

SCHRIFTENREIHE

**DES VEREINS FÜR WASSER-, BODEN- UND LUFTHYGIENE
BERLIN-DAHLEM / GEGRÜNDET IM JAHRE 1902**

**HERAUSGEGEBEN IM AUFTRAGE DES
VEREINS FÜR WASSER-, BODEN- UND LUFTHYGIENE
VON PROF. DR. E. TIEGS**

Nr. 16

Prof. Dr. E. Naumann

Probleme der Verunreinigung von Grund- und Oberflächenwasser durch Mineralöle und Detergentien

Prof. Dr. A. Heller

Luftverunreinigung und Abhilfemaßnahmen

**Vorträge auf der Jahrestagung
des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
am 15. Juni 1960 in Köln**



**UM 10
1105**

GUSTAV FISCHER VERLAG · STUTTGART

1960

03-4440-225

Standort: Bibliothek

SCHRIFTENREIHE

DES VEREINS FÜR WASSER-, BODEN- UND LUFTHYGIENE
BERLIN-DAHLEM / GEGRÜNDET IM JAHRE 1902

HERAUSGEGEBEN IM AUFTRAGE DES
VEREINS FÜR WASSER-, BODEN- UND LUFTHYGIENE
VON PROF. DR. E. TIEGS

Nr. 16

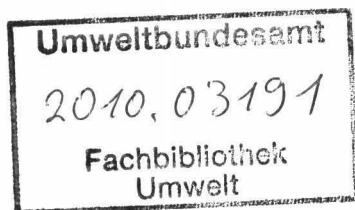
Prof. Dr. E. Naumann

Probleme der Verunreinigung von Grund- und Oberflächenwasser durch Mineralöle und Detergentien

Prof. Dr. A. Heller

Luftverunreinigung und Abhilfemaßnahmen

Vorträge auf der Jahrestagung
des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
am 15. Juni 1960 in Köln



GUSTAV FISCHER VERLAG · STUTTGART

1960

DS 2344538

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

Druck: A. W. Hayn's Erben, Berlin West

Probleme der Verunreinigung von Grund- und Oberflächenwasser durch Mineralöle und Detergentien

Von

Prof. Dr. E. NAUMANN

Bundesgesundheitsamt, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene,
Berlin-Dahlem

Vortrag vor dem Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e. V.
am 15. Juni 1960 in Köln

In den Jahren nach dem letzten Kriege sind wir Zeugen einer vorher nie gekannten, stürmischen industriellen Entwicklung geworden, die zahlreiche neue Erzeugnisse auf den Markt brachte. Diese erschlossen einerseits ihren Abnehmern ungeahnte neue Möglichkeiten, andererseits stellten sie aber die Mitbewohner des betreffenden Wirtschaftsraums oft überraschend vor völlig neue Situationen, die ihnen größte Schwierigkeiten bereiten, und mit denen sie nur schwer fertig werden. Das trifft in besonderem Maße zu für alle Industriezweige, die Wasser in größerem Umfang als Rohstoff oder Hilfsmittel verwenden und damit den Wasservorrat stark beanspruchen und mit Abfallstoffen beladene Abwässer abstoßen.

In heutiger Zeit, da Wasser in Deutschland bereits zur Mangelware geworden ist, die aber die Bedürfnisse aller optimal befriedigen muß, hat diese Entwicklung schon häufig zu Interessenkollisionen geführt. Der gerechte Ausgleich dieser konkurrierenden Interessen zum Wohle der Allgemeinheit ist die wichtigste Aufgabe der Wasserwirtschafts- und Gesundheitsbehörden, für die der Gesetzgeber zwar keine umfassende Kodifizierung geschaffen, aber doch den Vorrang bestimmter öffentlicher Interessen klar bezeichnet hat. Unter diesen steht die öffentliche Gesundheitspflege unstreitig an erster Stelle, denn für sie ist gutes Trinkwasser in ausreichender Menge ebenso wie sauberes Wasser in Flüssen, Bächen und Seen eine der wichtigsten Grundforderungen.

Es ist jedoch nicht zu verkennen, daß die industrielle und wirtschaftliche Entwicklung in neuerer Zeit der Wasserwirtschaft in einigen schwerwiegenden Punkten buchstäblich davongelaufen ist. Das heißt, einige Industriezweige haben einen derartigen Wasserbedarf entwickelt, daß er nur noch mit sorgfältig gesteuerter Kreislaufwirtschaft zu befriedigen ist. Auf der anderen Seite sind bei bestimmten Industriegruppen große Mengen neuartiger Abwässer entstanden, für die noch keine befriedigenden Reinigungsverfahren bekannt waren, und die die Vorfluter in sehr starkem Maße belasteten. Ähnliches hat sich in früheren Jahrzehnten z. B. beim Aufblühen der Zuckerindustrie und

der Textil- und Farbstoffindustrie abgespielt. Auch damals bereitete diese Entwicklung der Wasserwirtschaft erhebliche Schwierigkeiten, die man erst allmählich zu beherrschen lernte. Aber ein schwerwiegender Unterschied darf hierbei nicht übersehen werden. Damals fand diese Entwicklung noch nahezu saubere Flüsse mit natürlichem Reinheitsgrad vor, während heute die Verunreinigung der Mehrzahl der Vorfluter bereits ein solches Ausmaß angenommen hat, daß zusätzliche Belastungen nicht mehr hingenommen werden können und eine Besserung ihres Zustandes durch anhaltende gemeinschaftliche Anstrengungen aller Beteiligten erreicht werden muß.

Und weiter: Vor Jahrzehnten wurden unsere Oberflächengewässer für die Trinkwassergewinnung nur in verschwindendem Umfang in Anspruch genommen. Heute beträgt nach den Ermittlungen des Bundesministers für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft nach dem Stand von 1957 der Anteil des unmittelbar entnommenen Oberflächenwassers an der Wassergewinnung für Haushalt und Kleingewerbe etwa 6,3 %; bei Berücksichtigung des mittelbar durch Uferfiltration und Grundwasseranreicherung gewonnenen Oberflächenwassers beträgt der Anteil aber etwa 20 bis 25 %. Bei der industriellen Wasserversorgung erreicht er bereits fast zwei Drittel. In beiden Gruppen muß mit einem starken weiteren Anstieg des Oberflächenwasseranteils in naher Zukunft gerechnet werden.

