, vielleicht auch bis in den Bereich der Phylogenese hinein, bildet. Daß es sich bei dem Vorgang des „Einschleichens“ bzw. die Reaktion des Organismus hierauf um ein

generelles in der biologischen Grundstruktur verankertes Phänomen handelt, sei an zwei Beispielen dargestellt.

Ändert man die Versuchsdurchführung bei Bestimmung der Reaktionszeit — Konzentrationshöhe am Rückenmarksfrosch dahingehend ab, daß nicht die einzelnen Konzentrationen schlagartig auf die Schleimhaut gebracht werden, sondern die Konzentration durch tropfenweisen Säurezusatz *langsam* erhöht wird, so werden Konzentrationen bis zum 30fachen der Schwellenkonzentration reaktionslos „ertragen“!

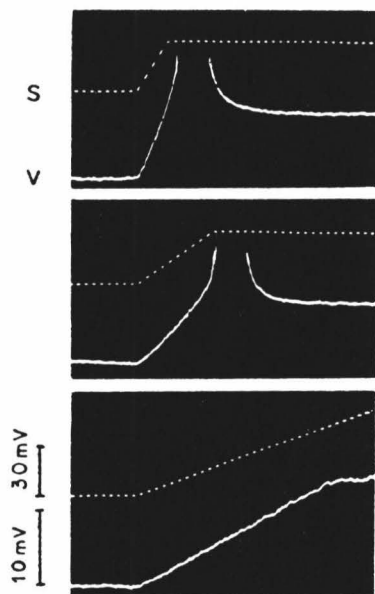


Abb. 2: Phänomen des „Einschleichens“ bei Reizung eines Nerven mit Potentialen verschiedener Anstiegsgeschwindigkeit. Näheres s. Text.

In Abb. 2 ist die Reizung eines Nerven mit Potentialen verschiedener Anstiegsgeschwindigkeit dargestellt. Zeigt sich in den beiden oberen Kurven — mit differenten, aber wirksamen Anstiegssteilheiten — ein explosiver Anstieg des Membranpotentials (= Aktionspotential = Reizantwort), so erfolgt bei langsamem Anwachsen des Reizpotentials keine Reizbeantwortung mehr, sondern das Membranpotential wird rein physikalisch und parallel zur Reizgröße „mitgezogen“.

Auch hier also wird die eingangs festgestellte Ungültigkeit der Flächenregel ( $W = C \cdot t$ ) am biologischen Objekt bestätigt. Maßgeblich ist für die

Reaktion, d. h. Reizbeantwortung, demnach nicht nur die absolute Reizintensität und (oder) deren Dauer, sondern eine überragende Rolle muß der Anstiegssteilheit des Reizes zugewiesen werden. Im Falle der Abb. ist maßgeblich  $dU/dt$ , im Versuch am Rückenmarksfrosch  $dC/dt$  beteiligt. Diese „Adaptation“ reaktiver Mechanismen des Individuums an „schleichende Reize“ ist als physiologisches Grundphänomen von fundamentaler Bedeutung! Wirkungsforschung ohne Einbeziehung der Anstiegssteilheit von Fremdkörperreizen in die Ergebnisbewertung ist ebenso untauglich zur Erkenntnisgewinnung wie zu hygienisch-ökologischer Prognostizierung.

Bei der Vielzahl selbst populärer Beispiele für derartige Einschleichmechanismen bzw. Kurzzeit-Adaptationen (bei Detonationen wird vom Menschen ein Überdruck von 0,5 atü nicht mehr ertragen; andererseits werden bei Tiefseetauchern — unter Beachtung entsprechender gasphysikalischer Notwendigkeiten — Umgebungsdrucke von 8 atü beschwerdefrei ertragen; Ausschalten plötzlichen Herztodes durch allmählichen Übergang in kaltes Wasser; Unterschied bei Eintritt oder längerem Aufenthalt in einem überfüllten Raum mit ungenügender Lüftung; Erhöhung der Erträglichkeitsgrenze für Heißwasser bei langsamem Zulauf im Ganzkörperbad u. ä.) erscheint es erstaunlich, daß in der angewandten Reiz-Reaktions-(= Wirkungs-)Forschung Modalitäten der Reizform kaum Beachtung gefunden haben. Es mag dies am Bestreben liegen, sicherheitshalber die Reizschwellenwerte für den Status der größten Empfindlichkeit eines Organismus zu ermitteln. Denn da diese Empfindlichkeit im nichtadaptierten Zustand in jedem Falle höher liegt als nach Vorgängen einer Kurz- oder Langzeitadaptation, erscheint die Eingrenzung tieferer Empfindlichkeitswerte *prima vista* nicht unbedingt notwendig oder auch nur ratsam.

Setzt man jedoch — wie in unserem derzeitigen Ökosystem — schleichende Milieuänderungen mit Beanspruchung adaptiver Potenzen der Organismen voraus, so wird die *Eingrenzung der Adaptationsbreite* unumgänglich, wenn man auch nur zu einer Abschätzung des Gefährdungsrisikos auf höherem Niveau von Dauerreizen kommen will. Denn beim gesunden Organismus werden Adaptationslage und Reizgröße in direktem Zusammenhang stehen (Raucher, Hochlandbewohner u. v. a.).

Ich erinnere in diesem Zusammenhang an die umfassenden epidemiologischen Untersuchungen von *Reichel u. Ulmer*<sup>4</sup> über den Zusammenhang zwischen Luftverschmutzung und unspezifischen Atemwegserkrankungen im Ruhrgebiet. Trotz hohen und langdauernden Gehaltes an Luftfremdstoffen in diesem Raum konnten die Autoren keinen Zusammenhang zwischen Atemwegsaffektionen und den Gegebenheiten der Aerosphäre in diesem Raum finden. Eine Wirkung *exogener* Noxen war nur für Raucher in

Abhängigkeit von *Menge und Dauer* des Konsums nachzuweisen. Andererseits betonen die Autoren, daß die kritische Grenze ebenso wie die spezifische Toxizität einzelner Luftfremdstoffe (Benzpyren, Blei u. a.) noch *völlig unbekannt* seien und weiterer Erforschung bedürfen. Nach Erfahrungen aus reaktionsphysiologischen und toxikologischen Untersuchungen kann aber mit hoher Sicherheit erwartet werden, daß der „Empfindlichkeitspegel“ für aerogene Fremdstoffe bei der chronisch belasteten Bevölkerung tiefer liegt als bei einer unbelasteten Grundgesamtheit.

Aus solcher Sicht darf auch nicht *jede* Reaktion auf ein äußeres Agens als *Negativzeichen* bewertet werden; sie kann ebenso Ausdruck eines zweckmäßigen Anpassungs- oder Abwehrvorganges sein. Wenn z. B. *Hilding*<sup>1</sup> nachwies, daß der Transport gelöster und adsorbierter Fremdstoffe durch die Zilien des Atemtraktes in viskösem Schleim einen wesentlich höheren Wirkungsgrad aufweist als in dünnem Bronchialsekret, so kann eine passagere Erhöhung des Atemwiderstands — wie diese bei Belastung mit geringen Konzentrationen der meisten Luftfremdstoffe schon auftritt — einen solchen (und hier durchaus nützlichen!) Kompensationsmechanismus aufzeigen. Andererseits kann der *gleiche Befund* als Dauererscheinung, einer Epithelhyperplasie, bewirkt durch chronischen unkompensierten Fremdstoffreiz, entsprechen. Finden sich Veränderungen solcher Art schon bei Reizung „leichten Grades“ — wobei „leichter Grad“ einer Definition bedürfte — so ist damit eine irreguläre Überforderung der adaptiven Potenz gesichert. In diesem Zusammenhang können Sterbetafeln langzeitexponierter Tiere im Vergleich mit unbelasteten Kollektiven zu grundsätzlichen Erkenntnissen über Belastbarkeitsgrenzen führen.

Macht man sich mit den derzeit nachgewiesenen Möglichkeiten der Adaptation des Menschen gegenüber diversen Luftfremdstoffen bekannt, so erscheint die Ermittlung quantitativer Meßdaten um so dringlicher, als solchen zweifelsfreien Befunden (Anpassungsmechanismen sind bekannt für  $O_3$ ,  $CO$ ,  $SO_2$ , Nitroverbindungen) ein endemischer Risikopessimismus auf teilweise emotionaler Grundlage gegenübersteht.

Eine bisher ebenfalls kaum — zumindest nicht systematisch — untersuchte Frage ist die nach dem Andauern einer stattgehabten adaptiven Systemanpassung. Diese Frage ist deshalb von Bedeutung, weil ein relativ schneller Rückgang des Anpassungsgrades nach Reizabsetzung (Expositions-ende) die Reaktionslage kurzfristig auf die ursprüngliche Ausgangslage zurückführen könnte. (Der nachzuweisende Anstieg von Affektionen des Atemtraktes im Herbst — mit Rückgang im Winter — könnte auf den Verlust einer im vorausgegangenen Winter erworbenen relativen Resistenz hinweisen.)



Daß relativ schneller Anpassungsverlust eines Organismus keine spekulative Annahme darstellen muß, soll anhand der Abb. 3 gezeigt werden. Mit den Methoden der physikalisch-sphygmographischen Kreislaufanalyse (Wezler-Böger) wurde mittels eines elektronisch-automatischen Analysators ein Raucher, der auffallend stabile Kreislaufwerte in mehreren Prüfungen zeigte, untersucht.

Die Analysewerte betreffen die gleiche Versuchsperson und wurden im Abstand von 14 Tagen gewonnen (wobei die Untersuchung nicht auf das hier beschriebene Phänomen gerichtet war). Die Ausgangswerte der in der Abb. 3 aufgeführten Meßgrößen (Systolischer Blutdruck, Elastischer Widerstand — entspricht vorwiegend dem Dehnungswiderstand des Aortenrohres —, Peripherer Widerstand, Herzminutenvolumen, Schlagvolumen und Pulsfrequenz) waren bei beiden Versuchen im Mittel (3 Messungen) gleich (0-Werte). Sowohl die mit R als die mit N gekennzeichneten Werte ergaben sich unter gleichen experimentellen Ausgangsbedingungen: 10 Lungenzüge aus einer Zigarette im Nüchternzustand. Die Ausgangsbedingungen hinsichtlich der Reaktionslage des Probanden waren innerhalb des Intervalls von 14 Tagen jedoch deutlich verändert: Bei Gewinnung der „R“-Werte am Anfang der 14-Tage-Periode hatte die Versuchsperson einen Zigarettenkonsum von 20 bis 25 Zigaretten/Tag, während die „N“-Werte nach 14tägiger Abstinenz im Zuge einer Entwöhnung (fakultativ) erhalten wurden. Ohne auf Einzelheiten einer Befundbewertung einzugehen, zeigen die *Änderungen* der Ausgangswerte für den gleichen Reiz eine einschneidende Änderung der Reaktionslage (nimmt z. B. die Pulsfrequenz in der Toleranzphase als Raucher nach der Inhalierung nur um 8 % des Ausgangswertes zu, so finden sich nach „Entwöhnung“ 21 % als Differenz!). Insgesamt läßt sich die Reizbeantwortung in der Toleranzphase als gedämpft gegenüber derjenigen in der „Sensibilitätsphase“ kennzeichnen. Innerhalb eines Zeitraumes von 2 Wochen ist also ein weitgehender „Anpassungsverlust“ eingetreten!

Definiert man Adaptation als längerfristigen Anpassungsvorgang, so stellen sich *Kompensationsmechanismen* als endogen präformierte Gegenreaktionen dar, die einer Neutralisierung oder Minderung der Reizwirkung dienen. Die o. a. Absonderung mukösen Bronchialsekretes, Verminderung der Atemtiefe bei inhalatorischer Fremdstoffeinwirkung oder Übergang von nasaler zu oraler Atmung bei Geruchsbehelligung stellen Beispiele derartiger Kompensationsreflexe dar. Solchen Reaktionen in der Körperperipherie — die sich auch leicht äußerlich erkennen lassen — stehen endogene Kompensationsmechanismen gegenüber, die sich teilweise aus funktionsanalytisch-mathematischen Beziehungen ableiten lassen.

# Akute Kreislaufreaktionen nach Rauchinhalation (10 Lungenzüge Zigarette)

N = Nichtraucher R = Raucher Werte in Prozent der Ausgangsmessungen

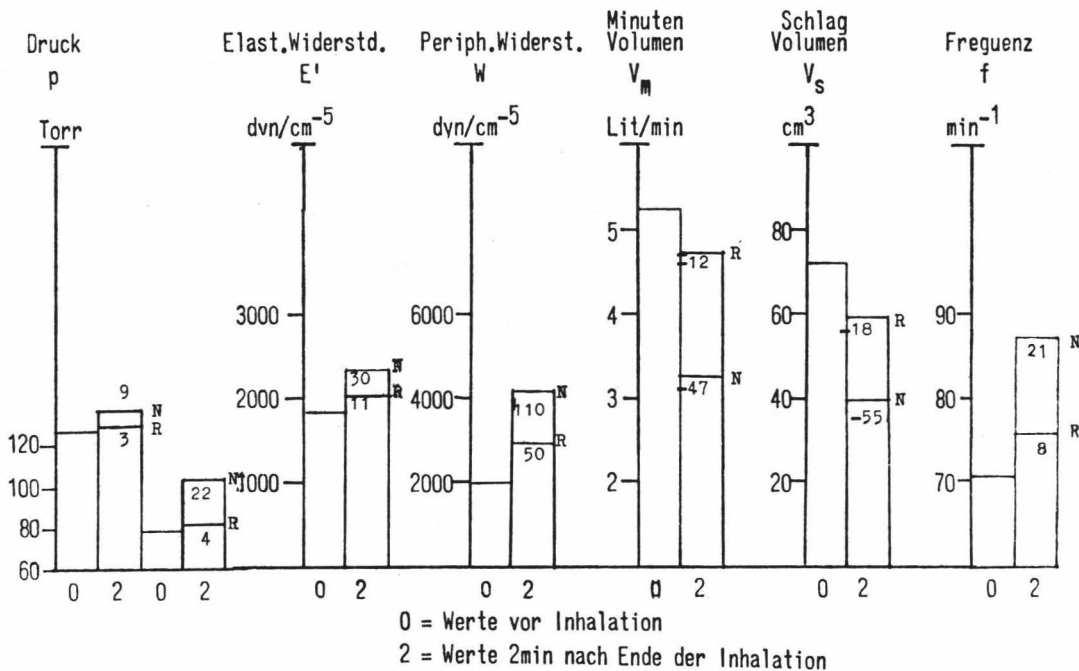


Abb. 3: Änderung der Reaktionslage des Kreislaufes eines Rauchers nach Abstinenz von 14 Tagen (Raucherwerte „R“, Nichtraucherwerte „N“). Näheres s. Text.

Ein derartiges Beispiel, das uns bei der Suche nach einer möglichst übersichtlichen und informativen Darstellung der Wirkung einer CO-Immission auf den Verlauf der COHb-Bildung beim Menschen auffiel, zeigt Abb. 4.

Im linken Teil der Abbildung sind die bei verschiedenen Immissionskonzentrationen ( $\text{CO}_I$  [ppm]) — als Parameter aufgetragen — in Abhängigkeit von der Expositionszeit erreichten prozentischen Anteile des COHb (Kohlenmonoxid-Hämoglobin) am Gesamt-Hämoglobin aufgetragen. Wenn es sich bei dem dargestellten Aufsättigungsvorgang um passives physikochemisches Geschehen handelte, müßte die Kurve einer Exponentialfunktion nach der Zeit folgen (vergleiche Aufladung eines Kondensators aus einer Konstantspannungsquelle über Widerstand).

Offensichtlich — und mit einer für das biologische Objekt hervorragenden Genauigkeit (Korrelationskoeffizienten von 0,991 bis 0,999!) — verlaufen die Kurven jedoch als Potenzfunktionen der Expositionszeit.

Unter Verzicht auf die mathematische Ableitung soll hier nur dargetan werden, daß dieser Verlauf Beweis dafür ist, daß mit Zunahme der Aufsättigung Gegenkopplungsvorgänge ablaufen, die die *Sättigungsgeschwindigkeit mit zunehmender Sättigungshöhe gesetzmäßig herabsetzen*. (In der o. a. elektrischen Analogschaltung entspräche dieser Vorgang einer Erhöhung des Widerstandes oder [und] der Kapazität in strenger Abhängigkeit von der Ladungsgröße.)

Über die Art dieses endogenen Gegenkopplungsmechanismus lassen sich ohne gezielte Experimente derzeit keine Aussagen machen, jedoch entsprechende physiologische Möglichkeiten hypothetisch einstellen: z. B. Freisetzung von Hb-Reserven, Abnahme des Affinitätskoeffizienten mit zunehmender COHb-Konzentration, Erhöhung des Diffusionswiderstandes in der alveolären Austauschstrecke.

Ausgeschlossen werden kann eine Atemdepression, d. h. Einschränkung des Atemminutenvolumens über Frequenz oder (und) Atemzugsvolumen — die theoretisch für den Gegenkopplungsmechanismus ebenfalls in Frage kämen —, da CO nachgewiesenermaßen keinen Einfluß auf die Dynamik der äußeren Atmung nimmt.

Vielleicht noch anschaulicher läßt sich die endogene Gegenkopplung aus dem rechten Teil der Abb. erläutern. Hier sind verzeichnet die konstanten Koeffizienten der integralen Sättigungsfunktion in Abhängigkeit der Immissionskonzentrationen. (Aus der Funktion  $\text{COHb} = 0,21 \text{ CO}_I^{0,73} t^{0,54}$  sind also die Werte für  $(0,21 \text{ CO}_{IX}^{0,73}) = \text{Konst. für } \text{CO}_I = \text{const. herausgezogen.}$ )

Diese Werte bedeuten numerisch den entsprechenden prozentischen Sättigungsanteil COHb nach jeweils einer Stunde Expositionszeit. Bei einem passiven System müßten natürlich auch diese Werte proportional den

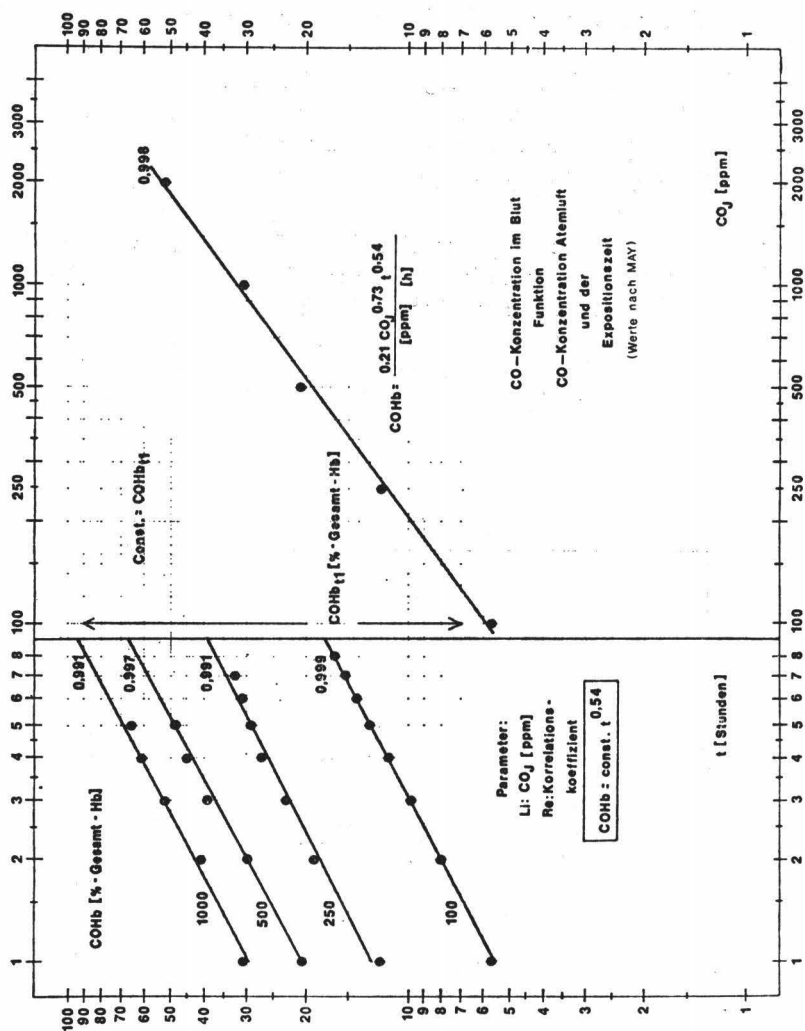


Abb. 4: Abhängigkeit des Anteils CO-Hämoglobin am Gesamt-Hb von CO-Konzentration in der Außenluft (Parameter CO<sub>1</sub>) und Expositionszeit (links); Prozentischer COHb-Anteil nach einer Stunde Expositionszeit in Abhängigkeit der CO-Immission (rechts).

Immissionskonzentrationen (d. h. den entsprechenden Partialdrucken und [dem?] Affinitätskoeffizienten) sein. Der Exponent 0,73 und die saubere lineare Streckung der Kurve auf log-log-Koordinaten beweisen jedoch einen gegen die CO-Immissionen weit unterproportionalen Anstieg der (hier 1 Std.) Sättigungswerte nach streng gesetzmäßigem Muster.

Auch die Ausscheidungskurve (Abklingfunktion) unter Atmung eines  $O_2/CO_2$ -Gemisches, wie sie in Abb. 5 dargestellt ist, und zwar vergleichenderweise auf halb- und doppellogarithmischen Rastern, erweist das Vorhandensein einer Gegenregulation. Wiederum eine korrekte Linearität der Funktion im log.-log.-Raster mit hohem Abklingexponenten als Beweis für die Änderung eines endogenen Systemkoeffizienten! Die Aufzeichnung im halblogarithmischen Raster — lineare Abszisse am oberen Rand — ergibt demgegenüber eine stetig gekrümmte Kurve, d. h. eine kontinuierliche

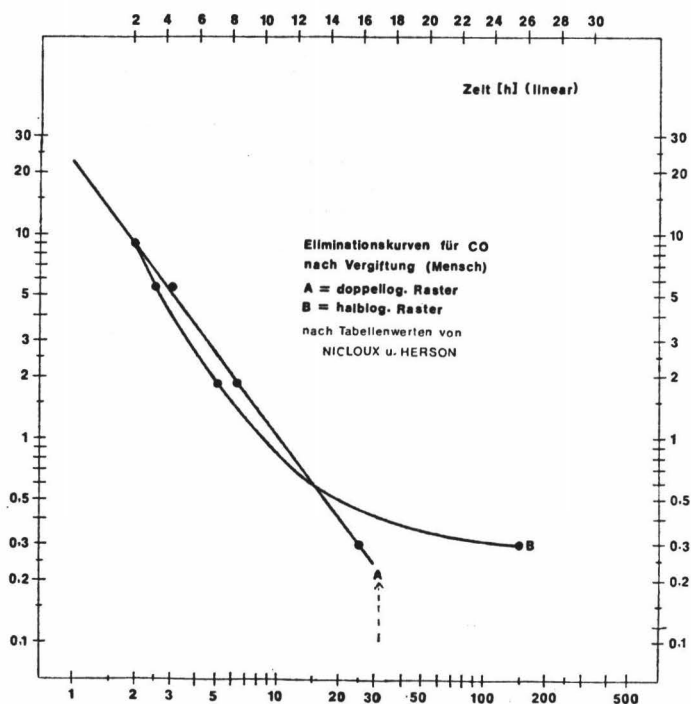


Abb. 5: Ausscheidungskurve nach CO-Vergiftung in einfach logarithmischer (gekrümmte Kurve, zugehörige Abszisse oben) und doppellogarithmischer Darstellung.

Änderung der Zeitkonstanten mit der Ausscheidungszeit bzw. abnehmender COHb-Konzentration. Die Abbildung läßt aber auch erkennen, daß im Falle einer Ausscheidung in exponentieller Funktion, d. h. unveränderte Zeitkonstante über den Ausscheidungszeitraum, der End-Blutspiegel von 0,3 % Vol./Vol. CO schon nach etwa 16,5 h erreicht worden wäre gegenüber 25 h im Falle der realen Ausscheidungsfunktion.

Wir beabsichtigen im weiteren Verfolg der intrakorporalen Aufnahmeprozesse nicht nur den hier für CO dargestellten Mechanismus zu klären, sondern insbesondere auch innere Verteilung und Kinetik des eingeatmeten Bleis eingehend zu prüfen.

Die Komplexität der zu untersuchenden Körperreaktionen als Wirkungskriterien auf Umweltreize in Schwellenkonzentrationen erfordert nach alledem nicht nur Beachtung von „Wirkungsgrößen an sich“, sondern auch die Aufklärung endogener gegenregulatorisch-adaptiver Potenzen. Um zu gesicherten Ergebnissen zu kommen, bedarf es der Ausschaltung subjektiver Deutungen sowohl seitens des Probanden als auch des Experimentators. Entsprechende Untersuchungen am Menschen bedürfen daher der Durchführung in Form des „Doppelblindversuches“, d. h. weder der bewertende Experimentator noch der Proband dürfen Informationen über Einwirkung oder Nichteinwirkung von Luftfremdstoffen in einem Versuch erhalten.

Das weite Feld psychischer Reaktionen bei derartigen Versuchen möge hier anhand von Erfahrungen in einer Kleinserie von Vorversuchen nur cursorisch angedeutet sein: Eine Schülergruppe, die im Rahmen des Wettbewerbs „Jugend forscht“ sich mit Art und Größe der Luftverschmutzung in Großstadtstraßen befaßte, wünschte im Experiment Konzentrationen von Automobilabgasen ausgesetzt zu werden, wie sie diese in ihren Untersuchungen auf den Straßen Berlins ermittelt hatte.

Dem Wunsch wurde stattgegeben und eine Exposition durchgeführt, wobei der CO-Anteil in der Atemluft konstant 50 ppm betrug. Den Probanden wurde weder mitgeteilt, wie hoch die Konzentration war noch ob sie als Kontrollgruppe ohne Fremdgasexposition fungierten. Interessanterweise kam es bei einem Probanden in der *nichtbeaufschlagten* Expositionskammer zu einem Schwächeanfall im Sinne eines Präkollapses, während andererseits im Leistungsversuch auf dem Fahrradergometer fremdgasexponierte Probanden nach Exposition bessere Werte aufwiesen als vorher.

Daraus wird deutlich, daß die Beurteilung von „Wirkungen“ auch die psychische Konstitution und versuchs- oder vorurteilsbedingte Alteration einbeziehen muß.

## LITERATUR:

- <sup>1</sup> HILDING, A. C.: Zit. nach „Handbook of Physiology“, Sect. 4 „Adaptions to the environment“, spez. „Mammals in polluted air“, S. 798.
- <sup>2</sup> MAY, J.: Beziehungen zwischen Kohlenoxydkonzentration der Luft und Kohlenoxydhämoglobin des Blutes. Arch. Gew.-pathol. u. Gew.-hyg. 10/97/1941.
- <sup>3</sup> NICLOUX u. HERSON: Zit. u. Tabelle in: F. FLURY u. F. ZERNIK „Schädliche Gase“, Berlin 1931, spez. S. 202.
- <sup>4</sup> REICHEL, R. G., u. ULMER, V. T.: „Luftverschmutzung und unspezifische Atemwegserkrankungen — Ergebnisse epidemiologischer Untersuchungen.“ Berlin—Heidelberg—New York, 1970.