In der Gegenwart stellen uns besonders zwei Stoffe vor aktuelle Probleme, und zwar sowohl in ihrer industriellen Herstellung und Verarbeitung als auch in ihrer vielfältigen, weit verstreuten Verwendung. Es sind dies das Erdöl und die Detergentien. Diese Fragen nehmen im wasserfachlichen Schrifttum einen breiten Raum ein. Auch die Tagespresse bringt fast täglich Nachrichten über Verunreinigungen des Grund- und Oberflächenwassers durch diese Stoffe, und die Meinungen über die dadurch verursachten Schäden und Gefahren reichen von der Bagatellisierung bis zu riesigen Ausmaßen. Angesichts dessen ist es für den Nichtfachmann schwer, sich ein Bild über die tatsächliche Lage zu verschaffen. Aufgabe der Behörden und natürlich auch der Wissenschaft ist es aber, die Dinge realistisch zu sehen und ihr Urteil auf zuverlässiger Grundlage aufzubauen. Hierbei dürfen neben den Belangen des Allgemeinwohles wirtschaftliche Notwendigkeiten und technische Gegebenheiten gewiß nicht außer acht gelassen werden. Für meine Darlegungen ist jedoch das öffentliche Gesundheitswesen und ihre Dienerin, die Gesundheitstechnik, der beherrschende Gesichtspunkt. Mit Verboten, die eine solche Entwicklung der Wirtschaft aufhalten oder gar rückgängig machen wollen, ist jedenfalls nichts zu erreichen. Sie würden durch den Zwang der Verhältnisse sehr schnell paralysiert werden. Die Lösung kann vielmehr stets nur im gemeinsamen Streben nach besseren technischen Mitteln bestehen, bei denen alle berechtigten Interessen koordiniert werden. Gerade die öffentliche Gesundheitspflege kann heute nur zu ihrem Recht kommen, wenn sie sich bester, fortschrittlicher Wege bedient, wie sie die Gesundheitstechnik im Verein mit der Wissenschaft zu bieten vermag.

Gefahren von seiten des Erdöls

Das Erdöl wird nur zu einem kleinen Teil in Deutschland gewonnen; zum größten Teil wird es aus Übersee eingeführt. Die deutschen Erdölgewinnungsgebiete fallen zum größten Teil mit ausgedehnten und ergiebigen Grund-

wassergebieten zusammen, die für die öffentliche Wasserversorgung schlechterdings unentbehrlich sind. Daraus folgt, daß die Erdölgewinnungsanlagen in jeder Beziehung so gestaltet werden müssen, daß eine Verunreinigung des Bodens und Grundwassers durch Öl vermieden wird (1). Da die Öllagerstätten in wesentlich tieferen geologischen Schichten unter den Grundwasser führenden Formationen liegen, muß das Bohrloch in den Grundwasserhorizonten sorgfältig abgedichtet werden.

Die Bohrtechnik behauptet gern, daß heutzutage Öleruptionen während des Bohrvorgangs praktisch ausgeschlossen sind. Und doch sind in den letzten Jahren solche Unfälle auch in Deutschland vorgekommen (bei Pfungstadt und Georgsdorf/Meppen; s. GWF 1958 H. 2, S. 43). Wenn Erdölbohrungen in einem nutzbaren Grundwassergebiet ohne durchgehende Deckschichten vorgenommen werden, müssen sie trotz aller Vorsichtsmaßnahmen als eine unleugbare Gefahr für das Grundwasser angesehen werden, die auch durch Eindämmen der Baustelle nicht behoben werden kann. Auch der Einwand, daß es sich nur um Rohöl handle, das nicht tief in den Boden eindringen könne, ist nicht stichhaltig (2), da die Wanderung des Öls im Boden nicht nur von seiner Viskosität und seinem Gehalt an Harzbildnern abhängt. Denn im Boden kann eine fraktionierte Filterung des Öls sowie ein Auswaschen leichter löslicher Anteile platzgreifen, wie das auch von den bei der Ölreinigung anfallenden Säureharzen bekannt ist.

Die Beseitigung der stark salz- und ölhaltigen Bohrlochwässer stellt ein altes Problem dar, für das auf jeden Fall vor Beginn der Bohrarbeiten eine befriedigende Lösung gefunden werden muß.

Das Rohöl wird von den Gewinnungsstätten und den Häfen in zunehmendem Maße durch Rohrleitungen den Raffinerien und Weiterverarbeitungsanlagen zugeführt. Sobald diese Grundwassergebiete oder gar Schutzzonenbereiche von Wasserwerken durchqueren, sind besondere Schutzmaßnahmen erforderlich, die allerdings erhebliche Kosten verursachen können (2). Normal verlegte Guß- und Stahlrohrleitungen unterliegen nun einmal im Boden der Korrosion, die früher oder später zu Undichtheiten der Leitungen führt. Solches hat sich auch in Deutschland trotz des vergleichsweise geringen Alters dieser Leitungen schon ereignet (3). Bei erdverlegten Leitungen sind solche Undichtheiten, die schleichende Ölaustritte in den Boden und das Grundwasser zur Folge haben, sehr schwer und erst spät zu erkennen. Auch kleine Risse und Löcher führen bei den hohen Betriebsdrücken der Leitungen, die das Vielfache der von Wasserleitungen betragen, schnell zu großen Ölverlusten. Ein Leck von 1 mm² kann bei 30 atü Betriebsdruck einen Ölverlust von 300 l/h verursachen (2).

Können also Grundwassergebiete nicht umgangen werden, so sind Schutzmaßnahmen erforderlich, deren Durchsetzung und Einhaltung eine dringende Aufgabe der Wasserbehörden und überhaupt der Landesplanung ist. Als erstes kommt ein erstklassiger Außenschutz der Rohre durch Spezialteer oder Bitumen in Verbindung mit Glaswolle (nicht Jute!) oder durch marktgängige Wickelmassen oder Schutzbinden bei sorgfältiger Überwachung der Verlegungsarbeit in Betracht. Eine wesentliche Verstärkung der Schutzwirkung ist zu erreichen durch kathodischen Schutz der Rohre, der jedoch bei fehlender Kontrolle dieser Einrichtung weitgehend entwertet wird. Planung und Anlage einer solchen Vorrichtung erfordern besondere Erfahrung.

Will man diese Maßnahmen nicht anwenden, so bleibt nur oberirdische Verlegung der Ölleitungen übrig, die den Vorteil der leichten Überwachung und Entdeckung von Ölverlusten besitzt. Andererseits erfordert die Erhaltung der Fließfähigkeit des Öls in vielen Fällen einen Wärmeschutz oder sogar eine Beheizung für Frostperioden. Die Kosten hierfür sind bei längeren Strecken erheblich. Deshalb ist eine sorgfältige Kostenberechnung der Anlage-, Betriebs- und Instandsetzungskosten der einzelnen Schutzmaßnahmen notwendig.

In den Betrieben, die das Rohöl weiterverarbeiten, entstehen die unterschiedlichsten Abwässer, deren Zusammensetzung sich nach dem Produktionsprogramm des einzelnen Betriebes richtet. Sie zeichnen sich durch ihren Gehalt an unerwünschten Nebenprodukten aus, unter denen gesättigte und ungesättigte Kohlenwasserstoffe aliphatischer und aromatischer Art, ferner ihre Teiloxydationsprodukte wie Alkohole, Aldehyde, Säuren, Basen und Ester neben emulgierten Ölresten auftreten können. Diese Abwässer sind von penetrantem Geruch und im Vorfluter von verheerender toxischer Wirkung. Ihre Reinigung stellt für den Betrieb eine lästige und dornenvolle Aufgabe dar, für die es kein Generalrezept gibt, sondern für die von Fall zu Fall eine Lösung gesucht werden muß. Sie erfordert eine vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen Betriebsführung und Abwasserfachmann, wobei auch tiefere Einblicke in die Produktionsvorgänge nicht zu umgehen sind. Nur so lassen sich Menge, Zusammensetzung und Verhalten der in den einzelnen Betriebsabteilungen anfallenden Abwässer beurteilen. Aber ohne diese Kenntnisse, allein durch chemische Analyse lassen sich diese Unterlagen nicht oder nur unvollkommen beschaffen.

Die Abwasserreinigungstechnik verfügt über eine ausreichende Zahl von Verfahren, um auch Abwässer dieser Art so weit zu reinigen, wie es die Aufnahmefähigkeit des Vorfluters erfordert. Die Schilderung dieser Verfahren ist jedoch nicht Aufgabe dieser Ausführungen.

Die fertigen Treiböle werden in einer großen Zahl über das ganze Land verstreuter Großtanklager, Tankstellen, Flugplätzen und dgl. für die Verteilung an den Endverbraucher gelagert. Dazu kommen die zahlreichen, in schneller Zunahme befindlichen Behälter für Heizöl in der Industrie und in Wohnhäusern. Hier ist ganz in der Stille eine Gefahrenquelle entstanden, deren Bedeutung lange Zeit nicht beachtet wurde und auch heute noch nicht genau zu übersehen ist. Einige Zahlen mögen die Lage beleuchten.

Dem Bulletin des Informations- und Presseamts der Bundesregierung 1959 Nr. 48 entnehmen wir die Mitteilung, daß in der Bundesrepublik 25 000 Tankstellen vorhanden sind, d. i. eine Tankstelle je 2000 Einwohner. Jährlich werden ferner 200 000 Heizölbehälter installiert, das bedeutet jährlich ein Behälter auf 250 Einwohner oder arbeitstäglich fast 700 Behälter. Die Zahl der insgesamt vorhandenen Behälter ist offenbar unbekannt. Das Gesamtvolumen aller unterirdischen Lagerbehälter für Öl und ähnliche Stoffe wird auf 2,5 Mio m³ veranschlagt, und der jährliche Verlust an Benzin und Öl aus allen diesen Behältern wird auf 250 bis 2500 m³ geschätzt. Wenn diese Zahlen nicht auf authentischen Ermittlungen der Bundesregierung beruhen, könnte man sie für Phantastereien halten. Erst vor einiger Zeit ist den Behörden und den Wasserfachleuten klargeworden, daß man diese Entwicklung nicht sich selbst überlassen dürfe. Diese Erkenntnis war erfreulicherweise auch

bei der Mineralölindustrie vorhanden, und so begann vor etwa 4 Jahren eine Gemeinschaftsarbeit aller interessierten Kreise, die zwar nicht zu voller Übereinstimmung in allen Einzelheiten, aber doch zur Klärung der Sachlage und zu einer Anzahl technischer Vorschläge geführt hat.

Macht man sich von allen Schlagworten frei, die im Meinungsstreit besonders in der Öffentlichkeit häufig gebraucht werden, und beurteilt die Sachlage vorurteilsfrei, so ist hierzu folgendes zu sagen:

Das Problem besteht einmal in technischen Anforderungen an die Behälter und zum anderen in Anforderungen an ihre Bedienung. Durch beides soll erreicht werden, daß die Behälter die Gewähr bieten, daß sie lange Zeit dicht bleiben, und daß Ölverluste beim Füllen der Behälter vermieden werden.