# Wirkungen von Einzelkomponenten aus Kraftfahrzeug-Abgasen auf Mensch und Tier

Von H. M. Wagner

Innerhalb der letzten Jahre sind die Abgase aus Kraftfahrzeugen zu einem akuten Problem für den Menschen geworden.

In den Städten stellen die Verkehrsemissionen heute bereits den Hauptteil der Luftverschmutzung dar. Die gesamte emittierte Menge steigt ständig, da die Pkw-Zahl, die Motorengröße und damit der Benzinverbrauch und die Verkehrsdichte eine zunehmende Tendenz zeigen. Ferner haben wir hier die außerordentlich ungünstige Situation, daß der Emittent, das Kraftfahrzeug, seine Abgase in unmittelbarer Nähe des Menschen in hoher Konzentration ausstößt.

Wenn man den Versuch unternimmt, auch nur annähernd die Toxizität von Kfz-Abgasen abzuschätzen, sollte man sich folgende Probleme vergegenwärtigen:

1. Nicht nur die direkt im Abgas vorkommenden Stoffe, sondern auch ihre Folgeprodukte aus Reaktionen in der Atmosphäre sind umwelt-hygienisch von Bedeutung.
2. Zwischen akuter und chronischer Toxizität der einzelnen Stoffe muß unterschieden werden. So geht die größte akute Gefährdung von CO aus, die größte chronische jedoch möglicherweise vom Blei oder von den carcinogenen Kohlenwasserstoffen.
3. Weitgehend ungeklärt ist die Kombinationswirkung der verschiedenen Stoffe. Dies gilt selbst für solche Substanzen, deren Toxizität im einzelnen bereits weitgehend geklärt ist.
4. Bei einem Großteil der Stoffe sind wir heute methodisch noch nicht in der Lage, in niedrigen Konzentrationen Wirkungen nachzuweisen. Das heißt jedoch nicht, daß diese Verbindungen keine Schädigung besitzen, sondern lediglich, daß uns bisher die Mittel fehlen, dies nachzuweisen.

Welche Stoffe oder Stoffgruppen im Kfz-Abgas vorkommen, zeigt *Abb. 1*:

## SCHADSTOFFE IN AUTOABGASEN

Komponente	Anteil	Zahl der Verb.
CO	bis 10 Vol. %	1
NO <sub>x</sub>	bis 0.5 Vol. %	2 (NO/NO <sub>2</sub> )
K.W.	bis 0.5 Vol. %	157
Blei	bis 45 mg/m <sup>3</sup>	ca. 5



Dies sind selbstverständlich nur Durchschnittswerte, denn je nach Fahrzustand, Motorbelastung, Vergasereinstellung und Kraftstoffart verändert sich die Zusammensetzung der Abgase.

Bei Dieselmotoren ist der CO- und Gesamtkohlenwasserstoff-Gehalt gegenüber dem Ottomotor erniedrigt, das NO<sub>x</sub> erhöht. Bei schlechter Einstellung des Dieselmotors werden außerdem vermehrt Ruß, höhere Aldehyde („Dieselgeruch“) und polycyclische Kohlenwasserstoffe ausgestoßen.

### *Kohlenmonoxid (CO):*

Das CO übertrifft mengenmäßig alle anderen Komponenten bei weitem. Dies ist mit ein Grund für die Tatsache, daß das CO in seiner Toxizität die am gründlichsten erforschte Komponente darstellt. Es ist übrigens der am meisten emittierte Luftschadstoff überhaupt. 8 Mio t CO wurden im Jahr 1969 allein in der Bundesrepublik erzeugt, weit überwiegend durch Verkehrsemissionen. Tagsüber finden wir in den Städten bereits Dauerpegel von 10 bis 20 ppm und kurzzeitige Spitzenwerte in den Straßen von 150 ppm.

Das CO ist kein Reizgas und passiert die Lunge, ohne mit dem Gewebe zu reagieren. Seine Toxizität für den Menschen beruht auf seiner — verglichen mit Sauerstoff — 300mal größeren Affinität zum Hämoglobin. Eine einstündige Inhalation von Luft mit einem Gehalt von 100 ppm führt im Durchschnitt zu einem CO · Hb-Spiegel von 8 %. Selbst bei diesem Wert treten normalerweise keine subjektiven Beschwerden, z. B. Kopfschmerzen oder Übelkeit auf. Allerdings läßt sich bereits unterhalb dieser Grenze nach dem Befund einiger Autoren eine wahrnehmbare Beeinträchtigung der psychomotorischen Leistung beobachten. Die kritische Grenze für das Auftreten erster meßbarer Wirkungen liegt bereits bei 2,5 % CO · Hb. Kommt nun der Genuß einiger Zigaretten hinzu, deren Rauch bis zu 6 Vol.-% CO enthalten kann, dann können besonders bei Personenkreisen, die beruflich den Kraftfahrzeugabgasen ausgesetzt sind — Verkehrspolizisten, Omnibusfahrer — akute Symptome auftreten: u. a. Appetitlosigkeit, Kopfschmerzen, allgemeine Mattigkeit und Gleichgewichtsstörungen. Allerdings ist hier die individuelle Disposition entscheidend.

Da stets auch andere Schadgase gleichzeitig anwesend sind, ist es denkbar, daß die durch CO verursachte psychomotorische Leistungsverminderung möglicherweise durch andere Stoffe, beispielsweise Kohlenwasserstoffe, verstärkt wird.

In letzter Zeit ist auch eine chronische Wirkung von CO diskutiert worden: Unter den neuesten Ergebnissen finden sich Hinweise, daß CO auch

eine ungünstige Wirkung auf die Herzkranzgefäße besitzt, indem es Permeabilitätsänderungen induziert, die zur Einlagerung von Lipiden in die Gefäßwände führen. Dies käme als Ursache für die bei Rauchern gehäuft vorkommende Coronarsklerose in Betracht.

Da über die Wirkung von CO an vielen Stellen intensiv gearbeitet wird und über dessen Wirkungsmechanismus weitgehend Klarheit herrscht, erschien uns für unsere Modelluntersuchungen über die Wirkung von Kfz-Komponenten eine andere Stoffgruppe von akutem Interesse: die Stickoxide (NO und NO<sub>2</sub>).

### *Stickoxide (NO und NO<sub>2</sub>):*

Die Stickoxide entstehen bei allen Verbrennungsprozessen. Die Gesamtemission betrug im Jahre 1969 in der Bundesrepublik 2 Mio t. Hiervon stammen etwa 45 % aus Verkehrsemissionen. Da es zur Zeit keine wirkungsvollen Maßnahmen zur Reduzierung von industriellen NO<sub>2</sub>-Emissionen gibt und auch bei den neuen „Abgasreinigungsanlagen“ für Kraftfahrzeuge die CO- und Kohlenwasserstoff-Verminderung auf Kosten einer höheren NO<sub>x</sub>-Erzeugung erreicht wird, ist in den nächsten Jahren mit einem erheblichen Anstieg an NO<sub>x</sub> in der Luft von Großstädten zu rechnen.

Zur Zeit liegen die durchschnittlichen Immissionskonzentrationen in den Ballungsgebieten in der Bundesrepublik bei 0,05–0,1 mg/m<sup>3</sup>. Die Kurzzeit-Spitzenwerte gehen bis etwa 0,4 mg/m<sup>3</sup>. Weit höhere Konzentrationen finden wir jedoch in den Hauptverkehrszeiten in den Straßen, wo unter ungünstigen Verhältnissen zweifellos Konzentrationen von Gesamtstickoxiden von über 1 ppm die Regel sein dürften. Eigene Messungen in Berlin im fahrenden Fahrzeug zeigten Spitzenkonzentrationen von 0,7 ppm, also 1,4 mg/m<sup>3</sup>, obwohl hier durch die breiten Straßen und die gute Durchlüftung an sich optimale Umweltverhältnisse herrschen. Dies waren immerhin 10-min-Mittelwerte.

Zum Zeitpunkt der Festlegung des MIK-Wertes, der dem Immissionsgrenzwert zugrunde liegt, im Jahre 1960, war die Wahrscheinlichkeit einer tatsächlichen Exposition mit den Grenzkonzentrationen für die Bevölkerung relativ gering. Heute, über 10 Jahre danach, bewegen wir uns teilweise in Konzentrationsbereichen über dem Immissionswert (1 ppm Gesamtstickoxide).

Von den beiden lufthygienisch bedeutsamen Stickoxiden, dem Stickstoffmonoxid (NO) und dem Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), besitzt nur das äußerst aggressive NO<sub>2</sub> den Charakter eines Reizgases. Das NO, das anfangs bei der Emission in allen Fällen die Hauptkomponente darstellt, wird in der Atmosphäre durch den Sauerstoff zu NO<sub>2</sub> oxydiert. Für eine Betrachtung

der unmittelbaren Schadwirkung kommt also vorwiegend das Reizgas  $\text{NO}_2$  in Frage.

Ein Grund, weshalb dennoch beide Stickoxide, d. h.  $\text{NO}$  und  $\text{NO}_2$ , besondere Aufmerksamkeit verdienen, ist ihre Eigenschaft, in Anwesenheit von langwelligem UV-Licht den oxydativen Abbau von Kohlenwasserstoffen zu katalysieren, was zu äußerst unangenehmen und hochtoxischen Zwischen- und Endprodukten führt. Die Summe dieser Reaktion manifestiert sich in dem „photochemischen Smog“ genannten Phänomen.

Die Stickoxide haben also außer ihrer eigenen toxischen Wirkung noch die Eigenschaft, aus relativ harmlosen und inerten Verbindungen hochtoxische Reizstoffe entstehen zu lassen!

Durch die hohe Reaktivität des  $\text{NO}_2$ -Moleküls kommt es primär zu einer Gewebsreaktion. Dies führt in hohen Dosen zum Ödem. Das  $\text{NO}$ , dem die Reizkomponente fehlt, verursacht in hoher Konzentration zentralnervöse Störungen. Diese Symptome treten allenfalls in berufsbedingten, akuten Expositionen gegenüber Höchstkonzentrationen auf, für den Immissionsbereich sind sie ohne Belang.

An den Anfang unserer Untersuchungen, die die geringen Konzentrationen des MIK- und MAK-Bereiches betrafen ( $\text{MAK}$  für  $\text{NO}_2 = 5 \text{ ppm}$ ), stellten wir eine Untersuchung über die Absorption der Stickoxide im Atemtrakt. Ungefähr 90 % der Stickoxide  $\text{NO}$  und  $\text{NO}_2$  werden bei der Inhalation im Atemtrakt zurückgehalten. Bei diesen Konzentrationen untersuchten wir ebenfalls den Widerstand in den Atemwegen. Es erwies sich diese Messung als das feinste Kriterium für eine Einwirkung auf den menschlichen Organismus. Bereits Konzentrationen von 1,6–2 ppm  $\text{NO}_2$  führten bei den Versuchspersonen zu einem meßbaren „Resistance“-Anstieg (Abb. 2).

Außerdem ließ sich nachweisen, daß der Druck in der Arteria pulmonalis durch Einwirkung von  $\text{NO}_2$  unterhalb des MAK-Wertes bei Tier und Mensch steigt. Ebenfalls sehr deutlich ist die Veränderung der Sauerstoffspannung im arteriellen Blut bei der Inhalation von Sub-MAK-Konzentrationen. Eine deutliche Erniedrigung ist bereits bei 4 ppm meßbar.

Im Tierversuch lassen ferner Veränderungen im Lungengewebe an den LDH-Iso-Enzymen, Lactat- und Lactat-Dehydrogenase-Bilanz vermuten, daß sich bei langer Einwirkungsdauer zumindest im Tierversuch Veränderungen im Lungengewebe zeigen.

Es besteht an Hand der Befunde der begründete Verdacht, daß  $\text{NO}_2$ , selbst in sehr geringen Konzentrationen, wenn es über sehr lange Dauer inhaliert wird, möglicherweise zur Bildung von chronischer Bronchitis führt. Da  $\text{NO}_2$  jedoch fast nie allein in der Außenluft vorkommt, sondern emissionsbedingt immer in Gesellschaft mit jeweils einem bestimmten Komplex

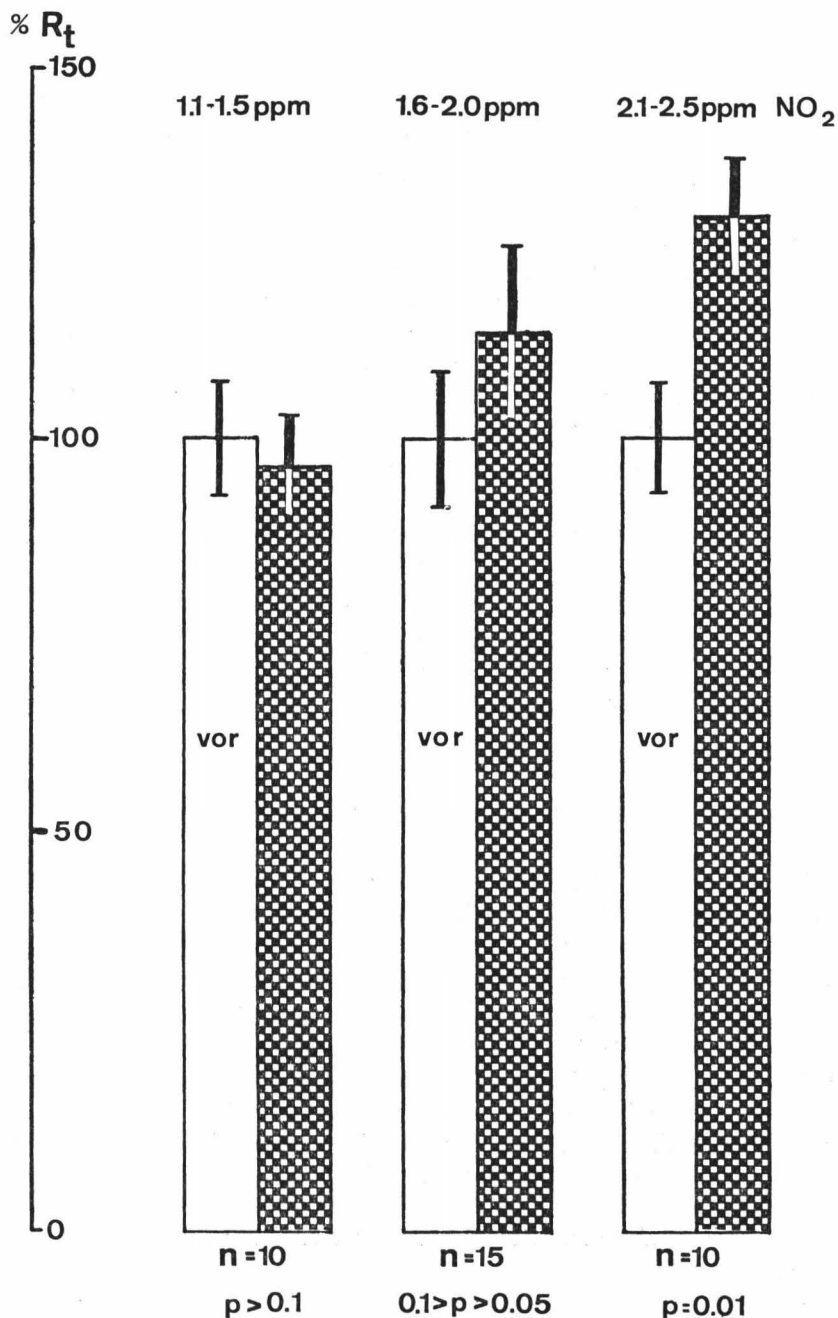


Abb. 2: Atemwegswiderstände (in % des Ausgangswertes) vor und nach Inhalation der oben angegebenen Stickstoffdioxid-Konzentrationen.

anderer Stoffe, ist es schwer, hier eine unmittelbare Beziehung zwischen der Langzeitwirkung und der Ursache beim Menschen nachzuweisen.

Eine Leistungsverminderung konnten wir bei Ratten nachweisen, die über mehrere Wochen jeden zweiten Tag 20 Bahnen à 4 m durchschwimmen mußten und dabei Konzentrationen bis zu 5 ppm NO<sub>2</sub> ausgesetzt wurden. Weder im akuten noch im chronischen Versuch fand sich eine Adaptation gegenüber wiederholten Expositionen von Stickoxiden. Selbst nach sieben Monaten war die Schwimmleistung bei Ratten immer noch deutlich unter der der nichtbegasteten Vergleichstiere. Eine weitere Ganzkörperreaktion zeichnet sich durch die Erhöhung des Cholesterinwertes bei chronisch begasteten Tieren ab (Abb. 3).

Amerikanische Autoren haben präemphysematöse Veränderungen an der Rattenlung nach Einwirkung von Konzentrationen bis zu 0,8 ppm festgestellt, eine deutliche Wirkung also in Konzentrationsbereichen, die nachgewiesenermaßen in der Außenluft vorkommen können.

Wie bereits oben erwähnt, ist jedoch die Wirkung von Stickoxiden nicht allein in einer Direktwirkung dieser Stoffe zu sehen, sondern auch in der Stimulierung chemischer Reaktionen in der Atmosphäre bei gleichzeitiger Anwesenheit von Kohlenwasserstoffen.

### *Kohlenwasserstoffe und -derivate*

Diese Gruppe von Verbindungen enthält eine Vielzahl z. T. nicht identifizierter Stoffe. Zu ihr gehören Paraffine, Olefine, Aromaten und — als Derivate — substituierte Kohlenwasserstoffe, wie Heterozyklen und Verbindungen mit Sauerstoff-Funktionen.

Auf die Kraftfahrzeug-Emission entfiel 1969 ungefähr 1 Mio t emittierte Kohlenwasserstoffe in der Bundesrepublik. Die neuen Abgasbeschränkungen bei Kraftfahrzeugen reduzieren durch rationellere Verbrennung gleichzeitig mit dem CO auch den Kohlenwasserstoff-Ausstoß. Diese Verminderung wird aber durch die Zunahme von Kraftfahrzeugen mit der Zeit wieder kompensiert. Andere Maßnahmen, wie beispielsweise die Eliminierung des Bleis, können, wenn statt eines Bleizusatzes der Aromatenanteil im Benzin erhöht wird, wiederum zu einer Erhöhung des Kohlenwasserstoff-Ausstoßes führen.

Die Zusammensetzung der Kohlenwasserstoffe in Kraftfahrzeug-Abgasen schwankt je nach Motortyp, Fahrmodus und Kraftstoffzusammensetzung. Nach einer amerikanischen Untersuchung hatte bei Verwendung eines

## SERUM - CHOLESTEROL

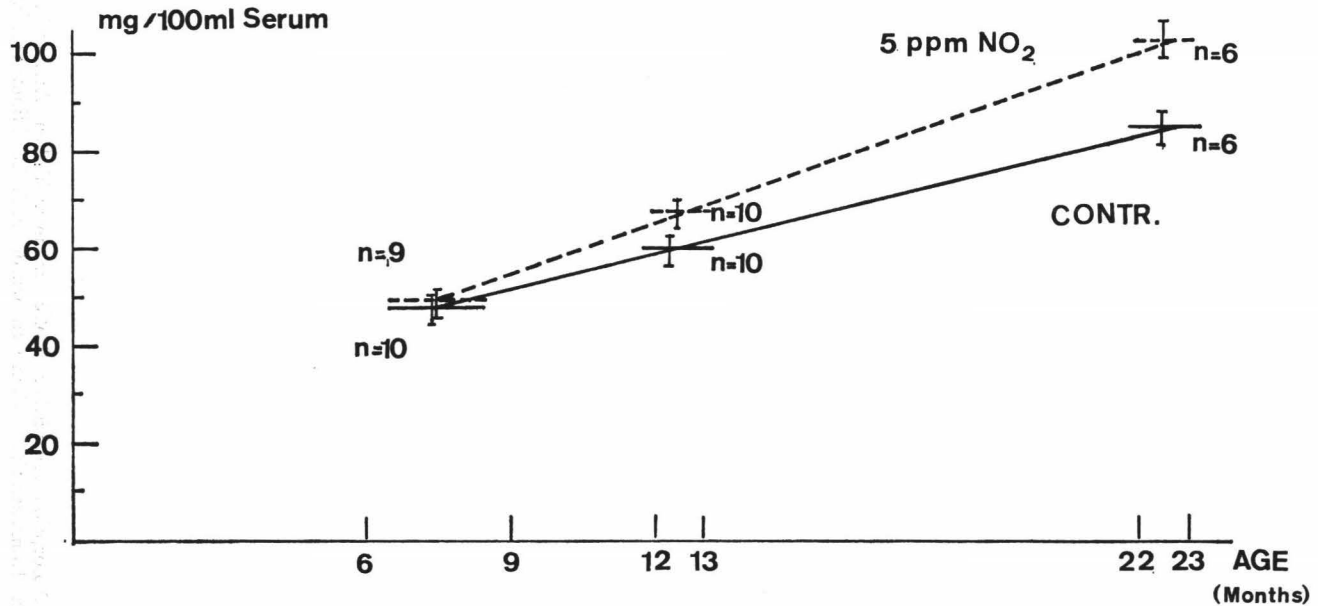


Abb. 3: Serumcholesterin bei männl. Ratten. Außer der altersbedingten Zunahme des Cholesterinspiegels zeigen die exponierten Tiere einen zusätzlichen Anstieg.

Mischbenzins der Abgasanteil an reinem Kohlenwasserstoff folgende Zusammensetzung im Leerlauf (nicht berücksichtigt wurden substituierte Kohlenwasserstoffe) (Abb. 4):

**K.W. im KFZ-ABGAS · Leerlaufeinstellung**

	%
<b>Paraffine</b>	<b>46,2</b>
<b>Mono-Olefine (C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>)</b>	<b>30,8</b>
<b>DI-Olefine</b>	<b>4,0</b>
<b>Aromaten</b>	<b>13,3</b>
<b>Acetylene</b>	<b>5,7</b>

Die reinen Kohlenwasserstoffe, wie die Paraffine oder Olefine, sind an sich nicht toxisch. Sie sind chemisch inert und ihre einzige Wirkung auf den Menschen ist eine gewisse depressiv-narkotisierende Wirkung, wobei diese Eigenschaft bei den Olefinen stärker ausgeprägt ist. Eigene Untersuchungen über die Absorption dieser Kohlenwasserstoffe im Atemtrakt des Menschen zeigen eine deutliche Abhängigkeit der Absorption von der chemischen Struktur der Stoffe (Abb. 5).

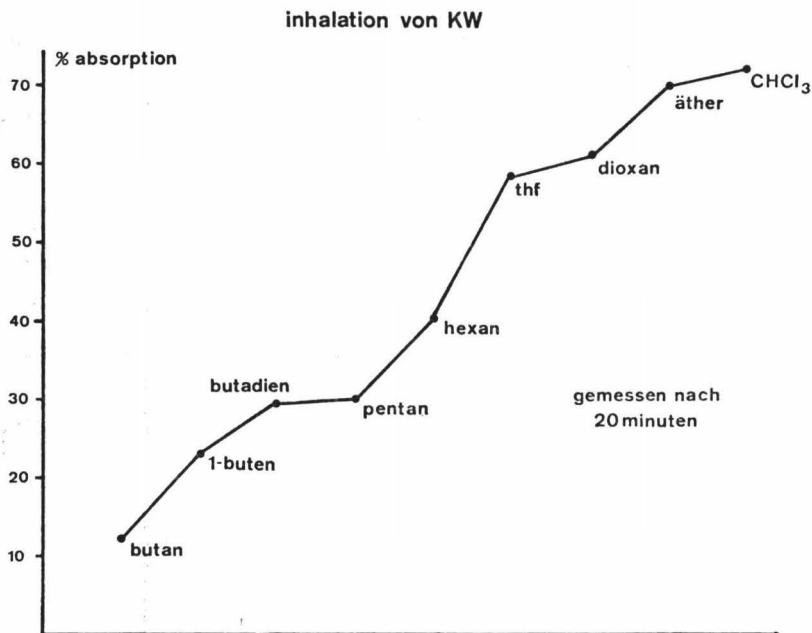


Abb. 5: Absorption organischer Stoffe im menschlichen Atemtrakt (in % der inhalierten Konzentration). Gemessen wurde nach 20 Minuten Inhalationsdauer.

Die Tatsache, daß diese Verbindungen im Fett- bzw. Lipidgewebe zurückgehalten werden, kann dazu führen, daß sie sich bei wiederholter Einwirkung in kurzen Zeitabständen in diesen Geweben anreichern. Ein Beispiel für die Abgabe eines Kohlenwasserstoffs nach Inhalation zeigt Abb. 6 (siehe nachfolgende Seite).

Demnach wird innerhalb sehr kurzer Zeit ein großer Teil wieder abgeatmet, danach stellt sich ein nur langsam abnehmender Pegel ein. Selbst nach 48 Stunden lassen sich noch Spuren des inhalierten Kohlenwasserstoffs in der ausgeatmeten Luft nachweisen.

Es ist denkbar, daß zusammen mit CO, welches ebenfalls imstande ist, eine psychomotorische Leistungsverminderung zu erzeugen, aufgenommene Kohlenwasserstoffverbindungen, die an sich chemisch inert und nicht aggressiv sind, letztlich doch zu einer Beeinträchtigung des Wohlbefindens und der Leistungsfähigkeit führen, beispielsweise im Sinne einer Herabsetzung der Vigilanzleistung.

Die Olefine sind zwar selbst keine Reizstoffe, sie haben jedoch eine unangenehme Eigenschaft, die sie mit den Aromaten teilen: Sie vermögen in Zusammenarbeit mit den Stickoxiden die Bildung von photochemischen Smogprodukten zu katalysieren. Somit verursachen die Olefine unmittelbar die Entstehung der hochtoxischen Oxydantien, wie Ozon, Hydroperoxide, organische Peroxide, Ozonide, Peroxyacylnitrat (PAN), Nitroolefine und viele weitere Stoffe. Außerdem katalysieren sie die Oxydation von NO zu NO<sub>2</sub>. Dies ist sozusagen die indirekte Wirkung der Kohlenwasserstoffe. Wie Versuche in unseren Laboratorien mit künstlichen photochemischen Gemischen zeigen konnten, haben diese Schadstoffkomplexe eine weitaus stärkere phyto-toxische Wirkung als die ursprünglichen Einzelkomponenten NO, NO<sub>2</sub> oder die Kohlenwasserstoffe selbst.