Ausgehend von der Tatsache, daß in der Vergangenheit Behälter mangelhafter Güte eingebaut wurden, hat die Arbeitsgemeinschaft der für das Bau-, Wohnungs- und Siedlungswesen zuständigen Minister der Länder der Bundesrepublik (ARGEBAU) „Vorläufige Richtlinien für Lagerbehälter aus Stahl für flüssige Brennstoffe“ erarbeitet, die im Einvernehmen und in Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden und Fachorganisationen entstanden sind. Es handelt sich hierbei um das Bundesministerium für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft, die für wasserwirtschaftliche Fragen zuständigen Stellen der Länderbehörden, den Deutschen Städte- tag, den Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern, die Vereinigung der Technischen Überwachungsvereine und Verbände der Behälterindustrie und der Mineralölwirtschaft. Das bereits vorher erschienene Normblatt DIN 6608 ist in die „Richtlinien“ einbezogen worden, die bis Januar 1960 von acht Ländern bauaufsichtlich eingeführt und für verbindlich erklärt worden sind, so z. B. in Nordrhein-Westfalen durch gem. RdErl. des Ministers für Wiederaufbau und des Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (s. Min.-Bl. Nordrhein-Westfalen Ausg. A, 12. Jahrg. Nr. 57 vom 1. Juni 1959 Sp. 1285). Der Erlaß schreibt vor, daß nur Behälter mit dem Gütezeichen der „Gütegemeinschaft unterirdische Lagerbehälter e. V.“ verwendet werden dürfen. Diese Gemeinschaft hat „Gütebestimmungen für unterirdische Lagerbehälter“ (Ausgabe Mai 1959, Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin-Köln-Frankfurt) herausgegeben. Andere Behälter bedürfen in jedem Falle der Prüfung und Abnahme nach den „Richtlinien“.

Letztere enthalten u. a. Vorschriften für Herstellung und Ausrüstung der Behälter, die Verwendung gebrauchter Behälter, den Korrosionsschutz, den Transport, Einbau und die Schlußprüfung der Behälter, zusätzliche Sicherheitsforderungen im Bereich von schutzbedürftigen Gebieten und die Anwendung der Richtlinien auf vorhandene Behälter.

Der Korrosionsschutz unterirdischer Behälter muß aus einer gut haftenden Isolierung bestehen, die mittels Hochspannungsprüfgerät zu prüfen ist. In Fassungs-bereichen von Trinkwassergewinnungsanlagen sowie in einer mindestens 100 m breiten Uferzone von Trinkwassertalsperren dürfen keine Brennstoffe gelagert werden. In den anderen Schutzzonen können zusätzliche Maßnahmen gefordert werden: verstärkter Korrosionsschutz und bei aggressiven Böden kathodischer Schutz, ferner die Anordnung einer Schutzschale aus Beton unter dem Behälter oder vollständige Schutzwannen, die den gesamten Behälter aufnehmen.

Bei Würdigung aller Interessen wird man sagen können, daß diese Bestimmungen, wenn sie konsequent durchgeführt werden, für Neuanlagen ausreichen dürften. Zum mindesten sollte man den Versuch mit ihnen machen und Erfahrungen sammeln. Man wird auch sagen können, daß diese Vorschriften sich im Rahmen des technisch Realisierbaren und wirtschaftlich Zumutbaren halten. Diese Begriffe waren bereits den alten Wassergesetzen geläufig. Das neue Wasserhaushaltsgesetz kennt den Begriff der wirtschaftlichen Rechtfertigung solcher Auflagen.

Offen bleibt jedoch nach wie vor die Frage der wirksamen Überwachung der Anlagen. Beim Kathodenschutz läßt sich durch Beobachtung der Spannung und Stromstärke die Wirksamkeit der Anlage jederzeit beurteilen; bei begehbaren Schutzwanne können Undichtigkeiten leicht bemerkt und ausgetretenes Öl aufgefangen werden. In allen anderen Fällen bleibt die in den „Richtlinien“ vorgeschriebene ständige Überwachung der Dichtigkeit der Anlage durchaus problematisch. Auch die Meldepflicht vermuteter Undichtheiten ändert hieran nichts Wesentliches. Geeignete Verfahren oder Anlagen zur Anzeige von Behälterundichtheiten fehlen jedenfalls bislang.

Die zweite Gefahrenquelle bildet durch Unachtsamkeit beim Füllen der Behälter überlaufendes Öl. Auch hierfür sind noch keine Vorrichtungen entwickelt, die eine Überfüllung der Behälter zuverlässig verhindern. Hier hilft nur Erziehung des Personals zu Sorgfalt und Verantwortungsbewußtsein. § 34 des Wasserhaushaltsgesetzes fordert jedenfalls klar und eindeutig, daß Stoffe nur so gelagert werden dürfen, daß eine schädliche Verunreinigung des Grundwassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften nicht zu besorgen ist. Des Nachweises einer eingetretenen Verunreinigung bedarf es also nicht.

Mit diesen Regelungen ist zunächst einmal eine gewisse Beruhigung eingetreten. Man muß wünschen, daß nach diesen Vorschriften sorgfältig gearbeitet wird, und Erfahrungen sammeln müssen. Demgegenüber erscheint es von untergeordneter Bedeutung, ob in den Ausfüllungsgesetzen der Länder zum Wasserhaushaltsgesetz die Genehmigungs- und Aufsichtspflicht für unterirdische Behälter auf einen Inhalt von 5000 l und mehr beschränkt wird, oder ob sie schon für 500 l gilt, wie Kreise des Wasserfachs es wünschen. Es ist jedoch nicht recht einzusehen, warum die Ländergesetze auch in diesem Punkt wieder voneinander abweichen müssen. Schließlich kommt es für das Ausmaß des Ölverlustes in erster Linie auf die Größe der Undichtheit an, die bei einem kleinen Behälter die gleiche Ausdehnung haben kann wie bei einem großen.

Es bleibt die Sorge um die alten, vor Erlaß der „Richtlinien“ eingebauten Behälter, deren Zahl sicherlich groß ist, und deren Einbaustellen unbekannt sind und es wohl auch bleiben werden. Sie sind ohne Zweifel nach Bauart und Korrosionsschutz von minderer Qualität und werden in zunehmendem Maße leck werden. Hier wird man sich nur auf die in den „Richtlinien“ ausgesprochene Verpflichtung zur ständigen Überwachung der Anlagen und zur Benachrichtigung der Ordnungsbehörde bei vermuteter Undichtheit stützen können und muß im übrigen hoffen, daß größere Schäden sich vermeiden lassen.

Eine ähnliche Vorschrift enthält § 20 der am 1. April 1960 in Kraft getretenen Verordnung über brennbare Flüssigkeiten vom 18. Februar 1960 (BGBl. 1960 I Nr. 8 S. 83): bei Verdacht der Undichtheit

einer Anlage hat der Betriebsinhaber unverzüglich eine Untersuchung vornehmen zu lassen und Anzeige an die für die öffentliche Sicherheit und Ordnung zuständige Behörde zu erstatten.

Wenn auch diese Verordnung die Bekämpfung der Brand- und Explosionsgefahr der brennbaren Flüssigkeiten bezweckt, so enthält sie doch eine Reihe weiterer Vorschriften, die gleichzeitig der Verhinderung der Grundwasser-Verunreinigung dienlich sind. So besagt z. B. § 6, daß die Anlagen gemäß den allgemein anerkannten Regeln der Technik errichtet und betrieben werden müssen. Die „Vorläufigen Richtlinien“ der ARGEBAU wird man ohne weiteres zu diesen Regeln zu rechnen haben. Jedoch sind zwar Anlagen zur Lagerung brennbarer Flüssigkeiten der Gruppe A Gefahrenklasse I (Benzin) und II, aber nicht solche der Gefahrenklasse III (Heizöl) anzeige- und erlaubnisbedürftig (§§ 8 und 9). Dagegen sind Rohrleitungen zur Beförderung brennbarer Flüssigkeiten außerhalb des Werkgeländes (Fernleitungen) allgemein erlaubnisbedürftig. Heizöl der Gefahrenklasse III, das zum Betrieb von Heizanlagen des betreffenden Geländes dient, darf in Kellern von Wohnungen gelagert werden (§ 10). Nur anzeige- und erlaubnisbedürftige Anlagen, also nicht solche für Heizöl Gefahrenklasse III, unterliegen Prüfungen durch Sachverständige „auf ihren ordnungsmäßigen Zustand“, die regelmäßig zu wiederholen sind (§ 14), und zwar bei unterirdischen Tanks alle fünf Jahre (§ 16).

Der Vollständigkeit halber sei noch auf die Sicherheitsvorschriften für Tankautomaten hingewiesen, die als Bekanntmachung zur Verordnung über brennbare Flüssigkeiten erlassen wurden (siehe Amtsblatt für Berlin, 10. Jahrg. Nr. 18 vom 29. April 1960 S. 407).

Daß die Sorge um den Schutz des Grundwassers gegen Verunreinigung durch Öl weite Kreise bewegt, zeigt auch der dem bayerischen Landtag vorgelegte Gesetzesantrag des Inhalts, daß das auf dem Lande an so vielen Stellen anfallende Altöl in ein in jedem Landkreis zu errichtendes *Sammeldepot* gebracht werden muß.

Einen Überblick über die wichtigsten gesundheitlichen, hydrogeologischen und technischen Gesichtspunkte bietet das im Auftrage des Bundesministeriums für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft 1959 von MICHELS, NABERT, UDLUFT und ZIMMERMANN erstattete „Gutachten zur Frage des Schutzes des Grundwassers gegen Verunreinigung durch Lagerflüssigkeiten“.

Sind beim Grundwasser als mögliche Verursacher einer Verunreinigung die Ölförnerleitungen, die Benzin- und Öltankanlagen und Ölheizungen anzusehen, so sind es beim Oberflächenwasser die *Abwassereinleiter* und die *Schifffahrt*. Es unterliegt keinem Zweifel, daß das auf beide Arten in die Vorfluter gelangende Öl wesentlich zur Verunreinigung der Gewässer beiträgt. Das macht sich besonders bemerkbar beim Rhein mit seiner großen Abwasserlast und mit seinem starken internationalen Schiffsverkehr.

Städtische Abwässer, besonders wenn sie, wie hier am Rhein, nicht oder nur ungenügend gereinigt sind, enthalten wegen ihres Anteils an gewerblichen Abwässern wechselnde Mengen Öl, und bestimmte Industrieabwässer sind von Haus aus ölhaltig. In beiden Fällen ist die Zurückhaltung des Öls eine berechnete Forderung ohne technische Schwierigkeit, wenigstens solange das Öl nicht emulgiert ist. Verwendet man bei nicht emulgiertem Öl Leichtstoffabscheider oder bei größeren Abwassermengen strömungstechnisch richtig gebaute Ölabscheiderbecken, so bedarf es bei Ölemulsionen, die mecha-

nisch nicht zu trennen sind, der Anwendung von Flockungskemikalien in besonderen Flockulatoren.

In diesen Fällen kommt es entscheidend auf den guten Willen der Abwassereinleiter, aber auch auf die Initiative der Wasserbehörden an, die in jedem Einzelfall mithelfen müssen, die wirtschaftlichste individuelle Lösung zu finden.

Anders bei der *Schifffahrt*. Hier konnte eine generelle Regelung dadurch getroffen werden, daß im § 33 der Verordnung über die Schiffssicherheit in der Binnenschifffahrt vom 18. Juli 1956 (siehe BGBl. 1956 II S. 769) der Einbau von Entölnern oder Sammelbehältern für das Kühl- und Bilgewasser an Bord und einheitliche Zulassungsbedingungen für diese Anlagen mit Wirkung vom 1. September 1960 wenigstens für die deutsche Binnenschifffahrt vorgeschrieben wurden. Leider gilt das noch nicht für die Schifffahrt auf dem Rhein; infolgedessen ist gerade für den Rhein mit seinem starken Schiffsverkehr hiervon nichts zu erwarten. Das ist um so bedauerlicher, als die Niederlande als Unterlieger besondere Ansprüche hinsichtlich Reinhaltung des Rheins angemeldet haben. Es entspricht jedoch nicht dem Geist einer ehrlichen Partnerschaft, wenn man dem Nachbarn Unrat ins Haus trägt und gleichzeitig verlangt, daß er das Haus gut sauber hält. Für die Tankwaschwässer stehen in westdeutschen Häfen verschiedene Sammelstellen zur Verfügung, z. B. im Duisburg-Ruhrorter Hafen (4).

Es bleibt daher zu wünschen, daß diese Regelung für alle Verkehrsteilnehmer auf dem Rhein und anderen Wasserstraßen verbindlich wird, damit die Fernhaltung des Öls von den Wasserstraßen gewährleistet werden kann.