Eine weitere Gruppe von Kohlenwasserstoffen sind die Aromaten. Die niederen Aromaten, wie Benzol, Toluol usw., sind in höheren Konzentrationen Zellgifte, die u. a. zu schweren Leberschäden führen können. Diese toxischen Eigenschaften der niederen Aromaten treten, da sie in der Außenluft nur in sehr niedriger Konzentration vorliegen, hinter der cancerogenen Wirkung ihrer höheren Homologen an Bedeutung zurück. Die Eigenschaft der krebserregenden Noxen, die zwar nicht als Stoff, jedoch hinsichtlich ihrer Wirkung kumulieren und sich gegenseitig noch zu potenzieren (Co- und Syn-Carcinogese) vermögen, lassen die Aufnahme selbst kleinster Konzentrationen bedenklich erscheinen.

Von den etwa 170 Stoffen, die in Kraftfahrzeug-Abgasen bisher analysiert worden sind, sind 160 Kohlenwasserstoff-Derivate. Hiervon sind etwa 40 aromatische Kohlenwasserstoffe (einschl. der Phenole). Bei der Hälfte



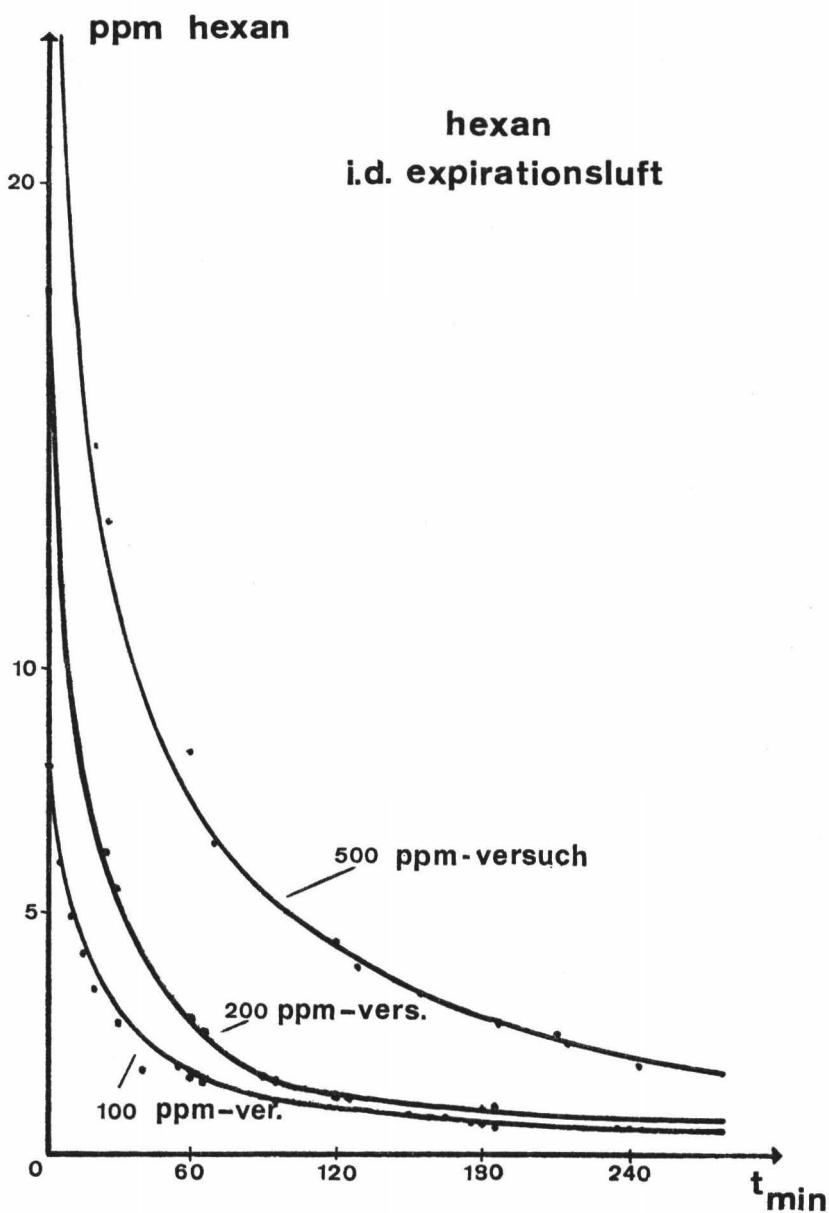


Abb. 6: Hexangehalt der Expirationsluft (in ppm Hexan) nach 1stündiger Inhalation von je 500, 200 und 100 ppm Hexan.

dieser Stoffe sind bisher cancerogene oder co-carcinogene Eigenschaften im Tierexperiment nachgewiesen worden. Da ein Teil dieser Stoffe auch im Zigarettenrauch, in Lebensmitteln und im Trinkwasser vorkommen kann, ist die Gesamtbelastung des Menschen bedeutend höher, als man bei Betrachtung nur einer Expositionsnorm den Eindruck gewinnen könnte.

Obwohl der direkten toxischen Wirkung der niedrigen aromatischen Kohlenwasserstoffe — wie bereits erwähnt — im Immissionsbereich nicht eine solche Bedeutung beigemessen wird, kann die Bildung photochemischer Sekundärprodukte eine erhebliche Rolle spielen. Deshalb muß bei einer Begutachtung ihres Schadstoffcharakters dieser Faktor unbedingt Berücksichtigung finden.

Kohlenwasserstoff-Verbindungen mit Sauerstoff-Funktion, die besondere lufthygienische Bedeutung haben, sind das Formaldehyd und das Acrolein. Formaldehyd ist ein starker Reizstoff. Er wird nicht nur vom Motor emittiert, er entsteht auch durch die oben erwähnte photochemische Oxydation aus anderen Kohlenwasserstoffen, beispielsweise Olefinen. Es denaturiert Proteine, hat allergisierende Wirkung und erzeugt bei empfindlichen Personen bereits in Konzentrationen von 0,2 ppm. Augenreizung.

Die höheren Aldehyde sind bedeutend weniger aggressiv als Formaldehyd. Die langkettigen  $C_6$ - bis  $C_{10}$ -Aldehyde allerdings sind für die geruchsbelästigenden Eigenschaften der Dieselabgase („Dieselgeruch“) verantwortlich. Dieser Faktor wird bei der Bewertung der Abgaswirkung oft unterschätzt, da man in ihm keine unmittelbare Schadwirkung sieht. Die Tatsache aber, daß gerade diese Komponenten zusammen mit dem „Dieselrauch“, der Rußemission schlecht eingestellter Dieselmotoren, eine starke psychologische Wirkung auf den Verkehrsteilnehmer haben und zu Fehlverhalten führen können, wird meistens nicht genügend berücksichtigt.

Ungesättigte Aldehyde, wie Acrolein oder Crotonaldehyd, sind extrem starke Augenreizstoffe. Sie kommen in Kraftfahrzeug-Abgasen vor, entstehen aber auch als Produkte des photochemischen Smogs in der Atmosphäre.

Ketone sind in geringen Konzentrationen nicht toxisch. Lediglich ungesättigte Ketone, wie sie in photochemischen Reaktionen gebildet werden können, sind starke Reizstoffe. Sie entstehen allerdings in äußerst geringen Konzentrationen.

Phenole, die ebenfalls in Kraftfahrzeug-Abgasen festgestellt wurden, haben nach *Boutwell* und *Bosch* (1959) starke co-carcinogene Eigenschaften und sind außerdem an sich bereits Reizstoffe. Auch sie treten jedoch in der atmosphärischen Luft in sehr geringer Menge auf.

### *Blei:*

Eine Noxe, die heute zu den problematischsten Bestandteilen der Kraftfahrzeug-Abgasemissionen gehört, ist das Blei. Der größte Teil der Bleiverbindungen in der Großstadtluft entstammt den Kraftfahrzeug-Abgasen. 7000 t Blei wurden im Jahr 1969 in der Bundesrepublik Deutschland in die Atmosphäre abgegeben. Bis zu 0,02 mg Blei/m<sup>3</sup> Luft betrug der Pegel in den Ballungsgebieten (*Georgii*).

Das Blei wird in Form seiner Alkyl-Verbindungen — Blei-Tetraäthyl oder Blei-Tetramethyl — dem Kraftstoff zugesetzt, um die Klopfestigkeit zu erhöhen. Dies ist vor allem bei hochkomprimierten Motoren erforderlich. Im Abgas tritt das Blei als gemischtes Halogenid oder Oxid in die Außenluft. Das Halogen stammt wiederum aus weiteren Additiven, die dazu dienen, das Blei flüchtig zu machen. Dies wird durch den Zusatz von Dibromäthan zum Benzin erreicht.

Die unverbrannten Bleialkyle sind sehr starke Nervengifte. Sie können direkt durch die Haut aufgenommen werden und erfordern bei der Handhabung extreme Sicherheitsmaßnahmen. In der Außenluft liegt das Blei jedoch fast ausschließlich als anorganisches Blei vor. Über 90 % davon ist inhalierbar, also in Größenordnungen unter 5  $\mu$ . Die mittlere Korngröße ist 0,2  $\mu$ . Von diesem Bleianteil gelangt jedoch nur zwischen 25 und 50 % in die Lunge und wird dann dort zu nahezu 100 % resorbiert.

Die gesamte, vom Menschen mit der Nahrung aufgenommene Bleimenge beträgt bis zu 300  $\mu$ g. Von dieser Menge werden jedoch nur 5—10 % im Körper tatsächlich resorbiert, so daß wir auf eine aufgenommene Quantität von 30  $\mu$ g/Tag kommen. Aus der Umgebungsluft werden zusätzlich bis zu 20  $\mu$ g/Tag Blei aufgenommen. Die Gesamtaufnahme beträgt also durchschnittlich 50  $\mu$ g Blei/Tag. Normalerweise werden bis zu 30  $\mu$ g/Tag über den Urin ausgeschieden. Da Blei sich in Knochen und anderen Organen ablagern kann, werden bei einer ständigen Belastung des Organismus die geringen überschüssigen Mengen Blei im Körper als Depotblei zurückgehalten. Kommen nun aus anderen Quellen oder berufsbedingt weitere Bleimengen hinzu, beispielsweise bei Verkehrspolizisten, Omnibusfahrern, so kann der Blutbleispiegel und die Delta-aminolävulinsäuremenge im Harn — ein Zeichen für eine gestörte Hämoglobin-Synthese — bedenklich ansteigen.

Um den durch die Verkehrsemissionen verursachten hohen Bleigehalt der Luft zu vermindern, wurden inzwischen für die Bundesrepublik Grenzwerte rechtsverbindlich, die den Bleigehalt in Benzin festlegen. Ab 1. Januar 1972 darf das Benzin in Deutschland nicht mehr als 0,4 g Blei/l enthalten. Ab 1. Januar 1976 wird diese Menge auf 0,15 mg Blei/l Benzin reduziert.

Einige Verbesserungen durch Reduzierung von Fremdstoffen im Abgas haben neue Probleme mit sich gebracht ( $\text{NO}_x$ , Aromatenzusatz). Erst die katalytische Nachverbrennung scheint einen entscheidenden Fortschritt mit sich zu bringen.

Trotz der Emissionsbeschränkungen für Blei und CO, wobei gleichzeitig auch der Kohlenwasserstoff-Ausstoß geringfügig vermindert wird, kann mit einer entscheidenden Besserung der Situation nicht gerechnet werden. Die positiven Auswirkungen werden allein schon dadurch wieder geschmälert, daß bei der Verwendung von CO-Abgas-Entgiftern die Stickoxid-Emissionen im Durchschnitt zunehmen und ferner der verminderte Bleiausstoß in einigen Fällen mit einer vermehrten Emission an Aromaten erkaufte wird, da die erforderlichen Octanzahlen des Benzins durch Aromaten- statt durch Bleialkylzusätze erreicht werden. Vor allem aber ist der Erfolg dieser Maßnahmen durch die rapide Zunahme der Gesamt-Verkehrsemissionen in Frage gestellt.

Das Problem einer gesundheitlichen Gefährdung durch Autoabgase wird folglich auch in nächster Zukunft nicht von seiner Aktualität verlieren. Zur Beurteilung der Schadwirkung werden daher vermehrt Untersuchungen erforderlich sein, die nicht nur die Einzeltoxizitäten, sondern auch die Kombinationswirkungen der Stoffe berücksichtigen, also Versuche, bei denen der Gesamtkomplex der Abgase zur Wirkung kommt.



# Wohnungssanierung — Stadtsanierung

Von F. R o e d l e r

Aufgabe des öffentlichen Gesundheitsdienstes war es seit eh und je, dem Menschen eine Umwelt zu sichern, wie er sie für seine Gesundheit und für ein menschenwürdiges Dasein braucht. Zum menschenwürdigen Dasein gehört — neben Nahrung und Kleidung — ein angemessenes Wohnen.

Wie kommt dieses Anliegen in unserer Gesetzgebung zum Ausdruck?

Ausgangsbasis für die Wohnungssanierung und Stadtsanierung durch den öffentlichen Gesundheitsdienst sind noch immer die §§ 24 u. 25 der 3. *Durchführungsverordnung* zum Gesetz über die Vereinheitlichung des Gesundheitswesens aus dem Jahre 1935. Danach ist darauf zu achten, daß die Wohnungen „den baupolizeilich festgelegten gesundheitlichen Vorschriften genügen, insbesondere den gesundheitlichen Anforderungen an Licht und Luft ... Das Gesundheitsamt hat die Baupolizeiverordnungen ... und Ortsbebauungspläne vor ihrer endgültigen Festsetzung ... zu begutachten“.

Maßgebend für den langwierigen und vielschichtigen Prozeß der Ortsbebauung ist seit 1960 das Bundesbaugesetz. Es behandelt detailliert die Bauleitplanung, deren 1. Phase die Aufstellung des *Flächennutzungsplanes* und deren 2. Phase die Festlegung des verbindlichen *Bebauungsplanes* ist. Dort heißt es — § 1 (4) — „Die Bauleitpläne haben sich nach den sozialen und kulturellen Bedürfnissen der Bevölkerung, ihrer Sicherheit und Gesundheit zu richten“ und an anderer Stelle — § 5 (4) — „Gebiete, in denen zur Beseitigung städtebaulicher Mißstände besondere, der Stadterneuerung dienende Maßnahmen erforderlich sind (*Sanierungsgebiete*), sollen kenntlich gemacht werden.“

11 Jahre später, im Juli 1971, erschien nach ungewöhnlich langen Streitgesprächen in den Fachgremien endlich das Bundesgesetz über städtebauliche Sanierungs- und Entwicklungsmaßnahmen in den Gemeinden, das „*Städtebauförderungsgesetz*“. Die Sanierungsmaßnahmen sollen städtebauliche Mißstände beheben, „insbesondere durch Beseitigung baulicher Anlagen und Neubebauung oder durch Modernisierung von Gebäuden. ... Sie sollen dazu beitragen, daß die bauliche Struktur in allen Teilen des Bundesgebietes nach den sozialen, *hygienischen*, wirtschaftlichen und kulturellen Erfordernissen entwickelt wird und ... die Siedlungsstruktur den Anforderungen an *gesunde Lebens- und Arbeitsbedingungen* der Bevölkerung entspricht“.

Städtebau und Raumordnung sind dabei aufs engste miteinander verknüpft. Die Grundsätze der Raumordnung wurden im *Raumordnungsgesetz*

vom 8. April 1965 festgelegt. Danach soll „die räumliche Struktur der Gebiete mit gesunden Lebens- und Arbeitsbedingungen ... gesichert und weiter entwickelt werden. Sofern eine Verdichtung von Wohn- und Arbeitsstätten dazu beiträgt, räumliche Strukturen mit gesunden Lebens- und Arbeitsbedingungen sowie ausgewogenen wirtschaftlichen ... Verhältnissen zu erhalten, ist sie anzustreben; wo aber die Verdichtung zu ungesunden Lebens- und Arbeitsbedingungen führt, soll durch vorausschauende örtliche und regionale Planung, durch Verbesserung der Verkehrsverhältnisse und der Versorgungseinrichtungen und durch Entlastungsorte geholfen werden“.

Städtebauförderung und Raumordnung im Sinne dieser Gesetze sollten wegen ihrer engen Verflechtung in einer Hand liegen. Daß die in der vorigen Regierungsperiode im damaligen Ministerium für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung verankerte Raumordnung 1970 herausgelöst, also vom Städtebau-Ressort getrennt und ins Innenministerium überführt wurde, ist mehr als ein Schönheitsfehler gewesen und hat die praktische Handhabung der eben herausgestellten Maßnahmen zur Förderung gesunder Lebensräume noch schwerfälliger gemacht, als es die z. T. recht „heiße“ Materie ohnehin mit sich bringt, wobei hier nur ganz am Rande auf die vielen Probleme des Enteignungsrechtes und der Entschädigung bei der Sanierung hingewiesen sei.

Neben diesen bereits in Kraft getretenen Gesetzen möchte ich zur Ab-  
rundung des Überblickes noch einige *Gesetzentwürfe* erwähnen:

1. *Entwurf eines Bundesgesetzes zur Sicherung gesunder Wohnverhältnisse*; er wurde in der Gesellschaft für Wohnungs- und Siedlungswesen e. V., Hamburg, von der Fachkommission „Boden- und Enteignungsrecht“ und der Kommission „Wohnungsstandard, Wohnungsbedarf und Wohnungsaufsicht“ im Juli 1968 vorgelegt;
2. Entwurf eines Landesgesetzes zur Beseitigung von Wohnungsmißständen — *Wohnungsaufsichtsgesetz* —; soweit hier bekannt, ist in Bayern 1969 ein Entwurf herausgekommen, in Berlin wird z. Z. ein Entwurf bearbeitet, der die alte Wohnungsverordnung von 1958 ablösen soll.

Bei diesem flüchtigen Rundgang durch die wichtigsten Gesetze sind wir wiederholt auf die Begriffe „gesunde Wohnverhältnisse“, „Sicherheit und Gesundheit der Bevölkerung“, „gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse“ u. ä. m. gestoßen. Im 2. Teil meiner Ausführungen möchte ich etwas konkreter beschreiben, was die zuständigen Fachkommissionen — teilweise auch das Bundesgesundheitsamt — als Merkmale für die allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohnverhältnisse ansehen, weil sich daraus auch die *Maßstäbe für die Sanierungsbedürftigkeit* ergeben.

Für den öffentlichen Gesundheitsdienst gelten bestimmte Wertmaßstäbe, und zwar

1. Gebiets- und Grundstücksmerkmale;
2. Gebäudemerkmale;
3. Wohnungsmerkmale.

Die erste Gruppe dieser Umwelt-Wertmaßstäbe, die „*Gebiets- und Grundstücksmerkmale*“ wurden oder werden in anderen, z. T. sehr detaillierten Referaten dieser Tagung abgehandelt, so daß ich z. B. die Trinkwasserversorgung, die Entwässerung, die Reinhaltung der Außenluft und den Lärmschutz weitgehend ausklammern muß, obwohl sie selbstverständlich zur Stadtsanierung gehören. Ich bitte daher um Verständnis dafür, daß ich Ihnen kein ausgewogenes Panorama bieten kann, sondern nur selektive Hinweise zur Ausfüllung unseres General-Tagungsthemas.

Welche *Bebauungsdichte* gestattet noch gesunde Wohnverhältnisse?

Maßstab sind die

$$\text{Grundflächenzahl} = \frac{\text{von baulichen Anlagen bedeckte Grundstücksfläche}}{\text{gesamte Baugrundstücksfläche}} \leq 0,5$$

und die

$$\text{Geschoßflächenzahl} = \frac{\text{Summe der Geschoßflächen}}{\text{Fläche des Baugrundstückes}} \leq 1,5$$

Höhere Werte erscheinen als *sanierungsverdächtig*.

Aussagekräftiger als diese Zahlen sind die *Auswirkungen* des Maßes der baulichen Nutzung; wenn also z. B. die Abstände gegenüberliegender Gebäude zu klein werden oder die Abstandsflächen ungünstig liegen.

Im Zuge der Sanierung eines alten City-Straßenvierecks wird häufig gefragt, ob Ersatz durch ein *Wohnhochhaus* angezeigt ist. Bei Abwägung aller Vorzüge und Nachteile eines Wohnhochhauses ergeben sich heute kaum noch grundsätzliche Bedenken, wenn neben den unabdingbaren Auflagen der Bauaufsicht auch die technische Bauhygiene in bezug auf Dichtigkeit der Fenster u. ä. m. zum Zuge kommt. Kinderspielflächen und Kraftfahrzeugabstellplätze lassen sich beim Wohnhochhaus in der Regel gut anordnen, so daß die Gefahren gemildert sind, die den Kindern sonst in engen Straßen mit den sichthindernden Ketten ruhender Fahrzeuge drohen. Wenn man sich aber aus besonderen Gründen gegen den Bau von Wohnhochhäusern schützen will, bietet sich eine Möglichkeit, indem die von Hochhäusern frei zu haltenden Flächen im Flächennutzungsplan ausgewiesen werden. Architektonisch-städtebauliche Argumente für oder gegen das Wohnhochhaus gehören nicht zum Tagungsthema.

Die Notwendigkeit von *Kinderspielplätzen* für die Gesunderhaltung und Sicherheit der Kinder ist jetzt erfreulicherweise in fast allen Landes-



bauordnungen berücksichtigt. In Berlin z. B. wird bei Errichtung von Gebäuden mit mehr als 3 Wohnungen eine Spielfläche von mindestens  $2,5 \text{ m}^2/\text{Kind}$ , insgesamt aber mindestens  $30 \text{ m}^2$  verlangt. Sie soll eine sonnige Lage haben, von den Wohnungen aus einsehbar und nicht über 100 m entfernt sein. Bei mehr als 150 Neubauwohnungen muß die Ausstattung auch für ältere Kinder geeignet sein (Kletterbäume u. ä. m.). Den Gegenpol bilden Wohnverhältnisse, wie sie Zille illustriert hat. Wenn das Fehlen privater Kinderspielplätze nicht durch geeignete andere Spielgelegenheiten oder Spielstraßen ausgeglichen werden kann, ist die kritische Marke der ungesunden Wohnverhältnisse erreicht und eine Sanierung ins Auge zu fassen. Die neuen Ausführungsvorschriften zur Berliner Bauordnung geben die Möglichkeit, die Anlage von Kinderspielplätzen auch im alten Mietskasernengelände im Wege der Auflage zu erzwingen. Für den öffentlichen Gesundheitsdienst sollte die Schaffung von Kinderspielflächen Vorrang haben gegenüber Abstellflächen für den ruhenden Kfz-Verkehr.

Es gibt noch ein weiteres Gebietsmerkmal, das bei der Entkernung eines City-Areals und seiner Verlagerung, z. B. an den Stadtrand (als „Entlastungsort“ im Sinne des Raumordnungsgesetzes), für die Reinhaltung der Außenluft bedeutsam werden kann: der sogenannte *Energie-Anschluß-zwang*. Der Deutsche Städtebund hat 1971 in einer Entschließung das Recht gefordert, für Grundstücke die Benutzung von Gas oder Elektrizität oder Fernwärme ebenso verbindlich vorzuschreiben wie etwa die Benutzung von Abwasserkanälen. In Hessen kann seit November 1971 die Gemeinde für Grundstücke ihres Gebietes den Anschluß an eine Fernheizung genauso vorschreiben wie den Anschluß an die Kanalisation, Müllabfuhr, Straßenreinigung.

Damit läßt sich unter Zurückstellung konkurrierender Geschäftsinteressen der verschiedenen Energieversorgungsunternehmen folgendes erreichen: Wenn ein neues Bebauungsgelände mit einem Fernheiznetz ausgestattet wird, müssen alle Gebäude an dieses Netz angeschlossen werden. Einzelfeuerstätten mit Kohle, Koks oder Öl dürfen nicht errichtet werden; in entsprechender Weise ist auch der Zwang zum Anschluß an eine Erdgasleitung denkbar. In beiden Fällen ist und bleibt die Verunreinigung der Außenluft durch Einzelfeuerstätten für ein ganzes Gebiet ausgeschlossen. Aus der Sicht des öffentlichen Gesundheitswesens ist es m. E. auch rückständig, wenn heute noch Gaswerke, Elektrizitätswerke und Ölraffinerien mit ihren z. T. anfechtbaren Propaganda-Argumenten um jedes einzelne Grundstück werben, statt daß ein unabhängiges kommunales Energieversorgungsunternehmen (Stadtwerke) die optimale Lösung im Sinne einer umweltfreundlichen Technik ausarbeitet und festlegt.

### *Gebäudemerkmale*

Die für eine Sanierung maßgebenden *Gebäudemerkmale* ergeben sich häufig aus den Bauordnungen, so daß wenige Stichworte genügen. Wenn die Forderungen der Bauaufsicht an die Standsicherheit (ich erinnere die Berliner an die Räumungsaktion in der Hebbelstraße in Charlottenburg Anfang dieses Jahres!), an die Brandverhütung, an die Festigkeit der tragenden Wände, Geschoßdecken, Treppenhäuser u. ä. nicht mehr erfüllt sind, besteht Gefahr für Leben und Gesundheit. Falls Reparaturen nicht ausreichend abhelfen, ist die Sanierung im Sinne des Abrisses besiegelt. Die Gesundheitsbehörde wird normalerweise kaum einzugreifen brauchen.

### *Wohnungsmerkmale*

Schwieriger ist es dagegen, geeignete Merkmale für eine „gesunde Wohnung“ bzw. „gesunde Wohnverhältnisse“ auszuwählen und „kritische Marken“ festzulegen, bei welchen ungesunde Wohnverhältnisse vorliegen oder vorliegen können.

*Kellerwohnungen* werden von den erwähnten Fachkommissionen in jedem Fall als ungesund bewertet, wenn ihr Fußboden mehr als 60 cm unter der anschließenden Geländeoberfläche liegt. Aber auch, wenn dieser Abstand geringer ist, können andere Mängel, wie Feuchtigkeit, nicht isolierter Fußboden, unzureichende Besonnung und Tageslichtzufuhr eine Sanierung notwendig machen.

Im Hinblick auf *Besonnung*, Beleuchtung, Brandschutz spielt bei alten Wohnungen der Abstand zwischen den Fenstern der eigenen Aufenthaltsräume und denen des gegenüberliegenden Gebäudes eine entscheidende Rolle. Den wohlüberlegten und daher auch recht differenziert abgestuften einschlägigen Forderungen der heute gültigen Bauordnungen werden Altbaugebiete in den meisten Fällen auch nicht im entferntesten gerecht; erwähnt seien nur alle Gebäude mit Hinterhöfen. Wenn man hier dem Amtsarzt wenigstens eine ganz roh orientierende Richtmarke für die Grenze der ungesunden Wohnverhältnisse geben möchte, so ist (mit großem Vorbehalt) folgende Faustformel diskutabel: Die Entfernung vom gegenüberliegenden Fenster muß mindestens gleich dem Höhenunterschied zwischen diesem Fenster und der Dachkante sein, auf jeden Fall mindestens 4 m. Kritisch bezüglich Besonnung und Tageslichtzufuhr sind also in erster Linie die Erdgeschoß- und früheren Souterrainwohnungen; die partielle Sanierung dieser Geschoße ist aber nicht praktikabel; ihre Sperrung für Wohnzwecke setzt die Möglichkeit anderweitiger, umweltfreundlicher Nutzung oder einer

Entschädigung voraus, so daß gerade diese Wohnungen immer eine gesundheitliche oder finanzielle Belastung bedeuten, ganz abgesehen von der Straßenlärmmmission.