Die Forderung der Fernhaltung von Öl und Benzin vom Grund- und Oberflächenwasser ist gesundheitlich, technisch und wirtschaftlich wohlbegründet und angesichts der schnell wachsenden Gefahr dringend. Unsere Grundwasservorräte reichen für die Befriedigung des Trinkwasserbedarfs der Städte ohnehin nicht mehr aus, so daß in zunehmendem Maße auf Oberflächenwasser zurückgegriffen werden muß, das häufig für diesen Zweck minderwertig ist. Einer drohenden Entwertung oder Unbrauchbarmachung von Grundwasservorkommen kann man daher nicht tatenlos zusehen.

Darum handelt es sich aber, wenn Öl oder Kraftstoffe ins Grundwasser gelangen. Der Boden kann diese Stoffe nicht oder nur ungenügend zurückhalten und sie auch nur sehr schwer abbauen. Sie durchdringen sogar wasserstauende Bodenschichten, können sich jahrzehntelang im Boden halten und über große Strecken wandern. Hierbei gibt es aber noch zahlreiche Unklarheiten, die eine Voraussage sehr erschweren. Neben zahlreichen nachgewiesenen Brunnenverunreinigungen durch benachbarte Ölversickerungen kennen wir unerklärliche Fälle, in denen wider Erwarten eine solche Verunreinigung ausgeblieben ist.

Geringe Mengen Öl oder Benzin verleihen dem Wasser einen abstoßenden Geschmack und Geruch, der die Verbraucher das Trinkwasser mit Recht ablehnen läßt. Häufig begegnet man der Angabe, daß 1 m³ Öl rund 1 Million m³ Trinkwasser unbrauchbar macht. Das ist cum grano salis zu verstehen; zuweilen muß die Verdünnung hundert- oder tausendmal größer sein, ehe dieser Geruch verschwindet. Er ist bei der Trinkwasseraufbereitung mit den normalen Verfahren der Belüftung und Filterung überhaupt nicht zu beseitigen und erfordert dem Einzelfall angepaßte Verfahren, wie Zusatz von Chlordioxyd oder Ozon und Filterung über Aktivkohle. Solche Maßnahmen sind

auf jeden Fall aufwendig und führen oft nur zu einem Teilerfolg. Wenn ferner die Art der eingeleiteten Abwässer sich infolge Produktionsumstellung ändert, also im Wasser andere Geruchsbildner auftreten, so kann ein bisher befriedigendes Aufbereitungsverfahren versagen; das ist bei Oberflächenwasserwerken bereits vorgekommen.

Über die gesundheitliche Bedeutung dieser Stoffe ist zu sagen, daß Öle und Kraftstoffe bzw. zahlreiche Bestandteile dieser Produkte mit Sicherheit als toxisch zu bezeichnen sind. Vielen kommt an sich auch eine cancerogene oder syncancerogene Wirkung zu. Wieweit das jedoch auch in den hier in Betracht kommenden Verdünnungen selbst bei dauerndem Genuß solchen Trinkwassers eine Realität ist, kann heute noch nicht mit Sicherheit ausgesagt werden. Jedenfalls muß ein Trinkwasser mit einem derartigen widerwärtigen Geschmack als ungenießbar und hygienischen Grundsätzen widersprechend bezeichnet werden. Eine andere Auffassung würde auch im Gegensatz zu unserer Lebensmittelgesetzgebung stehen, die bestrebt ist, alle fremdartigen Stoffe den Lebensmitteln fernzuhalten, und ein Lebensmittel mit unappetitlichem oder widerwärtigem Geruch oder Geschmack als verdorben bezeichnet. Trinkwasser aber ist das wichtigste Lebensmittel, das nicht ersetzt werden kann (DIN 2000).

Im Vorfluter führen Ölbestandteile zur biologischen Verödung und zur Unterdrückung der Bodennahrung, so daß auch ohne Fischsterben die Fische wegen Nahrungsmangels abwandern. Auch die in der Uferzone lebenden Nährtiere und -pflanzen werden durch die Verölung des Uferstreifens unterdrückt. Die biologische Selbstreinigung wird durch die toxische Wirkung der gelösten und adsorbierten Mineralölbestandteile auf die Mikroorganismen und durch die Behinderung der Sauerstoffaufnahme an der Wasseroberfläche durch Ölfilme einer bestimmten Stärke gehemmt.

Das Bett eines ölhaltiges Wasser führenden Vorfluters wird durch Verharzung der Bodenschichten mehr und mehr gedichtet. Dieser Vorgang wird durch die Uferfiltration, also durch künstlichen Entzug von Flußwasser in den Untergrund gefördert. Hierauf ist die überraschende Beobachtung zurückzuführen, daß das Rheinbett auf großen Strecken mit einer festen, harzigen Schicht bedeckt ist, die die Uferfiltration behindert oder sogar unterbinden kann. Beim Fehlen von Hochwässern, die das Flußbett reinigen, wie z. B. bei gestauten Flüssen, kann diese Erscheinung besonders deutlich werden.

Diese hygienischen, biologischen, hydrogeologischen, technischen und wirtschaftlichen Aspekte machen klar, daß die Reinhaltung der unter- und oberirdischen Gewässer von Ölbestandteilen eine dringende Gegenwartsfrage ist, die nur durch gemeinsame Anstrengungen aller Beteiligten gelöst werden kann. Das Problem ist keineswegs auf Deutschland beschränkt, sondern hat längst weltweites Ausmaß angenommen. So ist es verständlich, daß sich bereits die Weltgesundheitsorganisation und die Föderation Europäischer Gewässerschutz unter Beteiligung von acht westeuropäischen Staaten der Sache angenommen und Richtlinien für Ölfernleitungen, Lagerbehälter, gewerbliche und städtische Abwässer sowie die Binnenschifffahrt ausgearbeitet haben (5).

Ohne Zweifel verlangt das bereits jetzt vorhandene Ausmaß der Gewässerverunreinigung energische Aktivität der Aufsichtsbehörden und durchgreifende Maßnahmen. Der Anfang ist gemacht. Aber vieles bleibt noch zu tun, und die ständige aufmerksame Beobachtung der Entwicklung und die Auswertung der Erfahrungen werden lehren, was weiterhin geschehen muß.