Als weiteres Wohnungsmerkmal ist der *Wohnungszugang* zu nennen. Wenn eine Wohnung keinen eigenen und unmittelbaren Zugang vom Treppenraum oder vom Freien hat, ist kein befriedigender Schutz der Gesundheit und der Familie, insbesondere der Kinder, gegeben.

Als kritische Marke für die *lichte Raumhöhe* gilt im Sinne der Sanierung 2,25 m; Unterschreitungen bis herab zu 2 m können unter Berücksichtigung von Art und Umfang der Benutzung noch tragbar sein, sofern ausreichende Besonnung, Tagesbeleuchtung und Lüftung gesichert sind.

Ungesunde Wohnverhältnisse sind zu unterstellen, wenn kein Wohnraum in der Wohnung mindestens 12 m<sup>2</sup> *Grundfläche* hat, weil dann ein gemeinsames Leben in der Familie stark behindert ist.

Die kritische Marke zur Sanierung ist ebenfalls erreicht, wenn sich in der Wohnung keine *Küche* mit Wasserzapfstelle, Ausguß und Herdanschlußmöglichkeit befindet. Das braucht keinen Abbruch des Gebäudes zu bedeuten. Durch geringfügigen Umbau des Wohnungsgrundrisses läßt sich in vielen Fällen wenigstens eine Kochnische einbauen, wobei die *Kochnische* als unabgeschlossener Teilbezirk eines durch Fenster belüftbaren und beleuchteten größeren Aufenthaltsraumes zu definieren ist. Bei Wohnungen mit mehr als zwei Aufenthaltsräumen ist die Kochnische abzulehnen und zu prüfen, ob einer der Altbauräume in toto zu einer Küche umgebaut werden kann.

Da außer der Küche noch Abort — Dusche — Bad zu den Naßräumen zählen und installationsmäßig zusammengehören, wird man Bad und WC in einem Zuge mit der Küche zu sanieren versuchen. Es besteht wohl heute auch auf Seiten der verantwortlichen öffentlichen Kreditgeber kein Zweifel, daß der Tatbestand der ungesunden Wohnverhältnisse erfüllt ist, wenn innerhalb einer Wohnung kein WC vorhanden ist, und ebenso, wenn innerhalb der Wohnung keine Dusch- oder Badeeinrichtung existiert. Wohnungen mit so erheblichen hygienischen Mängeln fallen unter den „Bruchbudenparagraphen“ 5 des III. Bundesmietengesetzes. Daß in der Rechtsprechung zu diesen Gesetzen bisweilen die Benutzung einer gemeinsamen Toilette durch mehrere Wohnparteien nicht als Mangel angesehen wurde, sofern die Benutzerzahl nicht zu hoch lag, sollte unsere wohnhygienische Bewertung nicht erschüttern.

Ein nachträglicher Einbau von Bad und WC wird in vielen Fällen der Sanierung möglich sein in Form einer fensterlosen *Innenttoilette*, die also nicht an der Außenwand, sondern im Kern des Wohnungsgrundrisses, z. B. am Flurende, liegt. Voraussetzung hierfür ist die Möglichkeit ausreichender

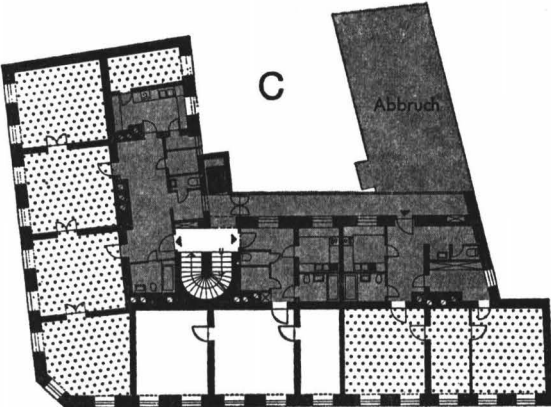
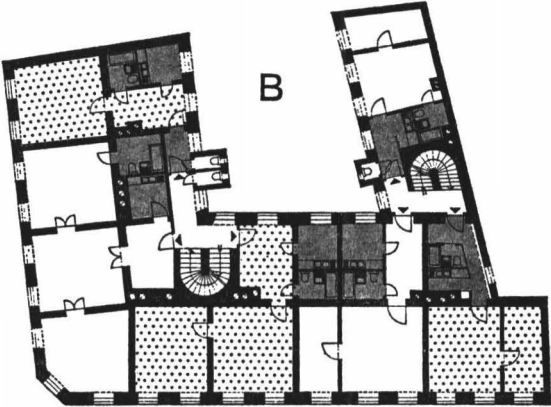
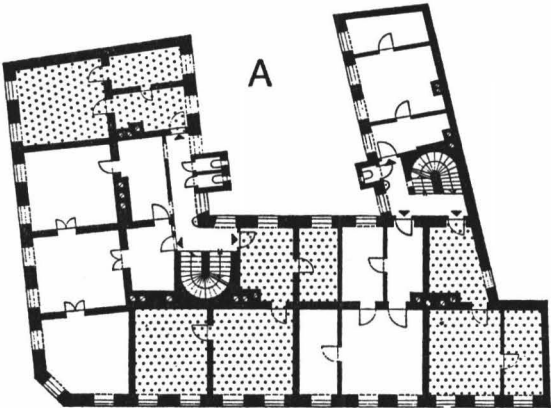
Lüftung. Der durch eine Schachtlüftung erreichbare Luftwechsel hängt so sehr von der Außentemperatur, dem Winddruck und der Windrichtung ab, daß fensterlose Bäder und Toiletten eine elektrische Lüftungsanlage erhalten sollten. Die einschlägigen Normen (DIN 18011) und Ausführungsvorschriften der Bauaufsicht geben genügend Hinweise hierzu.

Die Sanierungsbedürftigkeit von Wohnungen durch nachträglichen Einbau von Bad und WC wird vielfach unterschätzt. Die nachstehenden Zahlen aus dem Statistischen Jahrbuch 1971 mögen die Dringlichkeit verdeutlichen: In Gemeinden mit 500 000 und mehr Einwohnern der BRD einschließlich West-Berlin gab es am Stichtag der neuesten Erhebung (25. 10. 1968) 2 883 700 Wohnungen (= 100 %). Hiervon waren ausgestattet

mit Bad, WC und Sammelheizung	34,3 %,
mit Bad, WC, ohne Sammelheizung	39,4 %,
ohne Bad, mit WC in der Wohnung	15,9 %,
ohne Bad und ohne WC in der Wohnung	10,4 %,

das sind rund 300 000 Wohnungen ohne Bad und ohne WC innerhalb der Wohnung! Hier zu sanieren, ist für den öffentlichen Gesundheitsdienst ungleich wichtiger als die Reklame der Sanitärindustrie für den komfortablen Familien-Baderaum mit Design, Dekor, Fernseher und Hausbar!

Die hohe Zahl dieser sanierungsbedürftigen Wohnungen gibt Anlaß, anhand eines Beispiels zu zeigen, wie sich durch wohlüberlegte Detailplanung aus dem typischen Grundriß eines alten Mietwohnhauses mit vertretbarem Aufwand eine wohnhygienisch befriedigende Lösung finden läßt. Bild A zeigt den ursprünglichen Gebäudegrundriß mit 6 Wohnungen und 3 gemeinsam zu benutzenden Klosetts hofseitig an den Quergebäuden. Unter Aufrechterhalten von 6 Wohnungen ist in Bild B eine Sanierungsmöglichkeit durch Umbau jeweils eines Raumes jeder Wohnung zum fensterlosen Innenabtritt mit Bad in Nachbarschaft zum anderen „Naßraum“ Küche gezeigt. Die hofseitigen Klosetts sind entbehrlich geworden und die ursprünglich dorthin führenden gemeinsamen Hausflure teilweise den Wohnungen zugeschlagen. Im Unterschied zu dieser Mindestlösung zeigt Bild C eine radikale Verbesserung: der rechte Seitenflügel ist abgerissen. Die verbliebene Grundfläche ist in drei gutgeschnittene Wohnungen mit einer 5-Zimmerwohnung und zwei 3-Zimmerwohnungen aufgeteilt. Die rechts liegende Wohnung des Vorderhauses wird über den hofseitig angebauten „Laubengang“ erreicht. Anstelle der abgerissenen Klosetts am Hof ist ein Aufzug eingebaut. Die Wasser- und Abwasserinstallation der Naßräume Küche, Bad und WC sind geschickt zusammengefaßt. Dieses typische Beispiel zeigt, daß sich mit einigem Aufwand an Mühe bei gutem Willen durchaus brauchbare Sanierungslösungen finden lassen, ohne die Altbauten



Legende S. 335

insgesamt abreißen zu müssen. Daß den Architekten problemärmere, aber einträglichere Neubauprojekte mehr reizen, darf den notwendigen und praktikablen Umbau alter Gebäude nicht in Vergessenheit geraten lassen. Durch entsprechende Zusammenarbeit zwischen Gesundheitsbehörde—Bauaufsicht—Sanierungsstelle lassen sich hier mit vertretbaren Mitteln noch viele Wohnungsmißstände beheben.

Fensterlosigkeit ist nur in den oben erwähnten Ausnahmefällen vertretbar. Man hat versucht, als Wohnungsbewertungsmerkmal eine *Mindestfenstergröße* festzulegen, unterhalb deren ungesunde Wohnverhältnisse anzunehmen sind. Die Fachkommissionen brachten ins Gespräch: Größe aller Fenster mindestens  $\frac{1}{20}$  der Grundfläche. Die Bauordnungen verlangen in der Regel  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{10}$  der Grundfläche. Ich halte den einen wie den anderen Maßstab für unbrauchbar, weil er die Verbauung durch gegenüberliegende Gebäude, Bäume u. ä. m. unberücksichtigt läßt und über die Qualität und Quantität des Tageslichtes im Raum zu wenig aussagt.

Als letztes Wohnungsmerkmal sei kurz die *Heizung* erwähnt. Die untere kritische Marke des gesundheitlich Zumutbaren ist gegeben, wenn nicht mindestens für die Hälfte der Wohn- und Schlafräume eine Heizmöglichkeit besteht. Ein Aufenthaltsraum ohne stationäre Heizeinrichtung wird von sozial schwächer gestellten Mietern allenfalls durch Offenstehenlassen der Tür zum geheizten Nachbarraum ein wenig mit erwärmt, wobei aber Außenwand und Fenster so kalt bleiben, daß mit einem ungesunden Raumklima von erheblicher Einwirkungsdauer zu rechnen ist.

Gestatten Sie mir als Abschluß noch einen Hinweis auf die besondere Sanierungsbedürftigkeit der dem Lebensabend dienenden Altenheime, Altenwohnheime und Altenpflegeheime. Bei diesen Heimen sind leider die o. a. kritischen Marken häufig für mehrere Merkmale unterschritten. Es sollte auch für den öffentlichen Gesundheitsdienst ein besonderes Anliegen sein, daß in solchen Heimen nicht nur der Tod hinausgeschoben wird, sondern daß der Lebensabend durch verständnisvolle Gestaltung der klein gewordenen Umwelt erträglicher gemacht wird. Die bauliche Sanierung kann hier allein über die psychische Beeinflussung Erstaunliches leisten.

Abb. S. 334: Sanierung eines alten Gebäudetракtes

A ursprünglicher Grundriß: für 6 Wohnungen 3 Klosetts

B 3 Wohnungen mit „Naßraumgruppe“ Küche — Bad — WC

C 3 Wohnungen mit Küche, Bad + Bidet, WC, Abstellraum; Aufzug, Müllabwurf-schacht

## LITERATUR:

- Musterbauordnung für die Länder des Bundesgebietes einschließlich des Landes Berlin. Januar 1960. Schriftenreihe BMWohn Bd. 16. In Anlehnung hieran die neuen Bauordnungen einzelner Bundesländer.
- Bundesbaugesetz vom 23. Juni 1960. Bundesgesetzbl. 1960, Teil I, S. 341/388.
- Raumordnungsgesetz vom 8. April 1965. Bundesgesetzbl. 1965, Teil I, S. 306/310.
5. und 6. Bundesmietengesetz vom 20. Dez. 1968 bzw. 19. Dez. 1969 (Bruchbudenparagraph!). Bundesgesetzbl. 1968, Teil I, S. 1411 bzw. 1969, Teil I, S. 2357.
- Städtebauförderungsgesetz vom 27. Juli 1971. Bundesgesetzbl. 1971, Teil I, S. 1125/1156.
- Entwurf eines Bundesgesetzes zur Sicherung gesunder Wohnverhältnisse. Ein Diskussionsbeitrag zum Sanierungsproblem. Schriftenreihe der Gesellschaft für Wohnungs- und Siedlungswesen e. V. (GEWOS), Hamburg, 39; Hans Christians Verlag, Hamburg, 1968.
- Allgemeine Anforderungen an gesunde Wohnverhältnisse. Ein rechtswissenschaftliches Gutachten, insbesondere im Hinblick auf die Voraussetzungen für städtebauliche Sanierung. Schriftenreihe der Gesellschaft für Wohnungs- und Siedlungswesen e. V. (GEWOS), Hamburg 39; Hans Christians Verlag, Hamburg, 1968.
- Entwurf eines Wohnungsaufsichtsgesetzes (Landesgesetz zur Beseitigung von Wohnungsmißständen). Entwurf in Bayern 1969, in Berlin z. Z. in Bearbeitung.

# Umweltbereich Lärm

## im Umweltprogramm der Bundesregierung

Von H. Gummlich

Unter Lärm verstehen wir Geräusche, die den Menschen stören, belästigen oder gefährden. Ziel der Lärmbekämpfung ist es, die Belastung des Menschen durch Geräusche auf ein erträgliches Maß zu mindern. Dazu bedarf es der Kenntnis der physikalischen Eigenschaften der Geräusche, die man durch die Geräuschemessung erhält, ferner einer geeigneten Bewertung dieser Geräuschmeßdaten hinsichtlich der physiologischen oder psychologischen Auswirkungen von Lärm auf den Einzelmenschen sowie auch soziologischer und ökonomischer Lärmfolgen und schließlich einer breiten Skala technischer, organisatorischer und administrativer Maßnahmen zur Geräuschbekämpfung. Die Lärmbekämpfung wird damit zu einem Arbeitsfeld, das sowohl in der Forschung als auch in der Praxis nur dann Aussicht auf Erfolg hat, wenn alle beteiligten Fachrichtungen sinnvoll zusammenarbeiten.

Technisierung und Urbanisierung haben in den vergangenen Jahrzehnten zu einem rapiden Anwachsen der Belastung durch Lärm geführt. Ohne intensive und umfassende Maßnahmen zur Lärmbekämpfung wird mit einer weiteren Erhöhung der allgemeinen Geräuschbelastung gerechnet werden müssen. In welchem Umfang die Bevölkerung in ihrem Leben durch Lärm beeinträchtigt wird, kann man den Zahlen entnehmen, die das Allensbacher Institut für Demoskopie als Ergebnis von Erhebungen veröffentlicht hat. Während im Januar 1960 auf die Frage: „Wohnen Sie ruhig oder ist es manchmal im Haus oder von draußen sehr laut?“ nur 35 % der Gesamtbevölkerung antworteten, daß es manchmal oder immer sehr laut sei, waren es im Juni 1969 bereits 43 % der erwachsenen Bevölkerung im Bundesgebiet und Westberlin. Das bedeutet, daß die knappe Hälfte oder rund 20 Millionen Deutsche vom Lärm betroffen sind.

Ich möchte mich auf diese wenigen Zahlen beschränken. Sie sprechen für sich und begründen hinreichend, daß die Bundesregierung die Lärmbekämpfung in ihr Umweltprogramm aufgenommen hat. Wie in anderen Fachgebieten des Umweltschutzes wurde auch für den Lärm nach der Formulierung des Sofortprogrammes eine Projektgruppe zur Erarbeitung der endgültigen Fassung des Umweltprogramms gebildet. Gerade auf dem Gebiet der Lärmbekämpfung ist durch diese Arbeit eine Fülle von Daten und Anregungen zusammengekommen, und es ist sehr zu begrüßen, daß über die knappe Fassung des Umweltprogramms hinaus diese Unterlagen in einem



gesonderten Materialienband ungekürzt der Öffentlichkeit zugänglich gemacht worden sind.

Voraussetzung für eine wirksame Lärmbekämpfung und deshalb Ausgangspunkt des Teiles Lärm im Umweltprogramm ist eine intensive Grundlagenforschung. Dabei steht im Vordergrund des Interesses die Frage der Auswirkung von Lärm auf den Menschen. Es ist bekannt, daß nur sehr intensive Lärmeinwirkung zu eindeutig nachweisbaren körperlichen Schäden führt. Bei regelmäßiger Einwirkung von Schallpegeln über 90 dB (A) ergibt sich eine direkte Schädigung des Gehörs, die, wenn man vom Knalltrauma absieht, als einziger Gesundheitsschaden im klassischen Sinne angesehen werden kann.

Die meisten Geräuscheinwirkungen liegen aber unterhalb dieses Wertes und sind daher für das Gehör selbst ungefährlich. Dagegen kann man im Bereich mittlerer Schallpegel eine Reihe anderer, mit physiologischen Mitteln bestimmbarer Reaktionen an Organen außerhalb des Gehörs feststellen. Sie werden unter der Bezeichnung extraaurale Lärmwirkungen zusammengefaßt und bieten allgemein das Bild einer erhöhten Aktivierung des Organismus, also einer Verschiebung des Allgemeinzustandes von der Trophotropie zur Ergotropie hin. Sie äußert sich durch eine Reihe von meßbaren Reaktionen, u. a. durch Erhöhung des Stoffwechsels, Erhöhung des elektrischen Muskelaktionspotentials bis hin zu Änderungen der Funktion von Herz und Kreislauf. Insbesondere lassen sich Veränderungen der peripheren Durchblutung relativ gut nachweisen. Diese ganze Gruppe von Erscheinungen, die von etwa 60 dB (A) nachweisbar sind und über 90 dB (A) überproportional zunehmen, sind an sich normale Reizantworten. Man kann jedoch noch nicht mit Sicherheit ausschließen, ob sie auf die Dauer und im Zusammenwirken mit anderen körperlichen Belastungen nicht doch auch Anlaß zu Störungen sein können. Hier sind noch viele Untersuchungen notwendig.

Die psychologischen Geräuschwirkungen Störung und Belästigung sind Störungen des Wohlbefindens und damit der Gesundheit im Sinne der WHO-Gesundheitsdefinition. Aus psychologischen Labor- und Feldexperimenten kennt man Skalen, die den Grad der Störung in Beziehung setzen zu Geräuschkennwerten. Diese Skalen bilden meistens die Grundlage heute üblicher Richtwerte. Es sind aber noch viele Fragen offen, die der Klärung bedürfen, wie z. B. die der subjektiven Beurteilung von Geräuschen mit schwankendem Pegel oder der Verflechtung psychologischer mit physiologischen Wirkungen.

Eine der wesentlichsten Auswirkungen von Lärm ist die Schlafstörung. Es ist heute bekannt, daß Lärm auch dann den Schlaf im negativen Sinne beeinflussen kann, wenn der Betroffene davon nicht aufwacht. Fortlaufende

Minderung der Schlafqualität kann aber den Gesundheitszustand erheblich beeinträchtigen.

Ich will einige weitere Problemkreise nur kurz andeuten: Beeinträchtigung der Erholung in der Freizeit, Auswirkung auf geistige Tätigkeit, z. B. auch das Lernen in der Schule, Fragen der Lärmempfindlichkeit alter oder kranker Personen und schließlich Probleme der Gewöhnung und Sensibilisierung.

Die Projektgruppe hat zum Bereich der Lärmeinwirkungen ein aus 26 Einzelthemen bestehendes Forschungsprogramm erarbeitet. Vom Bundesministerium des Innern sind einige dieser Themen ausgewählt worden. Entsprechende Forschungsaufträge werden in Kürze erteilt werden.

Um Lärmbekämpfungsmaßnahmen größeren Umfanges wirksam ansetzen zu können, sind statistische Erhebungen über das Lärmaufkommen und den Grad der Beeinträchtigung der Bevölkerung notwendig. Beide Arten von Erhebungen sind bisher bereits praktiziert worden, jedoch meistens ohne Bezug aufeinander. Meinungsforschungsinstitute befragen gewöhnlich die Bevölkerung nach dem Grad der Störung, ohne daß gleichzeitig Messungen der Schallpegel vorgenommen werden, denen sie ausgesetzt ist. Umgekehrt sind von einer ganzen Reihe von Städten Lärmkarten gemessen worden, ohne daß Befragungen durchgeführt wurden. Optimale Information ist von einer kombinierten Technik zu erwarten, wie sie z. B. vor einigen Jahren in der Umgebung des Londoner Flughafens Heathrow mit guten Erfolgen benutzt wurde. Auch die deutsche Forschungsgemeinschaft hat in einer mehrjährigen umfangreichen Studie über Fluglärm in dieser Weise gearbeitet. Die Ergebnisse sollen in absehbarer Zeit zur Verfügung stehen. Man sollte jedoch derartige Erhebungen nicht nur auf Fluglärm beschränken, sondern auch andere Lärmarten, insbesondere auch die Kombination mehrerer Lärmarten, untersuchen.

Ein weiteres Forschungsgebiet will ich nur kurz andeuten: die Arbeiten zur Schaffung einheitlicher Meß- und Überwachungsverfahren. Ich möchte Sie hier nicht mit technischen Details belasten. Ganz allgemein kann man sagen, daß die Vereinheitlichung der Methoden bei der Geräuschmessung relativ weit fortgeschritten ist, während sie bei der Messung von Erschütterungen noch sehr zu wünschen übrig läßt. Auf eine neuere Ergänzung zur Geräuschmeßtechnik möchte ich in diesem Zusammenhang noch hinweisen: der Fachnormenausschuß Akustik hat in letzter Zeit ein Normblatt über die einheitliche Gestaltung von Fluglärmüberwachungsanlagen erarbeitet, die aufgrund einer Änderung des Luftverkehrsgesetzes für Verkehrsflughäfen obligatorisch geworden sind. Die beteiligten Bundesressorts bereiten eine Regelung über die Einführung dieser Anlagen vor, die sich im wesentlichen auf dieses Normblatt stützen wird.

Der Lärm gewerblicher Anlagen stellt das herkömmliche Arbeitsfeld der Lärmbekämpfung dar. Hier muß unterschieden werden zwischen dem Lärm am Arbeitsplatz und der Lärmeinwirkung auf die Nachbarschaft. Häufig führen Maßnahmen zur Minderung des Lärms am Arbeitsplatz auch zu einer Verbesserung der Lärmsituation in der Umgebung des Betriebes. Am Arbeitsplatz geht es in vielen Fällen darum, den Arbeitnehmer vor Gehörschäden zu schützen. Etwa jeder fünfte gewerbliche Arbeitnehmer in der Bundesrepublik ist heute Geräuschbelastungen ausgesetzt, die sein Gehör gefährden. Vom Verein Deutscher Ingenieure (VDI) wurde deshalb im vergangenen Jahr eine Richtlinie über die Beurteilung der Gehörschädlichkeit von Geräuschen am Arbeitsplatz und über Methoden der audiometrischen Überwachung von Lärmarbeitern erarbeitet.

Die zulässige Geräuschimmission in der Nachbarschaft von industriellen Anlagen, die nach § 16 der Gewerbeordnung genehmigungspflichtig sind, wird durch die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TALärm) festgesetzt.

Diese allgemeine Verwaltungsvorschrift nach § 16 der Gewerbeordnung wurde im Jahre 1968 erlassen und ist insofern bemerkenswert, als darin erstmalig nicht nur Einzelwerte der Geräuschimmission zur Beurteilung herangezogen werden, sondern der zeitliche Mittelwert der meistens in der Höhe schwankenden Geräuscheinwirkung, der sog. äquivalente Dauerschallpegel, zur Beurteilungsgrundlage gemacht wird. Das Verfahren war anfangs einigermaßen umstritten, es hat sich aber offenbar bewährt. Die mit der Anwendung der TALärm befaßten Ländermeßstellen kommen in regelmäßigen Sitzungen zum Erfahrungsaustausch zusammen, und es hat bis jetzt keine schwerwiegenden Einwände gegen dieses Meßverfahren gegeben.

Ein besonderes Anliegen der Bundesregierung stellt die Festsetzung von Emissionsrichtwerten für lärmemittierende Maschinen dar. Sie ist derzeit im Begriff, diese Pläne für Baumaschinen zu realisieren, deren Emission zu den besonders lästigen Lärmarten zählt und die kein Gebiet verschont, auch das besonders schutzwürdige nicht. Bauarbeiten sind zwar gewöhnlich von begrenzter Dauer. Andererseits variieren die Lärmsituationen auf Baustellen mehr als bei stationären gewerblichen Anlagen. Einrichtungen passiven Schallschutzes sind gewöhnlich unzumutbar. Mobile Schallschutzeinrichtungen bringen häufig keine ausreichende Lärminderung. Der Bekämpfung des Lärms an der Quelle, d. h. an der Baumaschine selbst, kommt also hier besondere Bedeutung zu. Diesem Ziel dient das Gesetz zum Schutz gegen Baulärm. Es schreibt dem Betreiber von Baumaschinen vor, daß Geräusche verhindert werden müssen, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind, und daß Vorkehrungen zu treffen sind, die die Ausbreitung unvermeidbarer Geräusche von der Baustelle auf ein Mindestmaß beschränken.

Zur Durchführung dieses Gesetzes wurde eine Reihe allgemeiner Verwaltungsvorschriften erlassen. So werden in einer Verwaltungsvorschrift das Meßverfahren für die Immission und Immissionsrichtwerte für den Ort des Betroffenen festgelegt. Außerdem enthält diese allgemeine Verwaltungsvorschrift in einem Anhang einen Katalog möglicher Maßnahmen zur Minderung der Schallausbreitung von der Baustelle zum Betroffenen. Eine andere allgemeine Verwaltungsvorschrift setzt das Verfahren zur Messung der Emission von Baumaschinen fest. Aufbauend auf diesem Meßverfahren wurden weitere allgemeine Verwaltungsvorschriften erlassen, die Emissionsrichtwerte für die einzelnen Baumaschinenarten bestimmen, so für Transportbetonmischer und Betonmischeinrichtungen und für Kompressoren. Eine allgemeine Verwaltungsvorschrift mit Emissionsrichtwerten für Radlader liegt dem Bundesrat vor. Eine weitere für Betonpumpen wird demnächst erarbeitet werden. Für alle weiteren Baumaschinen sind Forschungsaufträge zur Ermittlung der typischen Geräuschemissionen erteilt, so daß in absehbarer Zeit für alle wichtigen Baumaschinen Emissionsrichtwerte festgesetzt werden können. Diese Emissionsrichtwerte sind zeitlich gestuft, d. h. es werden Richtwerte festgesetzt, die ab 1972 gelten und gleichzeitig verschärfte Richtwerte, die von den gleichen Maschinenarten vom Jahre 1975 an erfüllt werden müssen. Wenn Baumaschinen die festgesetzten Emissionsrichtwerte um mehr als 5 dB (A) unterschreiten, dürfen sie als Maschinen bezeichnet werden, die erhöhten Schallschutzanforderungen entsprechen. Die Summe aller hier genannten Maßnahmen wird der Industrie die Verpflichtung zur Herstellung geräuscharmerer Baumaschinen auferlegen und eine Handhabe dafür bieten, den Lärm von Baustellen auf ein erträgliches Maß zu mindern.