Gefahren von seiten der Detergentien

Ein weiteres Problem hat in der letzten Zeit in der Öffentlichkeit viel Aufsehen erregt. Es ist die augenfällige Verunreinigung der Gewässer durch synthetische Wasch- und Reinigungsmittel, die als Detergentien, neuerdings auch als Tenside bezeichnet werden. Die Schaumbildung an Schleusen, Wehren, Abwassereinleitungen und dergleichen haben der Öffentlichkeit klargemacht, daß hier eine Entwicklung im Gange ist, die die Interessen breiter Bevölkerungskreise berührt, und der man nicht gleichgültig gegenüberstehen kann.

Kurz zusammengefaßt ergibt sich folgender Sachverhalt. Der Verbrauch an synthetischen Waschmitteln hat nach dem Kriege auch in Deutschland infolge reichlichen Angebotes vielfältiger Erzeugnisse sprunghaft zugenommen. Da der relative Verbrauch hierzulande noch beträchtlich hinter dem anderer vergleichbarer Länder zurücksteht, ist mit weiterer Verbrauchssteigerung zu rechnen, und zwar sowohl in der Hauswirtschaft als auch in Gewerbe und Industrie. Die Detergentien sind daher in allen häuslichen und in vielen gewerblichen Abwässern vorhanden und gelangen mit diesen in die Vorfluter.

Die Frage, wie sich die Detergentien dort verhalten, und zu welchen Konsequenzen für die Abwasserreinigung, die Trinkwasserversorgung und die Schifffahrt dieser Zustand führt, ist naturgemäß von größter Bedeutung. So ist es durchaus verständlich, daß diese Entwicklung kürzlich zu einer Kleinen Anfrage im Bundestag Veranlassung gegeben hat, die vom Bundesminister für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft im Einvernehmen mit den zuständigen Bundesministern des Innern, für Wirtschaft, für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und für Verkehr umfassend beantwortet wurde (6). Hieraus sei mit einigen notwendigen Hinzufügungen folgendes entnommen.

Die Detergentien stellen neben der bereits vorhandenen Verschmutzung der Gewässer, die stellenweise das erträgliche Maß überschritten hat, eine zusätzliche, unerwünschte Belastung dar. Eine Verbesserung des allgemeinen Gewässerzustandes macht aber in erster Linie in größerem Umfang als bisher die Errichtung oder Erweiterung von Abwasserreinigungsanlagen erforderlich, die angesichts des aus Unterlassungen in der Vergangenheit hervorgegangenen Rückstandes ein schwerwiegendes Finanzierungsproblem sowohl für die Gemeinden als auch für die Industrie darstellt. Dieser Investitionsbedarf wurde bereits früher vom Bundesministerium für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft für die nächsten zehn Jahre bei den Gemeinden auf rund 6 Milliarden DM, bei der Industrie auf rund 4 Milliarden DM geschätzt. Diese Aufgabe, soll sie auch nur angenähert in diesem Ausmaß gelöst werden, erfordert gewaltige Anstrengungen auf finanziellem, technischem und wirtschaftlichem Gebiet und außerdem verständnisvolles Zusammenwirken von Bund, Ländern und Gemeinden, von Wirtschaft, Verwaltung und Wissenschaft.

Die Löslichkeit der Detergentien, die nicht wie die herkömmlichen Seifen beim Waschprozeß unlösliche Niederschläge bilden, verhindert ihre Zurückhaltung in Absetzanlagen. Bei städtischen Abwässern ist jedoch eine Beeinträchtigung der Wirkung mechanischer Kläranlagen nach bisherigen Erfahrungen nicht zu erwarten; bei industriellen Abwässern ist das dagegen je nach Lage der Dinge nicht ausgeschlossen.

Die chemische Abwasserreinigung kann durch den bereits bekannten Detergentiengehalt des Abwassers gestört werden, indem das Dispersions- und Emulsionsvermögen der Detergentien die Flockung mittels Eisen-

oder Aluminiumsalzen behindert, so daß unter Umständen ein erhöhter Chemikalienverbrauch und eine Anpassung des pH-Wertes notwendig wird.

Die künstliche biologische Abwasserreinigung durch Tropfkörper und Schlammbelebungsanlagen kann durch bestimmte Detergentien gestört werden. Das gilt in erster Linie für die kationischen Detergentien, die quaternäre Ammoniumbasen oder Pyridinderivate darstellen und als Desinfektionsmittel in Krankenhäusern und Spülküchen Verwendung finden. Ihr Marktanteil wird jedoch nur mit etwa 5 % der Gesamtproduktion veranschlagt; daher ist ihre wasserwirtschaftliche Bedeutung gering.

Ähnlich liegen die Dinge bei den nichtionogenen Detergentien, das sind Polyoxyaethylene in Verbindung mit Carbonsäuren und Alkylphenolen, die vorzugsweise in der Industrie verwendet werden. Ihr Produktionsanteil wird auf etwa 10 % geschätzt.

Von überragender Bedeutung sind dagegen die anionaktiven Detergentien, die im einfachen Fall aus Alkylsulfaten oder -sulfonaten, meist jedoch aus Alkylarylsulfonaten, deren anionischer, hydrophiler Teil Träger der grenzflächenaktiven Eigenschaften ist, bestehen. Über die Schädigung der Wirkung biologischer Reinigungsverfahren liegen zur Zeit widersprechende Nachrichten vor; immerhin darf man annehmen, daß auch schon bei den im städtischen Abwasser vorkommenden Detergentienkonzentrationen die Stoffumsetzungsprozesse der Mikroorganismen in gewissem Umfang gestört werden können. Ein klareres Urteil wird sich jedoch erst ergeben, wenn weitere Erfahrungen vorliegen. Ein differenziertes Bild läßt sich gewinnen, wenn man die Detergentienkonzentration steigert. Aus Versuchen des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene mit dem in Deutschland wohl gebräuchlichsten Detergens, dem Tetrapropylenbenzolsulfonat (TPS), geht hervor, daß zwar bei den praktisch in Betracht kommenden Konzentrationen die biologische Reinigung häuslichen Abwassers durch TPS nicht ernsthaft gefährdet wird, daß aber am ehesten Protozoen, Kleinkrebse und Algen, die für die biologischen Prozesse wichtigsten Organismen, geschädigt werden, deren Empfindlichkeitsschwelle etwa bei 20 bis 50 mg/l TPS liegt. Erst bei 125 bis 250 mg/l TPS ist eine Wirkung auf die Bakterien feststellbar. Daraus folgt, daß mit Störungen in biologischen Abwasserreinigungsanlagen erst dann zu rechnen ist, wenn die Detergentienkonzentration die Empfindlichkeitsschwelle der Protozoen überschreitet. Dann wird die Reinigung auf die bakterielle Tätigkeit beschränkt, die weniger wirksam ist und am Ende nur ein trübes Abwasser ergibt. Die Schlammfäulung wird erst bei weit über 100 mg/l TPS behindert. Fische zeigen erwartungsgemäß unterschiedliche Empfindlichkeit, deren untere Grenze bei 5 bis 10 mg/l TPS liegt.