Die zahlenmäßig größte Gruppe der Lärmbetroffenen wird durch Verkehrslärm gestört. Innerhalb des Verkehrslärms ist es der Straßenverkehrslärm, der die meisten Menschen in ihren Wohnungen erreicht. 30 % der erwachsenen Bevölkerung der Bundesrepublik und Westberlins fühlen sich durch Straßenverkehrslärm beeinträchtigt. Wir können beim Kraftfahrzeug als Schallquellen Motor, Auspuff und Reifen unterscheiden. Beim PKW geht bei Geschwindigkeiten unter etwa 50 bis 60 km je Stunde der überwiegende Geräuschanteil von Motor und Auspuff aus. Bei höheren Geschwindigkeiten überwiegt dagegen das Reifengeräusch, das von der Beschaffenheit der Reifen und der Straßendecke abhängt. Das bedeutet, daß für den Stadtverkehr am Fahrzeug noch Verbesserungen zu erwarten sind, während das bei schnellbefahrenen Landstraßen und Autobahnen sehr viel schwieriger ist, weil lärmarme Reifen und Straßendecken besonders glatt sein müßten. Das ist aber aus Sicherheitsgründen nicht möglich. Bei Lastkraftwagen ist durch Lärmbekämpfungsmaßnahmen am Antriebsaggregat eine Minderung der

bisher abgestrahlten hohen Schallpegel erreichbar, jedoch stehen z. B. einer Kapselung dieser Teile u. U. Kühlungsprobleme entgegen. Auch durch automatische Getriebe sind erhebliche Geräuschkinderungen zu erwarten, weil dadurch das Hochjagen der Motoren beim Anfahren an der Kreuzung weitgehend wegfällt. Hier sind überall noch Verbesserungen möglich.

Man muß sich aber der Tatsache bewußt sein, daß durch leisere Kraftwagen allein das Problem des Straßenverkehrslärms nicht zu lösen ist, denn wo leise Autos in großen Mengen auftreten, werden sich einfach durch die Summierung der Schallenergie trotzdem noch relativ hohe Pegel ausbilden. Es ist deshalb unerläßlich, zusätzlich verkehrslenkende und planerische Maßnahmen zu ergreifen. Dazu gehören:

Automatische Ampelsteuerungen, wie z. B. grüne Wellen,  
Verbesserung des Verkehrsablaufes auf überregionalen Straßen,  
schalltechnisch richtige Anordnung von Wohnbauten, wenn sie schon in der Nähe von Verkehrsstraßen stehen müssen,

Abstimmung der städtebaulichen Planung auf die Planung der Verkehrswege und umgekehrt, um zu vermeiden, daß Wohnsiedlungen unmittelbar neben großen Verkehrswegen angelegt werden,

Ausschöpfung der Lärminderungsöglichkeiten, die sich durch Führung der Straßen in Einschnitten, durch Anlegen von Lärmschutzwällen oder durch Errichten von Schallschutzwänden ergeben.

Ein letztes Mittel stellt die zeitweilige oder dauernde Sperrung von Straßen aus Gründen des Lärmschutzes dar, die in § 45 der neuen Straßenverkehrsordnung vorgesehen ist und eine Handhabe bietet, insbesondere in Krankenhaus- und Kurbezirken den Schutz der Nachtruhe zu sichern.

Geht man von der Statistik der Lärmgestörten aus, so scheint der Fluglärm weit weniger wichtig zu sein als der Straßenverkehrslärm, denn nur 2 % der Befragten klagen über Fluglärm. Tatsächlich ist aber diese relativ kleine Bevölkerungsgruppe seit der Einführung der Düsenflugzeuge Lärmbelastungen ausgesetzt, die das Maß des Erträglichen weit überschreiten. Maßnahmen zur Lärminderung am Triebwerk selbst sind sehr erschwert, weil die Erzeugung von Vortrieb und Geräusch physikalisch unmittelbar miteinander verknüpft sind. In den letzten fünf bis sechs Jahren ist sehr viel an dem Problem gearbeitet worden. Ein Resultat ist das heute fast ausschließlich für Neukonstruktionen verwendete Mantelstrom- oder Zweikreistriebwerk, das eindeutig leiser ist als die früher benutzten Einkreistriebwerke, wie wir das z. B. bei der Boeing 747, dem Jumbo-Jet, erlebt haben. Die internationale Zivilluftfahrtorganisation hat zur Unterstützung dieser Entwicklung Schallpegelrichtwerte für strahlgetriebene Verkehrsflugzeuge über 5,7 t Startgewicht erarbeitet, die von allen neu zugelassenen

Mustern eingehalten werden müssen. Durch eine Bekanntmachung des Luftfahrtbundesamtes in den Nachrichten für Luftfahrer sind diese Richtwerte auch in der Bundesrepublik für verbindlich erklärt worden. Neukonstruktionen werden nicht zum Verkehr zugelassen, wenn sie diese Werte nicht einhalten.

So erfreulich dieser Fortschritt ist, wird er jedoch nicht dazu führen, daß wir in Kürze nur noch leise Flugzeuge haben. Die erreichbaren Pegelminderungen vermeiden die schlimmsten Auswüchse der Lärmentwicklung, im ganzen bleibt das Flugzeug jedoch ein relativ lautes Verkehrsmittel. Außerdem werden sich diese Maßnahmen erst im Laufe von Jahren allmählich auswirken können, wenn nach und nach die alten Typen aus dem Verkehr gezogen sind.

Um die Bevölkerung in den Flughafenrandgebieten vor unzumutbarem Lärm zu schützen, müssen deshalb passive Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Das kann auf zwei Wegen geschehen. Einmal durch Baubeschränkungen, die verhindern, daß in unmittelbarer Nähe der Flugplätze überhaupt Bauten errichtet werden. Zum anderen durch Schallschutzmaßnahmen an Gebäuden, die dort vorhanden sind oder aus zwingenden Gründen errichtet werden müssen. Diese beiden Maßnahmen sind der wesentliche Inhalt des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm vom 30. März 1971. Das Gesetz schreibt die Festsetzung von Lärmschutzbereichen vor für Verkehrsflughäfen, die dem Fluglinienverkehr angeschlossen sind, und für militärische Flugplätze, die dem Betrieb von Flugzeugen mit Strahltriebwerken zu dienen bestimmt sind. Der Lärmschutzbereich wird in zwei Schutzzonen unterteilt:

Schutzzone 1 umfaßt das Gebiet, in dem der äquivalente Dauerschallpegel 75 dB (A) übersteigt,

Schutzzone 2 das Gebiet mit Werten über 67 dB (A).

Im gesamten Lärmschutzbereich dürfen Krankenhäuser, Altenheime, Erholungsheime, Schulen und ähnliche schutzbedürftige Einrichtungen nicht errichtet werden. In Schutzzone 1 dürfen Wohnungen nicht errichtet werden. Es werden Schallschutzanforderungen aufgestellt, die von den Gebäuden im Lärmschutzbereich erfüllt werden müssen. Für die nachträgliche Anbringung von Schallschutzmaßnahmen an in der Schutzzone 1 vorhandenen Gebäuden können in gewissem Umfang Aufwendungen erstattet werden, ebenso kann der Eigentümer eines Grundstückes, das durch das Bauverbot an Wert verloren hat, eine angemessene Entschädigung in Geld verlangen.

Rechtsverordnungen zur Durchführung dieses Gesetzes befinden sich in Vorbereitung. Unmittelbar nach der Verkündigung des Gesetzes ist eine Gruppe von Experten mit der Erarbeitung eines Datenerfassungssystems zur einheitlichen Einholung der Daten von den Flughäfen beauftragt worden.

Dieses Datenerfassungssystem ist jetzt praktisch fertiggestellt, so daß in Kürze die Daten eingeholt werden können. Die Festsetzung der Lärmschutzbereiche für die Verkehrsflughäfen wird dann so schnell wie möglich folgen.

Zur Festsetzung der Schallschutzanforderungen nach § 7 des Fluglärmggesetzes haben die zuständigen Bundesressorts den Entwurf einer Rechtsverordnung erarbeitet, die voraussichtlich noch im Laufe dieses Jahres dem Kabinett vorgelegt werden wird. Sie enthält als wesentliche Neuerung gegenüber z. B. den Berliner Vorschriften die Forderung, daß nicht nur die Fenster, sondern die gesamten Umfassungsbauteile die vorgeschriebenen Werte einhalten müssen.

Ich möchte nur kurz noch darauf verweisen, daß auch eine Reihe von Maßnahmen zur Minderung der Belästigung durch Sportflugbetrieb getroffen werden. Insbesondere ist eine Vorschrift zur Festsetzung von Richtwerten für Flugzeuge mit Propellerantrieb bis zu 5,7 t Höchstabfluggewicht in Vorbereitung.

Es gibt noch eine Reihe anderer Schallquellen, die zu erheblichen Belästigungen führen können. Das sind nichtgewerbliche, technische Anlagen aller Art, aber auch Haushaltsgерäte, Musikgeräte, Rasenmäher, Motorboote und Schußwaffen. Der Lärm dieser Quellen soll durch das Immissionsschutzgesetz des Bundes erfaßt werden. Durchführungsvorschriften sind nach dem Grundsatz zu erlassen, daß gewerbliche und nichtgewerbliche Anlagen gleich behandelt werden.

Voraussetzung für die Verabschiedung dieses Gesetzentwurfes ist die Verabschiedung der zugehörigen Änderung des Grundgesetzes zur Übertragung der erforderlichen Kompetenzen auf den Bund. Diese Grundgesetzänderung ist für Lärm und andere Umwelteinflüsse in den letzten Wochen vom Bundestag beschlossen worden und liegt nun dem Bundesrat zur Billigung vor. Es ist zu hoffen, daß in absehbarer Zeit das Immissionsschutzgesetz ebenfalls verabschiedet werden kann.

Städtebau und Wohnungswesen sind ein Arbeitsfeld, auf dem viel zum passiven Schallschutz getan werden kann. Da es in absehbarer Zeit kaum gelingen wird, unsere Umwelt frei von Lärm zu machen, muß durch planerische und bautechnische Maßnahmen das Mögliche getan werden, um wenigstens den Wohnbereich frei von Lärm zu halten. Es wurde schon im Zusammenhang mit dem Straßenverkehrslärm und Fluglärm auf die Wichtigkeit sinnvoller Planung hingewiesen. Das gleiche gilt für die Zuordnung der verschiedenen Gebietsarten in Bebauungsplänen. Leider geschieht es noch viel zu oft, daß neben emissionsstarker Großindustrie, neben Autobahnen oder anderen bedeutenden Schallquellen reine Wohngebiete ausgewiesen werden, und die Behörden sind oft sehr erstaunt, wenn sich die

Betroffenen zu Notgemeinschaften zusammenschließen und polemisch Abhilfe fordern, die dann meist nicht mehr mit angemessenem Aufwand möglich ist. Wegen der Wichtigkeit der Beachtung von Lärmbekämpfungsgesichtspunkten bei der Planung hat der Deutsche Arbeitsring für Lärmbekämpfung (DAL) seine nächste Tagung, die im September in Stuttgart stattfinden wird, unter das Thema „Lärm als Gefahr in der zu planenden und gebauten Umwelt“ gestellt und wird dort in erster Linie Planungsfragen unter dem Aspekt des Schallschutzes behandeln.

Außer bei der Planung von Wohngebieten läßt sich wirksamer Schallschutz insbesondere durch die Bauausführung selbst bewirken. Das ist einmal erforderlich, um die Ungestörtheit in benachbarten Wohnungen zu sichern. Grundsätze dafür sind bekannt und in DIN 4109 zusammengefaßt, die in allen Bundesländern amtlich eingeführt ist und als anerkannte Regel der Baukunst gilt. Vorschriften für den Schallschutz von Außenwänden bestehen bis jetzt nicht, weil in der Vergangenheit die aus statischen Gründen kräftigen Außenmauern ohnehin ausreichende Luftschalldämmung hatten. Lediglich Fenster und Türen bildeten schwache Stellen und bedurften besonderer Schallschutzvorkehrungen. Durch moderne Leicht- und Skelettbauweisen werden heute oft Außenwandelemente benutzt, die zwar eine gute Wärmedämmung aufweisen, aber schalltechnisch, besonders in verkehrsreichen Stadtzentren, unzureichend sind. Durch entsprechende Vorschriften muß die Bauindustrie dazu angehalten werden, auch bei modernen Bauweisen die vorhandenen Möglichkeiten des Schallschutzes zu nutzen.

*Anschrift: Oberregierungsrat Dr. H. Gummlich, Bundesministerium des Innern, Bonn 7, Postfach.*





# Aktuelle Probleme der Schädlingsbekämpfung in Krankenanstalten und Nahrungsmittelbetrieben

Von E. D ö h r i n g

Zu dem umfangreichen Aufgabenkatalog eines Gesundheitsamtes gehört es, Maßnahmen nach dem Bundes-Seuchengesetz zu treffen, um die Ausbreitung übertragbarer Krankheiten zu verhindern. Unter das Thema dieser Tagung „Öffentlicher Gesundheitsdienst und Umweltschutz“ fallen daher auch Fragen zur Bekämpfung gesundheitsschädlicher Tiere. Denn Umwelthygiene ist bekanntlich die Summe all derjenigen Maßnahmen, welche erforderlich sind, um dem Menschen einen gesunden Lebensraum zu sichern. Dazu gehört auch der engste — schädlingsfreie — Bereich, in dem der Mensch wohnt, arbeitet oder — im Falle einer Krankenanstalt — sich notgedrungen aufhält.

Das Bundes-Seuchengesetz nennt eine Reihe meldepflichtiger Krankheiten, die durch Krankheitserreger auf den Menschen unmittelbar übertragen werden können, aber nicht die dazugehörigen Überträger. Da werden u. a. Malaria, Fleckfieber, Pest aufgeführt. Dieses sind Krankheiten, deren Erreger in den als Überträger fungierenden und als solchen bekannten Gliedertieren — wie Fiebertücken, Kleiderläuse, Flöhe — eine Vermehrung durchmachen und die dann durch Stiche oder durch eingekratzten Kot in den Körper des Menschen gelangen. Diese durch Insekten übertragenen Krankheiten spielen in der Bundesrepublik Deutschland zur Zeit keine Rolle. Dafür haben wir eine Reihe anderer tierischer Schädlinge — ich berichte nur von gesundheitsschädlichen Gliedertieren, wie Insekten und Spinnentieren —, welche im engsten Lebensbereich des Menschen in Mengen vorkommen können und die dort nicht nur als Lästlinge, sondern als potentielle Krankheitsüberträger anzusehen sind und die keinesfalls zu einem Gefühl des Wohlbehagens beitragen.

## I.

### *Stechmücken und Fliegen*

In Krankenanstalten kommen zuweilen Stechmücken und Fliegen vor. Sie können Kranke und Gesunde beunruhigen und schädigen: Stechmücken durch ihre Stiche und die nachfolgenden Stichwirkungen, u. U. auch durch übertragene Viren mit dadurch hervorgerufenen kurzen Fieberanfällen; Fliegen vor allem durch Umherlaufen auf der Haut des Menschen, durch Saugen von Schweiß und Sekreten sowie durch Verunreinigung von

Lebensmitteln und Geräten durch abgesetzte bakterienhaltige Kot- und Speitropfen. Mücken und Fliegen entwickeln sich in der Regel nicht in Krankenanstalten. Diese Tiere können am Einfliegen gehindert werden durch Einsetzen von Gazefenstern und an Aufenthalt und Entwicklung in Räumen durch eine Reihe sanitärer Maßnahmen (wie Ventilatoren in Zentral- und Stationsküchen, fliegensicheres Aufbewahren von Lebensmitteln in Kühlschränken usw.). Diese Insekten können auch schnell abgetötet werden mit Hilfe insektizider Aerosole in Druckzerstäuber-dosen, wobei eine Sprühzeit von 2 sec/10 m<sup>3</sup> ausreicht, daß noch empfindlich reagierende Stubenfliegen in spätestens einer Viertelstunde zu Boden fallen. In Krankenzimmern, die ständig mit bettlägerigen Patienten belegt sind, sollen diese Aerosole jedoch nicht angewendet werden. Auch die mit Dichlorvos imprägnierten Kunststoffstreifen als Präparate, die über einen längeren Zeitraum — etwa drei Monate — das Insektizid ständig an die Raumluft abgeben, halten wir zur Anwendung in Krankenzimmern und sonstigen Daueraufenthaltsräumen für nicht geeignet. Vorsorglich können z. B. in Krankenzimmern Fliegenteller aufgestellt werden, welche mit mindertoxischen Fraßgiften imprägniert sind. Mückenbrutplätze sowie Dunghaufen als Entwicklungsstätten für Fliegen sind in der Umgebung von Krankenanstalten nicht zu dulden oder mit geeigneten insekten-tötenden Aufbereitungen zu behandeln<sup>1</sup>. Müllkästen und Abfalltonnen sind stets bedeckt zu halten, um Fliegen möglichst wenig Eiablagemöglichkeiten zu bieten. Das gleiche gilt für die neuzeitlichen Großraummüllwagen, welche seltener entleert werden und die sich z. B. große Gaststätten mit reichlich anfallendem Abfall (Hähnchengrippe!) zugelegt haben. Darin sollte der Abfall nur in Beuteln verpackt gelangen. Zwecks Verlangsamung der Entwicklung von Fliegenmaden sollten die Wagen nicht in der Sonne, sondern im Schatten stehen und überdies nach ihrer Entleerung innen erst gekalkt werden.

Bedenklicher jedoch als gelegentlich einfliegende Mücken und Fliegen ist das Vorkommen von Pharaoameisen und Schaben. Diese Insekten werden mit Lebensmitteln, Verpackungsmaterial o. ä. eingeschleppt. Sie finden ideale Lebens- und Vermehrungsmöglichkeiten in den warmen und feuchten Küchen, Backstuben, in Bäderabteilungen, Wäschereien, Heizungen und Heizungsschächten von Krankenanstalten und Nahrungsmittelbetrieben.

## II.

### *Pharaoameisen*

Die Pharaoameise (*Monomorium pharaonis*) ist ein wie alle Ameisen im sozialen Verband, in einer Kolonie, lebendes Insekt. Die Hauptmasse einer

solchen Kolonie bilden die Arbeiterinnen, sehr kleine, nur 2 1/2 mm messende, hell bernsteingelb gefärbte Tiere mit etwas dunklerer Hinterleibsspitze. Die Arbeiterinnen tragen Nahrung ein, sie füttern damit die Brut im Nest und auch die eierlegenden Weibchen, von denen in einer Kolonie mehrere vorhanden sind. Diese Weibchen = Königinnen sind doppelt so groß (3,5 bis 4,8 mm) wie die Arbeiterinnen, sie können das Nest auch zur selbständigen Nahrungsaufnahme verlassen. Dieser Umstand ist besonders bedenklich; denn während eine einzelne mit Transportgut verschleppte Arbeiterin auf die Dauer nicht lebensfähig ist und keine neue Kolonie zu gründen vermag, gelingt dies einem verschleppten befruchteten Weibchen, so daß an anderen Orten Zweigkolonien entstehen können. Die winzigen, auf hellem Untergrund nur schwer wahrnehmbaren Ameisen orientieren sich nach dem Geruch. Sie marschieren im Gänsemarsch auf durch Duftspuren markierten Wegen, den sog. Ameisenstraßen, und werden besonders durch tierisches Eiweiß, wie Leber und Fleisch, aber auch durch vegetabilische süße Stoffe, wie Honig, Zucker, Kuchen, angelockt. Die Pharaoameise kann ihre Nester entweder dicht unter der Oberfläche (hinter Kacheln, Steckdosen, in Schrankfugen, in Nahrungs- und Arzneimittelpackungen, in Pipetten, in frisch gewaschener und gebügelter Wäsche), in Gebäuden mit rissigem Mauerwerk aber auch 50 bis 70 cm tief im Gemäuer versteckt anlegen. Diese Nester sind schwer aufzufinden und zu bekämpfen.

Sie kennen sicherlich die Alarmmeldungen aus der Presse, wonach Patienten in Krankenanstalten, Entbindungs- und Säuglingsheimen von Pharaoameisen gequält worden sind. Die sehr kleinen Ameisen dringen nicht nur in anscheinend gut verschlossene Lebensmittelpackungen in Küchen, Stationsküchen und Nachtschränken der Patienten ein und verunreinigen die Nahrung durch Fraß, Kontamination der am Körper haftenden Keime sowie durch Absetzen erregershaltigen Kotes. Pharaoameisen verschleppen nachgewiesenermaßen auch die verschiedenartigsten Erreger z. B. auf frische Wäsche und Gebrauchsgegenstände. Von Speibecken, Säuglingsbetten und aus Krankenzimmern eingesammelte und bakteriologisch untersuchte Pharaoameisen trugen am Körper u. a. hämolysierende und vergrünende Streptokokken, Enterokokken, Mikrokokken und coliforme Bakterien<sup>3</sup>. Derart verunreinigte Pharaoameisen dringen in sterile Packungen, in chirurgische Instrumente, Handschuhe, Tupfer usw. in Operationsräumen sowie in bakteriologische Kulturen ein. Es ist sehr wahrscheinlich, daß sie an der Aufrechterhaltung des infektiösen Hospitalismus mitschuldig sind. Wegen ihrer Vorliebe für tierisches Eiweiß in flüssiger und halbfester Form, wie Blut, Eiter, Speichel, kriechen Pharaoameisen auch unter Wund- und Gipsverbände, sie fressen an Wunden und stechen mit dem Giftstachel wehrlose Schlaftherapiepatienten und Säuglinge.

Wenngleich bei den im Bundes-Seuchengesetz genannten übertragbaren meldepflichtigen Krankheiten keine Zuordnung einer bestimmten und nur durch Pharaoameisen ausgelösten Krankheit möglich ist, so dürfte es doch außer Zweifel stehen, daß hier der § 13 BSeuchG heranzuziehen ist. Es muß jedoch eingeräumt werden, daß dieser Paragraph in der bisherigen Praxis nicht die Erwartungen erfüllt hat, die ursprünglich in ihn gesetzt worden waren. Es fehlt im Gesetzeswortlaut und in der amtlichen Begründung die Definition, was ein tierischer Schädling ist und welche weiteren Merkmale neben seiner Eigenschaft, Krankheitserreger auf den Menschen übertragen zu können, hinzukommen müssen<sup>6</sup>. Bei der Pharaoameise dürften zusätzliche Merkmale dadurch gegeben sein, daß diese Tiere direkt mit dem Menschen in Kontakt gelangen, daß sie ihn durch Bisse sowie durch Stiche mit dem Giftstachel erheblich beunruhigen und daß sie indirekt die Nahrung des Menschen verunreinigen können. Zur Erleichterung der Arbeit des öffentlichen Gesundheitsdienstes hatten wir schon vor Jahren im Hinblick auf eine vorzunehmende Novellierung des Bundes-Seuchengesetzes vorgeschlagen, den § 13 wie folgt zu fassen:

„Wenn tierische Schädlinge festgestellt werden und die Gefahr begründet ist, daß durch sie Krankheitserreger verbreitet *oder sonstwie gesundheitliche Beeinträchtigungen hervorgerufen* werden können, so hat die zuständige Behörde zu ihrer Bekämpfung die erforderlichen Maßnahmen anzuordnen.“

Außerdem hatten wir eine Liste derjenigen tierischen Schädlinge zusammengestellt, welche die Gesundheit, das Wohlbefinden und das Leistungsvermögen des Menschen erheblich beeinträchtigen können und die daher auf Grund behördlich angeordneter Maßnahmen bekämpft werden sollten. Die Schädlinge sollten entweder im Gesetzestext oder im Kommentar genannt werden. Zur Aufnahme in diese Liste hatten wir u. a. Pharaoameisen und Schaben vorgesehen.

Die Abtötung der Pharaoameise erfolgte vor dem letzten Weltkrieg durch Auslegen von Fraßködern, welche mit langsam wirkenden Starkgiften, wie Thallium und Natriumfluorid, versetzt worden waren und die von den Arbeiterinnen zum Nest geschleppt wurden zwecks Verfütterung an die Brut und die Geschlechtstiere. Diese Abtötungsmethode einer Kolonie war langwierig und erforderte ein häufiges Wechseln der Köder. Nach dem Kriege, als Wirkstoffe mit insektizider Dauerwirkung, wie DDT, Diazinon, Trichlorfon, Propoxur u. a., zur Verfügung standen, wurden die befallenen und angrenzenden Räume besprüht oder benebelt. Dadurch wurden viele umherwandernde Pharaoameisen abgetötet. Da die Ameisen jedoch „Geruchstiere“ sind, wagten sich die in den versteckt liegenden Nestern Verbliebenen tage- und wochenlang nicht heraus. Sie ernährten sich während

dieser Zeit kannibalisch, d. h. von ihrer eigenen Brut. Dadurch konnte der Eindruck — auch bei kontrollierenden Gesundheitsaufsehern — erweckt werden, als ob durch eine einmalige Bekämpfung schlagartig eine Tilgung des Ameisenbefalls erreicht worden sei. Dies erwies sich jedoch als ein Trugschluß, so daß daraus zu folgern ist, daß unbedingt zwei bis drei Wiederholungen der Behandlung im Abstand von wenigen Monaten vorzunehmen sind<sup>8</sup>. Neuerdings bringt man auf die beobachteten Wanderwege und in die Nähe der vermuteten Ameisennester auch insektentötende Lacke oder wendet Fraßgiftköder auf der Basis von Kepone an, einem neuen chlorierten Kohlenwasserstoff. Es sind auch Versuche im Gange, die Lage der Ameisennester mit Hilfe von kurzlebigen Radioisotopen zu orten, indem diese Isotope zuvor giftfreien Ködern beigegeben worden sind<sup>5</sup>. Man könnte so die späteren Insektizidbehandlungen weitgehend auf die Nestnähe begrenzen.

Eine Statistik aus neuerer Zeit über die Häufigkeit des Vorkommens von Pharaoameisen in Krankenhäusern, Großbäckereien, Großgaststätten, Badeanstalten, aber auch in zentral- und vor allem fernbeheizten Wohnhäusern liegt für die BRD zur Zeit nicht vor. Zweifellos ist aber die Pharaoameise im Vormarsch begriffen, und ihrer Ausbreitung und leichten Verschleppbarkeit (z. B. mit Backwaren von einer befallenen Großbäckerei zur Krankenhaus- oder Flughafenküche und von dort mit Leergut wieder zurück oder zu weiteren Orten) muß größte Beachtung geschenkt werden.

### III.

#### *Schaben*

















Zur Ermittlung des Befalls mit Schaben in der BRD haben wir kürzlich eine Fragebogenaktion unternommen. Da die Gesundheitsämter ohnehin mit Aufgaben überlastet sind, haben wir uns zunächst an die Mitglieder des Deutschen Schädlingsbekämpfer-Verbandes gewandt und diese gebeten, uns in einer einjährigen vom Juli 1970 bis August 1971 laufenden Aktion mitzuteilen, welche Schabenarten sie in den befallenen Gebäuden angetroffen haben und welchen Zwecken die Räume dienten. Es war also keine allgemeine Erhebung über den Befallsgrad in der BRD vorgesehen, sondern die als bereits befallen gemeldeten Gebäude sollten genauer untersucht werden. Die hygienisch bedenklichen Fundstellen — ohne Nennung des Namens der Firma oder der Institution — sollten uns mitgeteilt werden. Im Lauf eines Jahres erhielten wir 2321 auswertbare Meldungen von 62 über das Bundesgebiet verstreut lebenden Schädlingsbekämpfern. Wir wissen, daß dieser Überblick nur lückenhaft ist wegen fehlender Beteiligung von Gesundheitsämtern, Desinfektionsanstalten, von nicht organisierten Schädlings-

bekämpfen und solchen Betrieben und Krankenhäusern, die selbst Tilgungsmaßnahmen durchführen. Immerhin konnten wir aus diesem Überblick entnehmen, daß 1445mal allein die rund 1 cm kleine gelblichbraune Deutsche Schabe (*Blattella germanica*) und nur 565mal die doppelt so große schwarzbraune Orientalische Schabe (*Blatta orientalis*) gemeldet worden sind. Die Deutsche Schabe ist also — im Bundesdurchschnitt gesehen — 2,6mal häufiger als die in Deutschland schon länger heimische Orientalische Schabe. In städtischen und industriellen Ballungsgebieten ist die Deutsche Schabe jedoch schon weitaus häufiger vorhanden als die Orientalische Schabe. 290mal kamen auch beide Arten gemeinsam in einem Gebäude vor. Ganz selten — 9mal — wurden die bis zu rund 3 cm große rotbraune Amerikanische Schabe (*Periplaneta americana*) und nur 6mal die erst seit zwei Jahrzehnten nach Deutschland eingeschleppte, 1 cm kleine Braunbandschabe (*Supella longipalpa*) gemeldet. Die Deutsche und die Orientalische Schabe sind also auf Grund dieser Erhebung in der BRD noch immer die beiden Hauptschädlingsarten<sup>2</sup>.

Die schwarzbraune, seltener gemeldete und träge Orientalische Schabe hielt sich bevorzugt im Untergeschoß in Keller-, Heizungs- und Lagerräumen, weniger häufig im Erdgeschoß und viel seltener in oberen Stockwerken auf. Die kleine, flinke, auch gut an senkrechten Wänden emporlaufende Deutsche Schabe wurde dagegen am häufigsten im Erdgeschoß, aber auch sehr oft in oberen Stockwerken bis hinauf zum 21. Geschoß eines Bürohochhauses angetroffen. Wegen der allgemein größeren Häufigkeit der Deutschen Schabe und ihres Vorkommens in allen Stockwerken ist es unzutreffend, wenn die Meinung vorherrscht, daß der Schabenbefall in der BRD nicht so bedenklich sei, weil die Tiere sich überwiegend in Heizungskellern aufhielten, in denen sie mit Menschen kaum in Berührung kämen.

Interessant ist ein Blick auf die Nutzungstypen der von Schaben befallenen und von Schädlingsbekämpfern behandelten Räume (Tabelle 1). An erster Stelle stehen mit insgesamt 804 Meldungen (rund 35 %) die gewerblichen Küchenbetriebe, wie Gaststätten, Kantinen, Hotels. Nicht nur, daß es ekelerregend ist, in den vorgesetzten Speisen auch mal eine Schabe serviert zu bekommen; darüber hinaus besteht die Gefahr, daß Schaben bei ihrem nächtlichen Hervorkommen aus nicht immer sauberen Schlupfwinkeln und bei ihrer Suche nach nicht abgedeckten Lebensmitteln und -resten in Abfalltonnen auch herumstehende Nahrungsmittel, Tische und Geräte mit Kot, Erbrochenem, mit Schimmelpilzsporen und sonstigen Erregern verunreinigen. Dadurch können sie zu Lebensmittelvergiftungen beitragen. Da die gewerblichen Küchenbetriebe einen großen Personenkreis verpflegen, ist die Gefahr bei ihnen höher einzuschätzen als etwa in schabenbefallenen Privathaushalten.

Tab.1 : Zahl der 1970 / 71 als schabenbefallen gemeldeten  
NUTZUNGSTYPEN

1. Gaststätten	433		
Großküchen, Kantinen	247		
Hotels mit Küchenbetrieb	<u>124</u>	804	
2. Techn. Gewerbe-Kleinbetriebe	74		
Techn. Gewerbe-Großbetriebe	<u>191</u>	265	
3. Alters-, Kinder- u. sonstige Heime	115		
Wohnheime für Gastarbeiter	60		
Kasernen	<u>37</u>	212	
4. Wohnungen		170	
5. Krankenhäuser, Entbindungsheime	142		
Sanatorien u. Heilstätten	<u>20</u>	162	
6. Bäckereien, Konditoreien, Cafés	103		
Großbäckereien u. Süßwarenfabriken	<u>48</u>	151	
7. Lebensmittelgeschäfte	119		
Lebensmittelfabriken	<u>25</u>	144	
8. Verwaltungsgebäude		122	
9. Getränkeindustrie	62		
Molkereien	<u>18</u>	80	
10. Fleischereien	53		
Großschlächtereien	<u>24</u>	77	
11. Wäschereien	30		
Kurbäder, Badeanstalten, Saunas	<u>19</u>	49	
12. Kindergärten, Schulen, Theater		30	
13. Tierhaltungen		30	
14. Schiffe		17	
15. Müllhalden		6	
16. Flugzeuge		<u>2</u>	
		2321	



An 2. Stelle sind mit 265 Meldungen (rund 11,5 %) überraschend die technischen Gewerbe-Klein- und -Großbetriebe gerückt. In diesen für Schaben wenig attraktiven Räumen sind es vor allem die kleinen Kaffee- und Teeküchen, die Wasch- und Umkleideräume, die befallen sind.

Bedenklicher ist schon das Schabenvorkommen in der 3. Gruppe anzusehen, in der Alters-, Kinder- und Wohnheime für Gastarbeiter sowie Kasernen mit insgesamt 212 Meldungen (rund 9 %) zusammengefaßt worden sind. Dieses sind Unterkünfte, in denen Menschen in der Regel auf verhältnismäßig engem Raum beieinander leben. Besonders unerfreuliche Zustände herrschen in Heimen und Baracken für Gastarbeiter, in denen oft gemeldet worden ist, daß sich Schaben nicht nur in Küchen, Toiletten und Waschanlagen, sondern auch in den Betten (!) und im Kleiderschrank fanden.

An die 5. Stelle erst gelangten mit 162 Meldungen (7 %) Krankenanstalten und Sanatorien. Wegen ihres häufigen Schabenbefalls würden sie sicherlich weiter vorn stehen, wenn alle diese Einrichtungen auch von Schädlingsbekämpfern erfaßt worden wären. In Krankenanstalten ist der Schabenbefall am bedenklichsten, da hier besonders leicht Krankheitserreger — auch resistente Hospitalismuskeime<sup>7</sup> — durch Schaben verschleppt werden können. Schaben wurden nicht nur in Heizungs- und Lagerkellern, in Müllverbrennungsanlagen und an Fettabscheidern angetroffen, sondern überaus häufig auch in Zentral-, Diät-, Spülküchen und in den auf verschiedenen Etagen untergebrachten Stationsküchen. Sie kamen in Krankenzimmern, Operationssälen, in bakteriologisch-serologischen Abteilungen, in Sterilisationsräumen, auf Säuglingsstationen, in Heilbäderabteilungen, Wäschereien und Bügelzimmern, in Essensaufzügen und an Thermowagen vor, mit denen sie leicht in andere Räume und Stockwerke verschleppt werden.

An 6. Stelle folgen mit 151 Meldungen (6,5 %) befallene Bäckereien, Konditoreien, auch Großbäckereien und Süßwaren herstellende Werke sowie Honigabfüllbetriebe, an 7. Stelle mit 144 Meldungen (6,2 %) die Lebensmittel-Einzel- und Großhandlungen sowie die Lebensmittelfabriken. In diesen Nahrungsmittelbetrieben ist es außerordentlich unerwünscht und ekelregend, wenn dort Schaben umherhuschen, Lebensmittel beschmutzen und anfressen sowie an ihnen und an Geräten Kot und Erbrochenes absetzen. Mit den 1908 Meldungen aus den ersten 7 Gruppen von 16 aufgestellten Nutzungstypen sind schon 82 % aller Angaben erfaßt.

Interessanter noch sind die beobachteten hygienisch bedenklichen Fundstellen. Ich nenne nur einige. So wurden Schaben angetroffen z. B. in gewerblichen Küchenbetrieben: an geriebenem Käse, an Frikadellen und anderen Kaltgerichten im Büfett, in Küchenschränken und Besteckkästen, an

der Essenausgabe von Kantinen und unter Eßtischen, am Fleischhackklotz, der bekanntlich schwer zu desinfizieren ist. Schaben saßen in Biergläsern, an den Zapfstellen von Coca-Cola und Bier, an Zitronenscheiben auf dem Büfett, an Getränkeautomaten, am Hähnchengrill, im Handtuchhalter. In Bäckereien waren sie in Mehl und Zucker, in Töpfen mit Gelee und Schokoladensoße, in Knet- und Teigmaschinen, in Gärschränken, Brotformen, auf Brotregalen, im Verpackungsmaterial. In Asthma-Sanatorien hielten sich Schaben auch im Inhalatorium auf, in welchem empfindliche Patienten mit den Exkreten von Schaben in Berührung kommen und darauf mit Allergien reagieren können.

Was folgt daraus? Obwohl es schwierig ist, die epidemiologische Bedeutung der Schaben als Vektoren von Krankheitserregern im einzelnen nachzuweisen, steht fest, daß Schaben in großer Menge vorkommen können, daß ihr Durchseuchungsgrad infolge von Koprophagie hoch und daß auch die Menge der transportierten Erreger groß sein kann, da Kotballen und Erbrochenes große Keimzahlen aufweisen können<sup>4</sup>. Außerdem verunreinigen Schaben unsere Nahrungsmittel durch Fraß, Erbrochenes und Kot. Sie können nicht — wie die Pharaoameisen — den Menschen stechen oder an seinen Wunden fressen. Da in zivilisierten Ländern mit entsprechend hohem medizinischem Standard immer mehr die unspezifischen, fakultativen Überträger in den Vordergrund treten und Schaben als Träger pathogener bzw. fakultativ pathogener Erreger von vielen Autoren nachgewiesen worden sind, sollte diese Erkenntnis die Verantwortlichen veranlassen, im Sinne der präventiven Medizin die Schaben künftig als potentielle Seuchenüberträger einzustufen und ihre Bekämpfung auch behördlicherseits zu fordern.

Die Bekämpfung ist zudem nicht leicht wegen der besonderen Fortpflanzungsweise der Schaben durch Bildung von Eikokons, die je nach Schabenart verschieden lange getragen und in unterschiedlichem Entwicklungszustand abgeworfen werden. Die Tilgung eines Schabenbefalls macht daher öftere Wiederholungen der Bekämpfungsmaßnahmen erforderlich, außerdem eine ständige Überwachung besonders gefährdeter Betriebe wegen der leichten Einschleppbarkeit der Tiere oder deren Kokons mit Verpackungsmaterial und Nahrungsmitteln.

Die Schaben können je nach Vorkommen mit verschiedenartigen Insektizidaufbereitungen bekämpft werden. Für behördlich angeordnete Entwesungen sind die in der gemäß § 41 BSeuchG in einer Liste zusammengestellten und im „Bundesgesundheitsblatt“ veröffentlichten geprüften und anerkannten Mittel zu verwenden. Außerdem werden zur Zeit vom Deutschen Schädlingsbekämpfer-Verband unter unserer Mitwirkung Richtlinien für die Durchführung von Schabenbekämpfungen erarbeitet zur Unterrichtung öffentlicher und privater Auftraggeber.

### Zusammenfassung

Es wird über das nicht erwünschte Vorkommen von Stechmücken, Fliegen, Pharaoameisen und Schaben in Krankenanstalten und Nahrungsmittelbetrieben berichtet. Während sich Stechmücken und Fliegen in der Regel nicht in diesen Räumen entwickeln und durch Abschirmungsmaßnahmen weitgehend ausgeschlossen werden können, finden Pharaoameisen und Schaben in den warmen und feuchten Räumen dieser Betriebe ideale Lebens- und Vermehrungsmöglichkeiten. Pharaoameisen und Schaben verunreinigen Lebensmittel und Geräte und sind als potentielle Überträger von Krankheitserregern, auch von resistenten Hospitalismuskkeimen, anzusehen. Während bisher nur bekannt ist, daß die Pharaoameise zunehmend häufiger wird, wurde über das Vorkommen von Schaben in der BRD vom Bundesgesundheitsamt 1970/71 eine einjährige Fragebogenaktion in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Schädlingsbekämpfer-Verband durchgeführt. Darin wurde u. a. nach den vorgefundenen Schabenarten, der Nutzung der befallenen Gebäude und nach hygienisch bedenklichen Fundstellen von Schaben gefragt. Die Ergebnisse werden mitgeteilt. Sie lassen es als dringlich erscheinen, daß auch die Schaben im Sinne des § 13 BSeuchG als potentielle Seuchenüberträger eingestuft werden, für die Entwesungsmaßnahmen behördlich angeordnet werden können.

### LITERATUR:

- <sup>1</sup> DÖHRING, E. (1967): Schädlingsbekämpfung in Krankenhäusern. — Bundesgesundh.bl. 10. (2), 17—22.
- <sup>2</sup> DÖHRING, E. (1972): Vorkommen und Verbreitung von Schaben in der Bundesrepublik Deutschland. — Der prakt. Schädlingsbekämpfer 24. (3), 29—35.
- <sup>3</sup> EICHLER, Wd., NEUBERT, R., und SCHEUER-KARPIN, R. (1962): Bakteriologische Befunde bei Pharaoameisen. — D. Deutsche Gesundheitswesen 17. (43), 1861—1868.
- <sup>4</sup> FUCHS, M. E. A. (1972): Zur epidemiologischen Bedeutung von Schaben als Vektoren von Krankheitserregern. — Der prakt. Schädlingsbekämpfer 24. (3), 35—38.
- <sup>5</sup> KLOFT, W. (1969): Radioaktive Isotope und ionisierende Strahlungen bei der Erforschung und Bekämpfung von Insekten. — Heft 196 der Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, 47—76.
- <sup>6</sup> MAIER-BODE, H. (1969): Fragen der Bekämpfung von Gesundheitsschädlingen aus rechtlicher Sicht. — Der prakt. Schädlingsbekämpfer 21. (9), 133—136.
- <sup>7</sup> NJOO, P. S. (1970): Bakteriologische Untersuchungen zur hygienischen Bedeutung von Blattiden. — Dissertat. Univ. Hamburg (Fachbereich Medizin).
- <sup>8</sup> SY, M. (1970): Die Erfolgsaussichten bei der Bekämpfung der Pharaoameise. — Der prakt. Schädlingsbekämpfer 22. (4), 45—48.

*Anschrift: Direktor und Professor Dr. E. Döhring, Berlin 33, Corrensplatz 1*

# Campinghygiene in Schleswig-Holstein

von H. H. S t a a c k

Das Zeltwesen hat in Schleswig-Holstein eine besonders ungestüme Entwicklung durchgemacht. Hierzu hat die zur Erholung einladende Landschaft an der langen Ostseeküste beigetragen und zu außerordentlich hohen Zuwachsraten von Jahr zu Jahr geführt.

Die Nachfrage war teilweise so stark, daß die Zeltplatzgäste nur der Lage an der Küste willen häufig auch sehr primitive sanitäre Einrichtungen in Kauf nahmen. Während in anderen Ländern der Bundesrepublik infolge der Konkurrenzsituation der einzelnen Zeltplatzunternehmer untereinander die Ausstattung mit sanitären Einrichtungen vielleicht etwas besser, aber wohl auch noch nicht zufriedenstellend gewesen sein mag, hat die besondere Nachfrage nach schleswig-holsteinischen Plätzen und die deshalb fehlende Konkurrenz der Unternehmer zu nicht mehr zu verantwortenden hygienischen Verhältnissen auf Zeltplätzen an weiten Teilen der schleswig-holsteinischen Küste geführt.

Besonders alarmierend waren die in den heißen Sommern 1967 und 1969 bevorzugt in den Ostseebädern mit starker Ballung des Fremdenverkehrs aufgetretenen Häufungen von Darminfektionen. Die Ursache dieser Infektionen — insbesondere auch der Erreger — konnte nicht ermittelt werden. Es ist aber nicht auszuschließen, daß die unhygienischen Lebensbedingungen in dem angesprochenen Ballungsgebiet während der Hochsaison — so auch auf vielen Zeltplätzen — eine auslösende Ursache für die Erkrankungen gewesen sein könnten.

Einen Überblick über die Übernachtungszahlen auf Zeltplätzen in Schleswig-Holstein und im Bundesgebiet gibt die folgende Tabelle 1 und macht die aufgezeigte Entwicklung deutlich. Es handelt sich um Zahlen der Zeltplätze, die in Fremdenverkehrs-Berichtsgemeinden liegen, das sind 176 von etwa insgesamt 300 Zeltplätzen in Schleswig-Holstein.

Die Spitzenbelastung während der Hauptsaison geht aus den genannten Zahlen noch nicht hervor. Diese wird z. B. deutlich am Anteil Schleswig-Holsteins im Juli 1970 mit 43 % an allen Zeltplatzübernachtungen des Bundesgebietes. In diesem Monat stellten außerdem die Übernachtungen auf Zeltplätzen 50 % aller Übernachtungen im allgemeinen Fremdenverkehr in Schleswig-Holstein.

*Übernachtungszahlen (1. 4.—30. 9.)*  
*lt. Angaben des Statistischen Landesamtes*

	Übernachtungszahlen des allgemeinen Fremdenverkehrs in Schleswig-Holstein:	Übernachtungszahlen auf Zeltplätzen in Schleswig-Holstein:	Übernachtungszahlen auf Zeltplätzen im Bundesgebiet:
1959	8 217 813	1 633 753	
1960	8 577 067	1 616 956	5 558 892
1961	9 393 708	1 868 674	6 226 424
1962	8 952 263	1 845 218	6 682 102
1963	10 080 151	2 683 050	8 405 021
1964	10 818 199	3 055 101	10 007 800
1965	11 420 598	2 841 843	9 006 500
1966	12 218 069	3 785 571	10 428 210
1967	13 373 329	4 874 628	12 738 484
1968	14 163 796	4 828 488	12 910 325
1969	15 364 211	5 562 284	14 271 047
1970	16 405 653	5 318 766	14 051 800
1971		5 319 369	

Um gewisse hygienische Mindestbedingungen zu gewährleisten und damit Gefahren für die Zeltgäste abzuwenden, wurde zunächst von den Kreisordnungsbehörden durch den Erlaß von Verordnungen reglementierend eingeschritten. 1961 wurden die Anforderungen an Zeltplätze in der 1. Zeltverordnung des Landes festgelegt. Zu dieser Zeit konnte man das Ausmaß des Fremdenverkehrsstromes und auch die zunehmenden Ansprüche der Gäste bei weitem noch nicht abschätzen. Die 1961 erlassene Verordnung war daher nur ein erster Schritt, um hygienische Verhältnisse herzustellen. Die Verordnung enthielt Übergangsfristen über mehrere Jahre und die Durchsetzung dieser Verordnung zog sich lange hin. Sogar 1969 waren noch nicht alle Plätze in Ordnung. 1969 erfolgte nochmals eine Anhebung der Minimalausstattung, die den Unternehmern zumutbar ist und auch den hygienischen Erfordernissen Rechnung trägt. Zielvorstellung war für uns die Richtlinie des Bundesgesundheitsamtes vom 10. 11. 1967 (Bundesgesundheitsblatt 1967, S. 363 ff). Die Mißstände wurden besonders durch den starken Zustrom so folgeschwer und erkennbar bei uns, daß strengere Anforderungen notwendig wurden. Dies erklärt, daß nicht alle Bundesländer schon diesen Standard erreicht haben.

Die Erfahrungen mit der alten Verordnung von 1961 haben gezeigt, daß die Festlegung der erforderlichen Einrichtungen nach der Höchstbelegungszahl sich in der Praxis nicht bewährt hat. Die Höchstbelegungszahl wurde in der Hauptsaison häufig dann überschritten, wenn das räumliche Fassungsvermögen des Platzes noch nicht ausgeschöpft war. Praktisch war es so, daß

in Abhängigkeit von den vorhandenen Einrichtungen die Höchstbelegungszahl festgelegt wurde, obwohl die Platzgröße die Aufnahme von wesentlich mehr Zeltgästen erlaubte. In der Hauptsaison wurde der Platz dann doch vollbelegt, und es wurde damit die festgelegte Höchstbelegungszahl überschritten, ohne daß dies von behördlicher Seite wirksam verhindert werden konnte. Um die Überwachung den tatsächlichen Gegebenheiten besser anpassen zu können, wird nach der Neuen Zeltverordnung nicht mehr auf die Zahl der Personen, sondern auf das Fassungsvermögen des Platzes — die Gesamtbelegungsfläche — abgestellt. Die Gesamtbelegungsfläche ist die Summe der von dem Unternehmer für das Aufstellen der einzelnen Zelteinheiten bereitgestellten Flächen, das sind die Einzelbelegungsflächen. Für jede Zelteinheit (Zelte, Wohnwagen oder ähnliche bewegliche Unterkünfte) muß eine Einzelbelegungsfläche bei einer Belegung bis zu 4 Personen von 60 m<sup>2</sup> (bisher 40 m<sup>2</sup>), bei einer höheren Belegung für jede weitere Person mindestens 10 m<sup>2</sup> zusätzlich zur Verfügung gestellt werden. Die Vergrößerung der Einzelbelegungsfläche ist aus Gründen des Brandschutzes erfolgt, kommt aber gleichzeitig dem Anliegen der Hygiene und der Verbesserung des Erholungswertes entgegen. Einen gewissen Anreiz zur Ausweisung noch größerer Einzelbelegungsflächen bietet die Möglichkeit, Zeltplätze zu parzellieren. In diesem Fall tritt an die Stelle der tatsächlichen Gesamtbelegungsfläche eine individuellere niedrigere fiktive Gesamtbelegungsfläche. Erlauben Sie mir, dies an einem Beispiel zu erläutern. Geht man davon aus, daß ein Zeltplatz mit einer Gesamtbelegungsfläche von 10 000 m<sup>2</sup> in Einheiten zu 100 m<sup>2</sup> parzelliert wird, können auf dieser Fläche 100 Zelteinheiten untergebracht werden. Diese 100 Zelteinheiten werden alsdann bei der Berechnung der Zahl der sanitären Einrichtungen wie folgt zugrunde gelegt:

$$100 \text{ Einheiten} \times 60 \text{ m}^2 = 6\,000 \text{ m}^2 \text{ fiktive Gesamtbelegungsfläche.}$$

Das hat eine Verminderung der sanitären Anforderungen um 40 % zur Folge. Bei einer Parzellierung des o. a. Platzes in Einheiten zu 150 m<sup>2</sup> würde dies sogar eine Verminderung der Anforderungen um etwa 60 % ausmachen. Ich bin auf diesen Punkt etwas ausführlicher eingegangen, da unsere Zeltverordnung sehr oft einseitig kritisiert worden ist. Man hat dabei die m. E. sehr entscheidende Regelung über die Ausweisung größerer Einzelparzellen, die dem Unternehmer einen erheblichen Spielraum zur Erfüllung der Verordnung gibt und sich gleichzeitig in Richtung auf die von uns allen gewünschte Bereitstellung größerer Einzelplätze auswirkt, nicht ausreichend berücksichtigt. Auch die Aachener Verordnung ist schon auf die Stellfläche abgestellt, und der Entwurf der Arbeitsgemeinschaft der obersten Baubehörden der Länder (Argebau) geht gleichfalls vom Stellplatz aus. Bei der Festlegung der Mindestanforderungen an sanitäre Einrichtungen und die sonstige Ausstattung, die in Anlehnung an die Richtlinien des

Bundesgesundheitsamtes erfolgte, ist man davon ausgegangen, daß auf 100 m<sup>2</sup> 6 Personen oder, bezogen auf eine Einzelbelegungsfläche (in der Regel 60 m<sup>2</sup>), 3,6 Personen entfallen. Uns ist vorgehalten worden, daß die Schlüsselzahl von 3,6 Personen je Zelteinheit überhöht ist und nicht den tatsächlichen Gegebenheiten entspricht. Dabei hat man sich vor allem auch auf die in früheren Jahren von *Steuer* angegebenen Werte von 2,5 Personen je Zelteinheit berufen. Die starke Belegung, teilweise Überbelegung der Zeltplätze in unserem Lande ließ es nicht vertretbar erscheinen, den Wert von 2,5 Personen, der in früheren Jahren eine Berechtigung gehabt haben mag, zu übernehmen. Eine Mitteilung des Deutschen Campingclubs e. V. in der Herbstausgabe 1969 der Zeitschrift „Der Campingplatzhalter“ gab den Gästebedarf „von morgen“ wie folgt an:

Familien ohne Kinder	23,7 %
Familien mit 1 Kind	30,0 %
Familien mit 2 Kindern	28,7 %
Familien mit 3 Kindern	13,5 %
Familien mit 4 Kindern	3,8 %
Familien mit 5 und mehr Kindern	0,3 %

Danach sind mehr als  $\frac{3}{4}$  der Einzelplätze mit 3 und mehr Personen belegt; das genaue Mittel ergibt den Wert von 3,5 Personen je Belegungsfläche. In einer gutachtlichen Untersuchung für das Ministerium für Wirtschaft und Verkehr des Landes Schleswig-Holstein ist die Belegung je Zelteinheit in Schleswig-Holstein im letzten Sommer geprüft worden. Danach ergibt sich für die Hochsaison eine Belegung von 3,6 Personen je Belegungsfläche, und zwar differenziert nach den geographischen Bereichen unseres Landes:

Ostsee	= 3,5 Personen je Zelteinheit
Binnenland	= 3,4 Personen je Zelteinheit
Nordsee	= 3,9 Personen je Zelteinheit

Sie mögen daran erkennen, daß der für die Festlegung der Ausstattung angewandte Bemessungswert von 3,6 Personen je Zelteinheit sehr real ist.

Ich möchte Ihnen jetzt die Mindestanforderungen, bezogen auf die Personenzahl — ausgehend von dem Schlüssel 3,6 Personen je Zelteinheit — angeben, da die in der Verordnung gemachten Flächenangaben einen übersichtlichen Vergleich mit sonstigen Richtwerten in Vorschriften anderer Länder, die meist auf die Personenzahl abstellen, nur schwer zuläßt.

### *Trinkwasser*

Mindestmenge je Liter und Tag und Person: 50 (BGA 60 Liter)

### *Zapfstellen*

Je angefangene 1000 m<sup>2</sup>, d. h. je 60 Personen, ist eine im Umkreis von 2 m befestigte Trinkwasserzapfstelle mit einem Schmutzwasserablauf vorgeschrieben. Die Entfernung von den Zelteinheiten darf nicht mehr als 150 m betragen.

### *Wascheinrichtungen*

Für je 15 Personen ist ein Waschplatz zur Körperreinigung mit fließendem Wasser vorzuhalten (BGA je 10 Personen). Ein Drittel der Waschplätze ist als Einzelwaschgelegenheit einzurichten und gegen Einsicht zu schützen. Zusätzlich muß für je 75 Personen eine Dusche vorhanden sein (BGA je 33 Personen). Darüber hinaus soll die notwendige Zahl von Fußwaschbecken bereitgestellt werden.

Je 120 Personen (BGA je 33 Personen) wird ein Geschirrspülbecken mit fließendem Wasser gefordert. Geschirrspül- oder Wäschespülautomaten werden großzügig angerechnet.

### *Abortanlagen*

Je 120 Personen werden für weibliche Personen 3 Sitzaborte (WC) und für männliche Personen 2 Sitzaborte (WC) sowie 2 Urinalbecken oder 2 Standplätze an einer Urinalrinne gefordert, d. h.

je 20 weibliche Personen wird 1 Abort (BGA je 20)

und je 30 männliche Personen wird 1 Abort (BGA je 30)

gefordert.

Die Abwässer aus Abortanlagen, Wascheinrichtungen und Schmutzwasserabläufen sind in eine für deren Aufnahme vorgesehene Kanalisation oder geeignete Abwasserbeseitigungsanlage einzuleiten. Falls dies nicht möglich ist, sind sie in einer undurchlässigen, abgedeckten, nach Bedarf zu entleerenden Anlage zu sammeln.

Alle Wasch- und Abortanlagen müssen sich in geschlossenen Räumen befinden und so beschaffen sein, daß sie leicht zu reinigen und zu desinfizieren sind; sie sind in einem hygienisch einwandfreien Zustand zu halten. Die Abortsitze sind täglich einmal mit einer Desinfektionslösung zu reinigen sowie Urinalbecken und Urinalrinnen mit Chlorkalk oder einem anderen



Desinfektionsmittel zu behandeln. Die Räume sind ausreichend zu be- und entlüften sowie zu beleuchten.

Diese Regelung wird ergänzt durch die Bemühungen des Landes, in den Fremdenverkehrsorten, besonders an der See, die Schaffung der notwendigen kommunalen Abwassereinrichtungen zu fördern. Es ist erklärtes Ziel des Landes, zukünftig keine ungeklärten Abwässer mehr in die Ostsee einzuleiten und möglichst alle Abwässer — so auch von den Campingplätzen — in einer Sammelkanalleitung einer zentralen Kläranlage zuzuführen, die Einleitung der geklärten Abwässer möglichst weit und gut verteilt in die See (bei Kiel-Bülk z. B. in 1500 m Entfernung von Strand) — in den Sommermonaten gegebenenfalls nach vorheriger Desinfektion — vorzunehmen.

### *Abfallbehälter*

Je 18 Personen ist ein Abfalleimer mit dichtschießendem Deckel und einem Fassungsvermögen von 100 l je Tag, das sind 5,5 l je Person (BGA 4 l je Person) bereitzustellen.

Darüber hinaus ist bei Winterbetrieb je 60 Personen ein beheizbarer Aufenthaltsraum vorgeschrieben. Außerdem müssen Abort- und Waschräume beheizbar sein.

Ein Vergleich der von Schleswig-Holstein geforderten Sanitär-Ausstattung entspricht zwar nicht voll den Forderungen der Richtlinien des Bundesgesundheitsamtes, sie kommt aber bei Vergleich mit den Vorschriften der verschiedenen Bundesländer dem darin gesetzten Ziel am nächsten. Voll erfüllt wird nur die Forderung hinsichtlich der Vorhaltung von Abortanlagen. Einige andere Bundesländer fordern zwar auch die gleiche Gesamtzahl an Aborten, differenzieren dabei aber nicht zwischen den Geschlechtern, wie es m. E. notwendig ist. In Dänemark entsprechen die Forderungen an Abortanlagen unseren Vorschriften. In England wurden schon 1960 für 15 Caravan-Plätze, d. h. etwa 60 Personen, 1 WC für Männer (je 30 Personen und 2 WCs für Frauen (je 15 Personen) gefordert.

In Irland wird die gleiche Forderung für 18 Caravan-Plätze erhoben, d. h. ein Abort je 32 Männer und ein Abort für 16 Frauen.

Es mag darin deutlich werden, daß die von uns erhobenen Forderungen im internationalen Vergleich durchaus üblich sind. Ich vermag auch nicht einzusehen, warum für Zeltgäste ganz andere Maßstäbe gelten sollen wie beispielsweise für Arbeiter in Fabriken, Gäste in Hotels oder Jugendherbergen usw.

Man muß wohl eher sagen, daß gerade für Zeltplätze optimalere Forderungen an Abortanlagen zu stellen sind, zumal davon auszugehen ist, daß Zeltgäste — besonders auf Ferienplätzen — nicht selten an Darminfektionen leiden, die sich u. a. aus der Umstellung der Lebensgewohnheiten und der damit verbundenen Streßsituation sowie der veränderten mikro-biologischen Flora in dem Urlaubsraum ergibt. Auch stellt sich das Bedürfnis nach einer gründlichen Körperreinigung für einen Feriengast auf einem Zeltplatz ganz anders als für einen Hotelgast dar.

Es wird oft eingewandt, daß viele Zeltplätze keine eigentlichen Ferienplätze mehr sind, sondern Plätze für sogenannte Dauer-Zeltgäste, die vorwiegend nur zum Wochenende aufgesucht werden und die so anspruchsvollen Anforderungen an die Sanitär-Ausstattungen nicht rechtfertigen. Die Erfahrungen in Schleswig-Holstein — besonders in den Räumen mit vielen Zeltplätzen an der Ostsee — zeigen, daß auch während der Ferienzeit die Plätze an Feriengäste vermietet sind und nicht leerstehen, wenn der Dauergast z. B. seine Ferien in anderen Gebieten verlebt. Unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich der Ausstattung zwischen Ferienplätzen und Plätzen mit Dauergästen hinsichtlich der Ausstattung mit Abortanlagen zu stellen, ist nicht gerechtfertigt. Auch die gelegentlich vorgeschlagene Anrechnung von Trockenaborten (Chemikal-Toiletten) in den Wohnwagen auf die Ausstattung des Platzes mit Aborten ist m. E. nicht vertretbar. Die Tatsache, daß Caravan-Gäste gelegentlich eigene Trockenaborte und eigene Wascheinrichtungen benutzen, hat seinen Grund in den oft unzureichenden hygienischen Bedingungen auf den Zeltplätzen. Wenn ausreichende und hygienisch einwandfreie Aborte und Waschanlagen angeboten werden, wird kaum ein Caravan-Gast die Anlage des Zeltplatzes nicht annehmen, und er wird auf die Behelfseinrichtung im eigenen Caravan gern verzichten. Die Einrichtung von Trockenaborten in den Caravans würde eine Entwicklung einleiten, die aus der Sicht der Hygiene nur als Rückschritt gewertet werden kann.

Es zeichnet sich aber eine andere Entwicklung ab, die es durchaus gerechtfertigt erscheinen lassen kann, in Zukunft die Ausstattung der Plätze mit Aborten und Waschanlagen etwas einzuschränken. Ich denke hier an Plätze mit eigenen Ver- und Entsorgungseinrichtungen für jede Belegungsfläche, d. h. die Möglichkeit, sich mit dem Caravan direkt ans Trinkwassernetz und auch ans Kanalisationsnetz auf dem Platz anzuschließen, wie es das schon für den E-Anschluß auf vielen Plätzen gibt. Dieser Entwicklung ist in einer Änderungsverordnung zur Zeltplatzverordnung Rechnung getragen worden.

Es ist nicht zu verkennen, daß für Plätze oder Teile von Plätzen, die *nur* Wochenendgäste aufnehmen, d. h. keinen Ferienbetrieb haben, hinsichtlich der Ausstattung der Plätze mit Waschanlagen gewisse Erleichterungen

gegeben werden können. Auch dies ist in der vorerwähnten Änderungsverordnung berücksichtigt worden. Für eine Ausnahmeregelung werden aber voraussichtlich nur sehr wenige Plätze in Betracht kommen.

Die Umstellung auf die neue Zeltverordnung, die bis zur Saison 1972 abgeschlossen sein sollte, wird voraussichtlich bis zu diesem Zeitpunkt erst auf etwa 70 % der Plätze (etwa 63,5 % der Belegungsfläche) erfolgt sein. Dies hat z. T. seine Ursache in Gründen, die der Unternehmer nicht zu vertreten hat, d. h. bei Fehlen von behördlichen Genehmigungen, mangelnder Baukapazität usw. Ob sich einige Zeltplatzunternehmer weigern werden, die Verordnung zu erfüllen, und es auf ein Verwaltungsstreitverfahren ankommen lassen werden, wird sich zeigen. Von seiten des Landes wird an dem Ziel festgehalten, die Zeltverordnung — wenn auch etwas flexibler in der Handhabung und stufenweise — durchzuführen.

Wenn die bei uns geforderte Ausstattung der Zeltplätze teilweise auch etwas strenger ist als in den anderen Bundesländern, so ist doch zu vermuten, daß man auch dort die Vorschriften noch einmal überprüfen oder neue Vorschriften erlassen wird, wenn der Camping-Tourismus ähnliche Formen annehmen wird wie in Schleswig-Holstein.

Es ist zu erwarten, daß die Anforderungen, die Zeltplatzgäste an die Anlage stellen, auch weiter steigen werden. Es ist ja bekannt, daß das Zelten keine Form des Sozial-Tourismus mehr darstellt, sondern eher als das „Moderne Sommerhotel“ angesehen werden muß. Ich bin der Auffassung, daß nur ein Standard, wie er in den Richtlinien des Bundesgesundheitsamtes enthalten ist und von uns in Schleswig-Holstein in den wichtigsten Bereichen annähernd erreicht wird, den künftigen Ansprüchen der Zeltgäste gerecht werden und uns konkurrenzfähig mit dem Ausland machen wird. Auch haben im Sommer 1971 geführte Gespräche mit Zeltplatzunternehmern, die ihren Platz bereits nach der neuen Verordnung ausgestattet haben, erkennen lassen, wie überrascht sie von der Annahme der gebotenen Einrichtungen durch die Zeltgäste sind. Die von den Unternehmern ursprünglich als unnötig angesehenen Einzelwaschgelegenheiten z. B. wurden besonders stark frequentiert und sind immer besetzt. Auch zeigte sich, daß die Gäste bereit sind, für ein verbessertes Angebot auch Gebührenerhöhungen in vertretbarem Umfang in Kauf zu nehmen.

Lassen Sie mich abschließend nochmals hervorheben, daß die ungewöhnliche Zunahme des Zelttourismus in Schleswig-Holstein zu besonderen Regelungen im Zeltwesen zwang. Dabei haben Vorrang die Gesichtspunkte des Umweltschutzes und die Verpflichtung des Ferienlandes Schleswig-Holstein, seinen Gästen mit sanitären Einrichtungen ausreichend versorgte und in jeder Hinsicht hygienisch einwandfreie Zeltplätze anzubieten.

Schleswig-Holstein ist nur ein Musterbeispiel, an dem die Folgen der mangelnden Sanitärausstattung besonders deutlich geworden sind. Die Verschärfung der Situation infolge des Booms auf dem Campingwesen ist dadurch bei uns ganz besonders in das Blickfeld der Behörden und der Öffentlichkeit geraten. Probleme, die überall bei jedem Zeltplatz auftreten, werden unter diesen Bedingungen besonders klar und plastisch. Wir haben dadurch mehr Erfahrungen auf dem Gebiete des Zeltwesens und können daher einen wesentlichen Beitrag zu dem Thema geben.

Lassen Sie mich nur noch eine Zahl in Ihre Erinnerung rufen:

Im Juli 1970 erfolgten 43 % aller Zeltplatzübernachtungen der Bundesrepublik in Schleswig-Holstein.

Diese Zahl gibt unserer Aussage ein besonderes Gewicht. Es wäre wünschenswert, wenn auch die anderen Bundesländer sich der Zielsetzung der Richtlinien des Bundesgesundheitsamtes mehr näherten und wir in der Bundesrepublik Deutschland zu möglichst einheitlichen Vorschriften in allen Ländern kämen. Eine der Schleswig-Holsteinischen Verordnung von 1969 entsprechende Regelung wäre wünschenswert.

Der von der „Argebau“ vorgelegte Entwurf einer Camping-Verordnung stellt mit seinen Forderungen, die z. T. unter den Minimalforderungen unserer alten Verordnung liegen, einen Rückschritt dar.



# Vom Umweltschutz zur Umweltpolitik

Von P. Menke - Glücker t

Es ist immer ein Augenblick der Besinnung, wenn ich hier in diesem traditionsreichen Institut bin, einem der ersten Umweltschutzzinstitute der Welt. Hier ist viel Pionierarbeit auf den entscheidenden Schwerpunkten des Umweltschutzes geleistet worden. Ich fühle mich hier als Lernender, der aus reicher Erfahrung profitiert. Bei der Vorbereitung des Umweltprogramms ist viel an Daten, Forschungsergebnissen und Anregung aus diesem Institut in die Projektgruppen gekommen.

Für den Wissenschaftler ist die Politik eine Materie, der er skeptisch-kritisch fremd gegenübersteht. Bisher war es so, daß Umweltschutz, Umwelthygiene und Umweltwissenschaften eine Angelegenheit der Fachleute war. Erst seit wenigen Monaten in den Schlagzeilen der Boulevardpresse, im Fernsehen, im Rundfunk und Parlamentsdebatten sind diese Themen der Naturwissenschaftler politisiert worden. Nicht allen ist das immer angenehm. Mißverständnissen sind Tür und Tor geöffnet.

Was ist mit „Umweltpolitik“ gemeint? Etwas sehr Einfaches: Wie können wir unsere Erde, unseren Planeten, davor bewahren, durch eigene Torheit der Menschen buchstäblich biologisch zu sterben? Die Beantwortung dieser Schicksalsfrage ist eben kein Problem nur der Naturwissenschaftler und der klugen Ratschläge, sondern ein Problem des Handelns, der konkreten politischen Aktion. In allen Bereichen der Gesellschaft, in all unseren Ideen, Überlegungen und Planungen für unsere Wirtschaft, für den Aufbau unseres Verkehrswesens oder Bildungswesens müssen ökologische Gesichtspunkte genauer und verlässlicher beachtet werden. Das bedeutet besonders für die Verwaltung, daß sie sich daran gewöhnen muß, nicht nur die Haushaltsklarheit, -wahrheit und -richtigkeit zu bescheinigen, sondern daß sie sich daran gewöhnen muß, auch die Belastungen oder Entlastungen, die eine bestimmte Investition oder eine bestimmte politische Maßnahme für die Umwelt hat, in einem klar formulierten Verfahren — einer Umweltverträglichkeitsprüfung — zu beachten. Das wird einschneidende Konsequenzen haben. Zum Beispiel würde es bedeuten, daß das Straßenbauprogramm des Verkehrsministeriums überprüft wird, ob es in der Relation etwa zu den Mitteln, die für Nahverkehrssysteme ausgegeben werden, die richtige Größenordnung hat. Das Verhältnis dieser beiden Haushaltsgrößen hat jetzt etwa die Relation von 1:20. Es müßte die Relation von etwa 1:5 oder 1:10 haben. In den 80er Jahren, das steht jetzt schon fest, können wir in unseren Großstädten aus umwelthygienischen Gründen das Benzinauto nicht mehr

zulassen. Wir brauchen dann andere Verkehrssysteme: Neue öffentliche Transportmittel, Kabinen-Elektro-Autos, Gleitschienenfahrzeuge, rollende Bürgersteige. Ein Umdenken fällt allen denen schwer, die jahrelang das Benzinauto als Fetisch für Wohlstand und Wachstum angesehen haben. Auch die Autofahrer sind Teil eines sehr strengen biologischen Systems mit ehernen festen Gesetzen. *Natura non facit saltus!* Die Natur macht keine Sprünge, sie folgt ganz bestimmten Gesetzmäßigkeiten. Es ist eines der großen Probleme, daß wir viele Teile des biologischen Systems noch nicht kennen. Es bestehen große Wissenslücken. Es ist schwierig, die verschiedenen Zusammenhänge und Interdependenzen in den Griff zu bekommen. Wir sind insbesondere noch nicht in der Lage, die Zusammenhänge zwischen verschiedenen biologischen Gleichgewichten und Wirkungsketten und unserer Industriekultur wissenschaftlich zu beherrschen. Es ist deshalb notwendig, daß wir in einem sehr breit angelegten Forschungsprogramm, das das ganze Spektrum, die ganze Kette von der unbelebten Natur über die einfachen komplizierten Lebewesen bis zu den Primaten und dem *Homo sapiens* umfaßt, in den Griff zu bekommen. Hier fehlt es noch praktisch an allem. Die Industriekultur als Teil des biologischen Grundsystems ist noch nicht erforscht worden. Viel zu lange haben wir in der Wissenschaft — und das ist eine Folge des Positivismus des 19. Jahrhunderts — nur punktuell und meist reagierend gearbeitet. In der Medizin sind jahrzehntelang soziale Gesichtspunkte vernachlässigt worden: Von der Berufs-, von der Arbeitsmedizin bis zur Sozialhygiene haben wir noch heute große weiße Flecken. Sollte die Produktion von Herz-Lungen-Maschinen wirklich das gleiche Gewicht wie Fragen der Arbeitsmedizin und Sozialmedizin haben? Muß nicht die Umwelthygiene mindestens die gleichen Mittel wie die Herzchirurgie erhalten? Es gibt hier Versäumnisse in der Forschungsförderung der vergangenen Jahrzehnte. Die Bundesregierung hat der Frage wissenschaftlicher Zuarbeit, wissenschaftlichen Sachverständes in unseren Verwaltungsentscheidungen, in unserer Politik eine große Bedeutung gegeben. Dies wird klar im Bundesbericht Forschung IV ausgesprochen. Mit dem im Dezember durch Organisationserlaß des Bundesinnenministeriums berufenen Sachverständigenrat für die Umwelt wird ein Gremium seine Arbeit aufnehmen, das die Zusammenhänge zwischen Umwelt und Gesellschaft regelmäßig untersucht. Der Sachverständigenrat wird alle 4 Jahre in einer Umweltbilanz die Öffentlichkeit darüber informieren, was der erreichte Zustand der Umwelt ist, was an ökologischen Schäden dringender Abhilfe bedarf und was die langfristigen Auswirkungen unserer Industriekultur auf das ökologische System sein werden. Es wird weiter in einem Umweltplanungsinformationssystem — abgekürzt „UMPLIS“ —, also in einer Art „Referral Center“, d. h. einer Schaltstelle, einer Nachweistelle für die vorhandenen

Umwelthinformationen, ein Dienstleistungsangebot entwickelt: an die öffentliche Hand, an die Wirtschaft, an die Wissenschaft, kurz an jeden, den es angeht. UMPLIS wird Datennachweise zur Verfügung halten, von einem Register über die vorhandenen Dokumentationsstellen der Umwelt, einer Expertenbank, die es möglich macht, den vorhandenen Sachverstand richtig aufzuschließen, bis zu dem Versuch, die in der Öffentlichkeit eingenommenen Positionen, Interessen und Standpunkte in einer speicherfähigen Form zu ermitteln. Es wird weiterhin dafür gesorgt werden, daß wirksamere Beratungsverfahren bei allen umweltrelevanten Entscheidungen, Gesetzgebung, Verwaltung und Rechtsprechung eingerichtet werden.

Zu den Zielen des Umweltprogramms der Bundesregierung gehört ein auf wissenschaftlichem Sachverstand beruhendes Umweltrecht. Wir brauchen ein völliges Umdenken in unserem Recht. Sie wissen, daß ich dafür eintrete, daß unser Grundgesetz geändert wird und wir einen Artikel in unserem Grundgesetz bekommen, der etwa so formuliert werden könnte: „Jeder Bürger hat ein Recht auf eine Umwelt, in bestem Zustand. Die Naturgrundlagen stehen unter dem besonderen Schutz der staatlichen Ordnung. Jede schädliche Emission bedarf eines Gesetzes. Das heißt, daß wir genauso, wie wir Institutionen wie die Familie oder den Staat schützen auch den Wirkmechanismus des biologischen Systems unter den besonderen Schutz der staatlichen Ordnung in einem generellen Vorbehalt stellen. Das ist Neuland. Viele Juristen sehen keine Möglichkeit, die institutionellen Garantien um eine ökologische Garantie zu erweitern. Notwendig ist weiter — Professor Maihofer in Bielefeld beschäftigt sich damit —, für bestimmte Verwaltungsstreitsachen einen wirksameren technischen Beratungsdienst sowohl für den Kläger wie für die Gerichte zu schaffen. Dazu hat auch die sogenannte Picht-Kommission in einem Gutachten, das in dem eben von Prof. *Höffken* zitierten Materialienband abgedruckt ist, interessante Vorschläge gemacht.

Ein weiterer wichtiger Grundsatz des Umweltprogramms — und es ist ein Thema, das z. Z. viel diskutiert wird — ist das Verursacherprinzip. Das Verursacherprinzip besagt etwas sehr Einfaches: Es wendet bewährte Grundsätze der Marktwirtschaft auf das Umweltproblem an. Jeder, der die Umwelt belastet, soll für die entstehenden Kosten selbst aufkommen. Der Würstchenfabrikant, der jetzt ungeklärt seine Abwässer in den Main einleitet, soll nicht mehr einen Marktvorteil haben vor dem, der Umweltschutzmaßnahmen trifft. Das Verursacherprinzip ist der einzige Weg, wie wir dieses schwierige Problem der Umweltkosten, der Umweltschutzkosten lösen, ohne unser ganzes marktwirtschaftliches System umzustößen.

Ein dritter Grundsatz ist die Realisierung umweltfreundlicher Technik. Hierzu gehört, daß wir schon im Labor, schon im ersten Planungsentwurf



eines Produktionsverfahrens oder Produktionsprozesses tatsächlich die Fragen der Umwelt und ihrer Belastung berücksichtigen. Es gibt eine Fülle von Möglichkeiten, ich erwähne nur die etwa 60—80 neuen Verkehrssysteme von Flüssiggas bis zu Förderbändern, bis zu Elektroautos, die man, wenn man wirklich will, verwirklichen könnte, um unsere Großstädte von der Luftverschmutzung durch Kraftfahrzeuge zu befreien. Eine wichtige umweltfreundliche Technik ist auch die Wiederverwendung von Abfallstoffen — sei es durch Kompostierung oder durch Herstellen von Baustoffen, Straßenschotter aus Abfällen. In der Blaubeurer Deponie oder auch in der Hamburger Rott werden biologische Verfahren mit bestimmten Temperaturen eingesetzt, damit wird dieser Müll in einer Art „bio-engineering“ vernichtet und in nützliche Komposterde verwandelt. Schon jetzt wird Papier wiederverwendet, ferner Glas, Autobestandteile, Schrott aller Art.

Ein weiterer Grundsatz des Programms ist Weckung und Förderung des Umweltbewußtseins, d. h. eines offenen Planungssystems der Kooperation von Wirtschaft, Wissenschaft, Staat. Es bestehen etwa 300 Bürgerinitiativen. In der Durchführung des Umweltprogramms habe ich Hunderte von Anregungen, die ich in das Programm aufnehmen konnte, aus der Bevölkerung und von Bürgerinitiativen empfangen.

Nach der letzten Meinungsumfrage hat Umweltschutz heute den höchsten politischen Stellenwert in der Bevölkerung noch vor Altersversorgung, Verkehrsplanung und anderen wichtigen Themen, wie etwa Verteidigungspolitik. Dabei wird heute — im Gegensatz zu vor einem Jahr — die Luftverunreinigung noch vor Wasser und Abfall für das schwerwiegendste Problem gehalten, und 75 % der Bevölkerung meinen, das wichtigste Problem sei die Luftverunreinigung, etwa 56 % meinen der Abfall und etwa ein Drittel halten die Gewässerverunreinigung für das wichtigste Problem. Es hat sich ganz deutlich der Schwerpunkt des Interesses auf die Luftseite verlagert.

Fragen der Umweltpolitik können nur international gelöst werden. Fragen, wie die Aufheizung der Atmosphäre, können nur international gelöst werden. Das Raumschiff Erde muß in einer gemeinsamen internationalen Anstrengung sozusagen vor den Umweltgefahren bewahrt werden. Deshalb findet auch eine Konferenz aller Staaten der Erde vom 5. bis 16. Juni 1972 in Stockholm statt, die besonders eine Konvention über die Abfallversenkung auf der hohen See und eine Erklärung zur Umwelt des Menschen verabschieden wird.

Die organisatorischen Konsequenzen aus diesen wichtigen großen Leitlinien des Umweltprogramms der Bundesregierung sind einmal ein Bundesamt für Umweltfragen. Es liegt jetzt ein Organisationsvorschlag des Bundesbeauftragten für die Wirtschaftlichkeit in der Verwaltung vor, der

die Einrichtung eines solchen Bundesamtes für Umweltfragen empfiehlt. Dieses Bundesamt wird eine Einrichtung der Service- oder Dienstleistungskombinierung sein, keine Einrichtung der Interventionskoordinierung, die mit strenger hierarchischer Ordnung arbeitet.

Ich unterscheide diese beiden Formen der Koordinierung. Das eine, die Dienstleistungskordinierung, versteht sich gleichsam als ein Partner am Tisch, der ein Angebot an Planungs-, Entscheidungs-, Informationshilfen bereithält, nicht selbst operative Systeme, Forschungslabors und -einrichtungen betreibt. Im Bundesamt wird das bereits erwähnte Planungs-Informationssystem seinen Sitz haben; es werden die Sekretariate der wichtigsten Bund-Länder-Ausschüsse unter dem Dach des Bundesamtes arbeiten. Es wird die Geschäftsstelle des Sachverständigenrates für die Umwelt in diesem Bundesamt sein. Es werden eine Reihe von Entscheidungs-Planungshilfen und anregenden Stellen unter dem Dach des Bundesamtes beheimatet sein. Es ist nicht daran gedacht, in die gewachsenen Organisationsstrukturen der Ministerien durch Intervention einzugreifen, sondern mehr an Verfahren der Selbstkoordinierung, wie es sich in den Projektgruppen, die schon mehrfach zitiert worden sind, bewährt hat, indem die Betroffenen selbst ihre Programme formulieren und dann einen gemeinsamen Vorschlag der Umweltwissenschaften dem Bundestag präsentieren werden, kanalisiert über das Bundesamt für Umweltfragen.

Den Sachverständigenrat für die Umwelt habe ich bereits erwähnt. Er wird in etwa 4 Wochen jetzt seine Arbeit aufnehmen und wahrscheinlich auch erst einmal eine Generalinventur erarbeiten. Wichtig ist aber dabei, daß in der Schwerpunktbildung in den Umweltwissenschaften besonders drei neue Schwerpunkte gebildet werden sollen. Einer dieser Schwerpunkte wird hier das Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene sein: Fragen der Hygiene und der Einwirkung des biologischen Systems und des Industriesystems auf den Menschen werden im Schwerpunkt der Arbeit von WaBoLu in Zukunft stehen. Die mehr technischen, wirtschaftlichen Momente des Umweltproblems werden an anderer Stelle bearbeitet werden. Es ist wichtig, daß das Institut für Wasser-, Boden und Lufthygiene sich in einem weiten Forschungsverbund versteht als ein Teil eines größeren Systems, was in freier Form kommuniziert, was offen ist für neue Entwicklung und was die lange, gute Tradition dieses Institutes fortsetzt.

Ein anderer Schwerpunkt wird in einer neuen Bundesanstalt für Immissionsschutz liegen, die wahrscheinlich unter einem Dach mit der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz arbeiten wird. Mit deren Aufbau ist begonnen worden. Ein dritter Schwerpunkt wird wahrscheinlich im Raum Frankfurt in enger Zusammenarbeit mit der Außenstelle der WaBoLu, die für Frankfurt seit langem geplant ist, liegen: für Fragen der

Umweltverträglichkeit kommunaler Planungen. Mit diesen drei Schwerpunkten und den bereits bestehenden in Neuherberg für Strahlenschutz, Umweltchemikalien und Biotechnik werden wir sozusagen ein Verbundsystem der Umweltwissenschaften haben, das die von mir geschilderten schwierigen Aufgaben übernehmen kann.

Ich möchte Sie, Prof. *Höffken*, beglückwünschen zu dem Plan, einen Fortbildungskursus für die Ärzte durchzuführen. Es ist eins der Ziele des Umweltprogramms der Bundesregierung, daß diese Maßnahmen der Fort- und Weiterbildung auf eine neue Grundlage gestellt werden. Ich selbst glaube nicht an den Umweltingenieur als ein umfassendes Bildungskonzept, sondern ich bin der Meinung, wichtig ist, daß auf einer soliden Berufsgrundlage Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen in regelmäßiger Form als „Recyclage“ einsetzen. Sie haben damit hier in Berlin einen Anfang gesetzt, der hoffentlich viel Nachahmung findet.

# Grundsätze zum Umweltrecht

Von G. L e w a n d o w s k i

Die Fülle umweltbezogener Rechtsvorschriften darf nicht zu der Annahme verführen, daß es ein Umweltrecht im strengen juristischen Sinne schon gebe. Das würde voraussetzen, daß die rechtlichen Möglichkeiten des Umweltschutzes auf dieses Ziel hin systematisch untersucht worden wären und die Ergebnisse sich nach einem mehr oder minder umfassenden Konzept in den Rechtsvorschriften niedergeschlagen hätten. Wir kennen ein Handelsrecht, ein Schulrecht, ein Wasserrecht, wo entsprechend verfahren wird. „Ein Umweltrecht, das seinen Namen verdient, gibt es nicht. Gäbe es das und eine darauf gestützte Überwachung, wäre heute nicht das ökologische Gleichgewicht in solcher Intensität geschädigt. Was es an Umweltrecht gibt, ist lediglich die Summe weit verstreuter lückenhafter Normen, von denen zumeist nur die wenigen jeweiligen Spezialisten wissen. Auch die Universitäten kennen den Umweltschutz als übergreifendes Rechtsgebiet nicht, sieht man von professoralen Einzelgängern und vorsichtigen Versuchen der jüngsten Zeit ab“<sup>1</sup>.

Ein weiterer Beitrag soll hier versucht werden.

Die Notwendigkeit eines Umweltrechtes wird damit bejaht. Sie ergibt sich daraus, daß Umweltschutz auf die Erzwingung umweltfreundlichen Verhaltens nicht verzichten kann. Dieser Zwang soll in der zivilisierten Gesellschaft nur in der Form des Rechts ausgeübt werden. Die systematische Entwicklung eines Umweltrechtes muß der Optimierung dieses Zwanges dienen: höchstmögliche Wirkung bei möglichst geringem Eingriff in die Freiheit des einzelnen.

Konsequenterweise nennt das Umweltprogramm der Bundesregierung als Hauptziel an erster Stelle ein Umweltrecht,

das Schutz und Entwicklung der Naturgrundlagen zu den vorrangigen Aufgaben staatlicher Daseinsvorsorge macht und das nach dem jeweiligen Stand von Wissenschaft und Technik ständig fortgeschrieben wird.

In den zusammenfassenden Thesen des Umweltprogrammes der Bundesregierung wird Umweltpolitik definiert

„als die Gesamtheit aller Maßnahmen, die notwendig sind,

- um dem Menschen eine Umwelt zu sichern, wie er sie für seine Gesundheit und für ein menschenwürdiges Dasein braucht und
- um Boden, Luft und Wasser, Pflanzen- und Tierwelt vor nachteiligen Wirkungen menschlicher Eingriffe zu schützen und

— um Schäden oder Nachteile aus menschlichen Eingriffen zu beseitigen“<sup>2</sup>.

Dementsprechend wird unter Umweltrecht, dem notwendigen Instrument dieser Politik, die Gesamtheit aller Rechtsnormen zu verstehen sein, die auf die Erreichung eben dieser Zwecke gerichtet sind. Ähnlich bezeichnet ein Diskussionsentwurf der Arbeitsgemeinschaft Sozialdemokratischer Juristen als Gegenstand der rechtlichen Regelungen eines Umweltrechtes alle die Maßnahmen, „die dem Menschen eine menschenwürdige Umwelt sichern, d. h. seine biologische Existenz gewährleisten, seine Gesundheit schützen und seine sozialen Ansprüche an die natürliche Umwelt erfüllen“<sup>3</sup>.

Es ist nach dem Inhalt dieses Umweltrechtes zu fragen, seinen bestimmenden Grundsätzen. Die zur Verfügung stehende Zeit erlaubt allerdings nur eine grobe Skizzierung.

Je nach Charakter der Beziehungen von einzelnen Menschen und Kollektiven, die Gegenstand rechtlicher Regelung sind, unterscheidet der Jurist herkömmlicherweise zwischen Regelungen öffentlichen und privaten Rechts, im einzelnen im wesentlichen zwischen Staats- und Verfassungsrecht, Verwaltungsrecht und Strafrecht auf der einen, Bürgerlichem und privatem Sonderrecht, wie z. B. Handelsrecht, auf der anderen Seite. In diesen Kategorien wird Umweltrecht zu untersuchen und zu entwickeln sein.

Die Verfassung, in der Bundesrepublik Deutschland das Grundgesetz, als rechtlicher Ausdruck der politischen Grundüberzeugung einer bestimmten Gesellschaft, bestimmt den möglichen Rahmen jeder nationalen Rechtssetzung. Das Grundgesetz tut das vornehmlich durch die Gewährung von Grundrechten an einzelne und Kollektive und durch Kompetenzzuweisungen und Verfahrensbestimmungen im weitesten Sinne, die sog. Spielregeln der Demokratie. Die Einhaltung beider Arten grundgesetzlicher Bestimmungen unterliegt gerichtlicher Nachprüfung, weitestgehend sogar auf Initiative des betroffenen Staatsbürgers. Das Ergebnis ist eine strenge Bindung vor allem des Gesetzgebers an das Grundgesetz und damit in weitem Umfange die Rechtsprechung zu seinen Vorschriften.

An hervorragender Stelle stehen dabei die Freiheitsrechte: das Recht der persönlichen Freiheit, auf freie Entfaltung der Persönlichkeit, auf Gleichbehandlung, das Recht der Glaubensfreiheit, auf freie Meinungsäußerung, Koalitions- und Berufsfreiheit usw. und das Eigentumsrecht als — wenigstens nach liberalem Verfassungsverständnis — der wirtschaftlichen Basis individueller Freiheit. Es gehört kein großer Scharfsinn dazu, eine Antinomie zwischen diesen Freiheitsrechten und den Forderungen des Umweltschutzes festzustellen, wobei sich — vereinfacht gesprochen — leicht auf zwei verschiedenen Ebenen diskutieren läßt: einmal über die realen Möglichkeiten und Aussichten eines notwendigen Ausgleichs; zum anderen liegt

gerade hier der Ansatzpunkt für systemverändernde Bemühungen. Diese Versuche entziehen sich indessen weitgehend umweltrechtlicher Betrachtung.

Die juristische Diskussion hat überwiegend zwei Aspekte: unbestreitbar ist die Notwendigkeit, die Freiheitsrechte in der Verfassungspraxis so zu interpretieren, daß ihre Ausübung nicht zu Umweltschäden führt. Als gefährliche Freiheitsrechte spielen allgemeine Handlungsfreiheit, Berufsfreiheit und Eigentum zweifellos die entscheidende Rolle. Hier lassen sich aber, wenigstens soweit die Rechtsprechung betroffen ist, positive Tendenzen beobachten, gerade auch am verfassungsrechtlichen Prüfstein der Sozialbindung des Eigentums<sup>4</sup>. Der zweite Aspekt liegt in der allgemeinen Erkenntnis, daß Umweltschutz im hier verstandenen Sinne für das Individuum und die menschliche Gesellschaft von lebenserhaltender Bedeutung ist, so daß es notwendig ist, die staatliche Gewalt durch grundrechtliche Absicherung auf dieses Ziel festzulegen.

Es kann daher nicht überraschen, daß der Umweltschutz von mehreren Autoren als eine bereits vom Grundgesetz selbst legitimierte und geforderte Aufgabe<sup>5</sup> bezeichnet wird. Das Bekenntnis des Grundgesetzes zur Achtung der Würde des Menschen, aber auch das seinen traditionellen Freiheitsrechten zugrunde liegende Menschenbild schließe ein Grundrecht auf menschenwürdiges Leben und damit auf unschädliches Leben ein<sup>6</sup>. Auch die ASJ geht von der Annahme aus, daß der Umweltschutz schon im Grundgesetz selbst nominiert sei, allerdings seine verfassungsrechtliche Stellung der Verfestigung und des Ausbaues bedürfe. Sie fordert die Ergänzung des Grundgesetzes durch ein soziales Grundrecht folgenden Inhalts:

„Jeder hat ein Recht auf ein Leben in menschenwürdiger Umwelt. Die natürlichen Grundlagen stehen unter dem besonderen Schutz des sozialen Rechtsstaates. Die Grenze der zulässigen Umweltbelastung wird durch Gesetz oder aufgrund eines Gesetzes geregelt. Die gesetzliche Grenzwertfestlegung richtet sich nach dem Gemeinwohl“<sup>7</sup>.

Prinzipiell ist Skepsis angebracht gegenüber der in der nachkonstitutionellen juristischen Diskussion immer mehr zu beobachtenden Praxis, dem jeweils verfolgten politischen Ziel Verfassungsrang zu verleihen. Diese Skepsis scheint auch der Ausgangspunkt des Umweltprogrammes zu sein, in dem es heißt: „Unser Grundgesetz gewährt weder ein ausdrücklich festgelegtes Grundrecht auf eine menschenwürdige Umwelt noch enthält der Grundrechtskatalog einen Anspruch auf Erhaltung der Gesundheit“<sup>8</sup>. Völlig ohne verfassungsrechtliche Basis ist der Umweltschutz allerdings nicht.

Von der Zielsetzung eines primär auf die Erhaltung und Verbesserung der Qualität menschlichen Lebens gerichteten Umweltschutzes gesehen, verdient das Grundrecht auf Leben und körperliche Unversehrtheit des Art. 2 (2) GG bevorzugte Betrachtung. Dieses Grundrecht ist in erster Linie als

Abwehrrecht gegen das Töten konzipiert worden, keineswegs zuletzt zur Abwehr einer Vernichtung lebensunwerten Lebens. Schon *Maunz-Dürig* indessen, als Grundgesetzkommentatoren noch nie einer ungezügelten Fortschrittsideologie verdächtig, haben unter Berufung auf das Gebot zur Achtung der Menschenwürde und auf den sozialstaatlichen Auftrag des Grundgesetzes in diesem Grundrecht gleichzeitig ein subjektives Recht des Bürgers gegenüber dem Staat auf die Mindestvoraussetzungen für ein menschenwürdiges Dasein gesehen, auf Gewährung der lebensessentiellen Außenweltsgüter<sup>7</sup>. Es wäre schade um die Zeit, sagen *Maunz-Dürig*, wenn sich das Verfassungsrecht in eine dogmatische Kontroverse darüber hineinsteigern würde, ob das in Art. 2 Abs. 2 geschützte Grundrecht auf Leben lediglich ein Recht des sog. status negativus ist oder ob es darüber hinaus staatliche Verschaffungspflichten auslöst. Die Rechtsprechung hat, wenn auch nicht im Bereich des Umweltschutzes, glücklicherweise im letzteren Sinne entschieden<sup>8</sup>. Die Auffassungen, die eine verfassungsrechtliche Basis des Umweltschutzes schon jetzt im Grundgesetz ausmachen, sind daher nicht unbegründet. Es sieht noch nicht so aus, als ob diese Möglichkeiten in der Praxis hinreichend erkannt und ausgeschöpft würden. Allerdings gewährt Art. 2 nur einen Minimalschutz. Die Forderungen nach weitergehenden verfassungsrechtlichen Sicherungen bestehen daher zu Recht. Dazu sei eine Randbemerkung gestattet: Verfehlt scheint mir, eine Kritik vornehmlich daran anzusetzen, daß im Interesse des Umweltschutzes nach stärkeren Sozialbindungen gerufen werde, weil das zwangsläufig auf eine weitere Beschränkung der Freiheitsrechte des Individuums hinauslaufe. Diese Kritik verkennt die freiheitssichernde Schutzfunktion eines Grundrechtes auf Gesunderhaltung: der Staatsbürger wird vor den umwelt- und gesundheitschädlichen Auswirkungen einer unverantworteten kollektiven und anonymen Vergeudung und Verpestung natürlicher Ressourcen geschützt. Erhaltung und Verbesserung der Lebensqualität sind überhaupt erst die Voraussetzungen für die von der Verfassung intendierte freie Entfaltung der Persönlichkeit.

Verfassungsrechtlicher Natur ist auch die Kompetenzfrage. Hier sei nur angemerkt, daß die Notwendigkeit einer Bundeskompetenz für Umweltrecht angesichts des Bedürfnisses globaler Regelung als offenkundig keines Beweises bedarf.

Unter verfassungsrechtlichen Aspekten verdient schließlich die Planung diskutiert zu werden, die ein wesentliches Instrument des Umweltschutzes werden muß. Zunehmend erscheint hier das Stichwort der Plangewährleistung: unter diesem Stichwort werden die Fälle erörtert, in denen das Vertrauen des Bürgers, d. h. des Investors, auf Planfortbestand so schutzwürdig anzusehen ist, daß eine Planänderung Entschädigungsansprüche

Privater auslöst<sup>9, 10</sup>. Es wird gründlicher Untersuchungen und der Entwicklung von Planungsmodellen bedürfen, die über eine Beteiligung möglichst vieler Betroffener und rechtzeitiger Offenlegung eine entschädigungspflichtige Vertrauensenttäuschung weitestgehend vermeidet. Auch hier gilt die Feststellung *Rehbinders*: Eine Reform des Umweltrechts wird unzureichend bleiben, wenn die Qualität der Entscheidungsprozesse nicht entscheidend verbessert wird<sup>11</sup>.

Wenden wir uns dem Verwaltungsrecht zu, dem Recht der Exekutive. In ihrer eingreifenden, leistenden und planenden Dimension<sup>12</sup> lassen sich leicht eine Reihe von Grundforderungen an ein Umweltrecht formulieren:

1. Die Bündelung verwaltungsrechtlich vorgeschriebener Einzelgenehmigungen in einem Verfahren zur Erzielung einer vertretbaren Abwägung konkurrierender Interessen<sup>13</sup>;
2. eine weitestgehende Offenheit der Entscheidungsprozesse vom Planungsstadium an im Sinne des von *Picht*<sup>14</sup> geforderten Rechts auf Wahrheit unter Zurückdrängung des Bereiches des Geschäfts- und Staatsgeheimnisses. Dazu braucht man noch nicht einmal ein Gesetz zu ändern. Die Wirkung wäre eine effektivere Kontrolle anonymer Macht zum Nutzen des einzelnen und der demokratischen Gesellschaft. Der Blick über die Grenzen lehrt, daß die Offenheit politischer Entscheidungsprozesse nur eine vermeintliche Schwäche, tatsächlich aber ein Moment beachtlicher Stärke eines politischen Systems ist;
3. die angesichts der Ineffektivität bereits vorhandenen Umweltrechts unbedingt notwendige Stärkung der Exekutive, vor allem ihrer Unabhängigkeit. Hier wird auf mehreren Ebenen vorgegangen werden müssen: Schaffung bundeseinheitlicher Rechts- und Verwaltungsvorschriften; Einrichtung überregionaler Spezialbehörden, die einmal über die notwendige Vielfalt der umweltbezogenen Disziplinen verfügen (ein Prioritätsdenken verbietet sich bei der Komplexität des Problems ohnehin), zum anderen durch ihre organisatorische Einordnung und überregionale Stellung örtlichen und regionalen Pressionen weitgehend entzogen sind; die Ausstattung von Sonderbehörden des Umweltschutzes mit richterlicher oder quasirichterlicher Unabhängigkeit<sup>15</sup>, wie es für die Rechnungshöfe mit Rücksicht auf das Interesse der Gesellschaft an einer ordentlichen Finanzwirtschaft eine Selbstverständlichkeit geworden ist;
4. die Unterstützung und Kontrolle der Umweltexekutive durch die Schaffung zusätzlicher Klagemöglichkeiten für Private, seien es von umweltfeindlichen Maßnahmen betroffene Staatsbürger, seien es private Vereinigungen zur Förderung von Zwecken des Umweltschutzes<sup>16</sup>;
5. die Schaffung von Rechtsvorschriften, die nicht nur strafbewehrte Verbote aussprechen oder die Einhaltung von Grenzwerten zur Pflicht



machen, sondern darüber hinaus wie die Bestimmung des § 21 der 1. StStVO zur Optimierung des Umweltschutzes verpflichtet.

Man wird allerdings nicht übersehen dürfen, daß bei zunehmenden öffentlichen Aufgaben<sup>17</sup> mit steigender Spezialisierung und Komplizierung gesellschaftlicher Systeme die Rolle der Überwachung nicht überschätzt werden darf. Die Nachwuchsprobleme des öffentlichen Dienstes sind kein Zufall, sondern direkte Konsequenz unserer gesellschaftlichen Situation. Auf die Entwicklung systemkonformer Selbststeuerungsmechanismen wird nicht verzichtet werden können. Die bekannten Forderungen nach dem Verursacherprinzip, nach Subventionen für umweltfreundliche und Abgaben für umweltfeindliche Praktiken werden zu Recht erhoben. Hier muß ein Schwerpunkt der weiteren Entwicklungsarbeit liegen.

Wegen der schwerwiegenden Konsequenzen bestimmter Formen umweltschädlichen Verhaltens ist die Notwendigkeit ihrer Kriminalisierung unstrittig. Hier stellt sich eine Hauptaufgabe moderner Strafrechtswissenschaft. Unser geltendes Strafrecht ist veraltet, sowohl in zahlreichen Einzelbestimmungen als auch in seinen dogmatischen Grundlagen. Darüber war man sich schon beim Erlaß des RStGB im Jahre 1871 einig. Wirksamen Schutz bietet es nur bei handgreiflicher, sozusagen populärer, Kriminalität einzelner Täter, des Räubers, Erpressers und Mörders. Gegenüber modernen Formen kollektiven gesellschaftsfeindlichen (sozialschädlichen) Verhaltens ist es machtlos. Es fehlt ein modernes Wirtschaftsstrafrecht, wie es auch für den Umweltschutz gebraucht wird. Im Bereich umweltfeindlichen Verhaltens finden selten konkrete Verletzungen und Gefährdungen statt, wie sie herkömmlicherweise unter Strafe stehen. Die schädlichen Folgen werden häufig erst durch Summation als harmlos geltender Einzelhandlungen und oft erst nach längeren Zeiträumen spürbar. Die Feststellungen, ob im Einzelfall tatsächlich ein Schaden oder eine Gefährdung verursacht worden ist, erfordern umfangreiche Begutachtung und nehmen knappe Forschungskapazität in Anspruch. Ein wirksames Umweltstrafrecht muß daher auch diese harmlosen Handlungen mit Strafe bedrohen, wenn und weil sie abstrakt und gefährlich sind<sup>3</sup>.

Von verschiedener Seite wird angeregt<sup>3, 13</sup>, die Bestimmungen des Umweltstrafrechts ins Strafgesetzbuch selbst aufzunehmen, um ihnen so eine größere Wirkung beizulegen (z. B. über den Vorstrafenmakel) als die, die sie als Strafnormen des sogenannten Nebenstrafrechts entfalten. Auch in anderem Zusammenhang wird die „niedere Qualität“ umweltschützender Rechtsnormen bemängelt<sup>1</sup>. Ob dieser Effekt wirklich so groß ist, daß er die mit der Aufnahme ins Strafgesetzbuch verbundenen Nachteile aufwiegt,

bleibt zu überlegen: Das Strafgesetzbuch läßt sich schwerer neuen Entwicklungen anpassen als ein Einzelgesetz. Das Ausweichen in die Rechtsnorm niedrigerer Qualität ist bei der Regelung komplizierter, in Entwicklung befindlicher Materien unumgänglich. Im Gesetz selbst lassen sich dort nur mehr Grund- und Rahmenentscheidungen treffen; Atomgesetz, Arzneimittelgesetz, Lebensmittelgesetz und vor allem die Lebensmittelreform liefern überzeugende Beispiele. Allerdings ist es notwendig, das mit der Möglichkeit des Erlasses von Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften zur Verfügung stehende Instrumentarium zu vervollkommen. Das gilt auch hinsichtlich einer größeren Transparenz des Normsetzungsverfahrens. Im ganzen ist die Aufgabe, die zu leisten ist, beträchtlich. Ostermeyer<sup>17</sup> gibt mit seinen auf den Contergan-Prozeß gezielten Äußerungen einen anschaulichen Eindruck:

„Kein passendes Gesetz, keine die Sache betreffende Schuldform, schwere Nachweisbarkeit der Individualfahrlässigkeit: das alles manövriert die Strafjustiz in die Rolle eines Ritters, der nach Turnierregeln mit der Lanze gegen einen Panzerwagen anreitet, dessen Fahrer er nicht erkennen kann, während dieser die Bindung des Ritters an die Turnierregeln kaltblütig einplant.

...

Wenn die Justiz ... weiterhin ihre Befriedigung darin findet, an kleinen Kriminellen nutzlose Exempel zu statuieren, ist der Zeitpunkt nicht mehr fern, daß sie nicht nur die Rolle des Ritters spielt, sondern die des Ritters von trauriger Gestalt, daß sie als Don Quijote gegen die Windmühlen der Kleine-Leute-Kriminalität anstürmt, während sich in ihrem Rücken schon tödliche Gefahren für das Leben aller zusammenballen. Durch solchen Anachronismus würde sie sich selbst zum Untergang verurteilen“<sup>18</sup>.

Ich möchte nicht schließen, ohne als Instrument für ein selbststeuerndes Umweltrecht auch das Privatrecht genannt zu haben. Die Immissionsabwehrbestimmung des § 906 BGB bietet immerhin einen Ansatzpunkt.

Der Zustand des Umweltrechtes bringt es mit sich, daß Grundsätze zum Umweltrecht heute überwiegend Forderungen zum Umweltrecht sind. Es wird ein interessantes Experiment sein nachzuweisen, daß die soziale Marktwirtschaft sich auch im Hinblick auf die Lösung der Umweltprobleme gegenüber anderen Wirtschaftssystemen als leistungsfähiger erweisen wird, wie es die Bundesregierung im Umweltprogramm formuliert. Der Ausgang dieses Experiments muß uns alle interessieren.

#### LITERATUR:

<sup>1</sup> FRIELINGHAUS, Volker: Das geltende Umweltrecht und seine Sanktionsnormen; Vorgänge 11—12/1971, S. 414.

<sup>2</sup> Umweltprogramm der Bundesregierung, Bundestag-Drucksache VI/2710.

- <sup>3</sup> Kriminalisierung der Umweltzerstörung. Ein Diskussionsentwurf der Arbeitsgemeinschaft Sozialdemokratischer Juristen; Vorgänge 11—12/1971, S. 411 und ZRP Heft 3/1972, S. 76.
- <sup>4</sup> OVG Münster, DVBl. 57, 867 — DÖV 57, 870; BGHZ 45, 23.
- <sup>5</sup> WEBER: Umweltschutz in Verfassungs- und Verwaltungsrecht; DVBl. 1971, S. 806.
- <sup>6</sup> RUPP: Die verfassungsrechtliche Seite des Umweltschutzes; JZ 1971, S. 401.
- <sup>7</sup> MAUNZ-DÜRIG: Grundgesetz, Kommentar, Art. 2 II GG, Rdnr. 26.
- <sup>8</sup> BVerwG 1, 159; BVerwG DÖV 55, 698.
- <sup>9</sup> KRIELE: Plangewährleistungsansprüche? DÖV 1967, S. 531.
- <sup>10</sup> EGERER: Der Plangewährleistungsanspruch, Baden-Baden 1971.
- <sup>11</sup> REHBINDER, E.: Grundfragen des Umweltrechts; ZRP Heft 11/1970, S. 250.
- <sup>12</sup> STEIGER: Umweltschutz durch planende Gestaltung; ZRP Heft 4/1971, S. 133.
- <sup>13</sup> LERSNER, Freiherr von: Administrativer Umweltschutz, Rechtsgrundlagen und Organisation; Umwelt 1/72, S. 10.
- <sup>14</sup> PICHT: Industrieplanung in der ökologischen Krise; Umwelt 1/72, S. 28
- <sup>15</sup> KONOW: Rechtliche Möglichkeiten und politische Probleme des Umweltschutzes; Beilage 38/71 vom 18. 9. 1971 zur Wochenzeitung Das Parlament.
- <sup>16</sup> RUPP: Popularklage im Umweltschutzrecht; ZRP Heft 2/1972, S. 32.
- <sup>17</sup> ELLWEIN: Zur Entwicklung der öffentlichen Aufgaben; DÖV 1972, 13.
- <sup>18</sup> OSTERMEYER: Kollektivschuld im Strafrecht; ZRP Heft 4/1971, S. 75.



\*03UM100061\*