Die biologische Angreifbarkeit der Detergentien selbst ist sehr verschieden. Die hydrolisierbaren anionaktiven Alkylsulfate und -sulfonate ebenso wie die sulfonierten Fettsäureamide und -ester, aber auch niedermolekulare Polyäthylenglykole sind aerob leicht abbaubar. Die Schwierigkeiten beginnen aber bei Alkylarylsulfonaten, die man deshalb auch als „biologisch hart“ bezeichnet. Sie sind um so widerstandsfähiger, je verzweigter die Alkylkette ist, und ganz besonders bei Vorhandensein eines quaternären C-Atoms. Denn dem oxydativen Angriff sind am besten teiloxydierte Stellen (Hydroxylgruppen, Esterbindungen) oder endständige Methylgruppen, kaum aber starke Verzweigungen oder Benzolringe zugänglich. Die technischen Produkte bestehen nun stets aus einem Gemisch der Isomeren, und beim TPS ist

das Isomere mit quaternärem C-Atom das vorherrschende. Die biologische Widerstandsfähigkeit des handelsüblichen TPS ist dadurch verständlich, und unter diesen Umständen wird man von normalen biologischen Kläranlagen keinen weitgehenden Abbau der Detergentien erwarten dürfen. Eine gewisse Steigerung der Reinigungswirkung läßt sich bei Schlammbelebungsanlagen zwar durch Erhöhung des Schlammgehaltes erreichen, jedoch hat auch das seine praktische Grenze.

Hingegen läßt sich eine weitergehende Wirkung durch Ausschäumen der Detergentien mit ihrer Anreicherung im Schaum erzielen. Wenn man den Schaum regelmäßig abstreift, läßt sich sein Überhandnehmen verhindern. Neuerdings ist der Vorschlag gemacht worden, den Schaum in einer Faulgasflamme zu verbrennen.

Beim gegenwärtigen Stand der Abwasserreinigung gelangt jedoch der größte Teil der Detergentien zwangsläufig in die Vorfluter, wo bei kräftiger Bewegung des Wassers oder beim Durchmischen mit Luft Schaum entsteht, der die Belichtung und die Sauerstoffaufnahme des Wassers behindert. Ob ohne Schaumdecke auch die gelösten Detergentien die Sauerstoffdiffusion an der Oberfläche beeinträchtigen, ist zur Zeit noch umstritten.

Sicher ist dagegen, daß Detergentien auf Mikro- und Makroorganismen der Vorfluter toxisch wirken können. Ob diese Schädlichkeitsschwelle jedoch im Vorfluter erreicht werden kann, dafür fehlen noch ausreichende, langzeitige Untersuchungen.

Die Bodenpassage, sei es als Grundwasseranreicherung oder als Uferfiltration, ist gegenüber den Detergentien praktisch wirkungslos. Der Geschmack des Wassers wird schon durch sehr geringen Gehalt an Detergentien (0,5 bis 1,0 mg/l) merklich beeinflusst und auch durch Chlorung nicht gebessert, höchstens verändert. Die Beseitigung des Geschmacks stellt die Wasserwerke vor eine sehr schwierige Aufgabe, denn sämtliche Aufbereitungsverfahren sind hierfür ungeeignet mit Ausnahme der A-Kohle-Filterung, die wohl eine Besserung, manchmal auch einen vollen Erfolg bringen kann. Aber dieses Verfahren ist wegen des hohen Kohlebedarfs teuer und erfordert die Errichtung einer besonderen Filteranlage. In den gleichen minimalen Konzentrationen erschweren die Detergentien die Flockung mittels Aluminium- und Eisensalzen und zwingen zu erhöhtem Chemikalienverbrauch. Da die Detergentienentfernung von den Wasserwerken mit ihren herkömmlichen Einrichtungen nicht bewältigt werden kann, muß bei Verwendung von detergentienhaltigem Rohwasser mit dem Auftreten dieser Stoffe im Trinkwasser gerechnet werden. Damit erhebt sich die Frage nach ihrer gesundheitlichen Bedeutung.

Die Beantwortung dieser Frage ist zur Zeit noch mit vielen Unsicherheiten verbunden, da über die physiologische Wirkung kleinster Detergentienmengen bei langzeitiger Aufnahme noch viel zu wenig Erfahrungen vorliegen. Insbesondere ist es gegenwärtig auch nicht möglich, eine Grenzzahl für den zulässigen Detergentiengehalt anzugeben. Andererseits besteht keine Veranlassung zu übergroßer Ängstlichkeit. Für eine akute Gefährdung der Gesundheit der Bevölkerung durch den Genuß detergentienhaltigen Trinkwassers gibt es jedenfalls zur Zeit keine Anhaltspunkte (7).

Das Bundesgesundheitsamt hat auch die Frage, ob von der Benutzung von Eßgeschirr, das mit Detergentien gespült wird, Gesundheitsschäden zu befürchten sind, in diesem Sinne beantwortet. Die gesundheitliche Seite des Problems

erfordert aber noch eingehende weitere Forschungen, die im Bundesgesundheitsamt im Gange sind.

Auf jeden Fall ist jedoch Trinkwasser mit einem derartigen Geruch und Geschmack als unästhetisch zu bezeichnen, da es seine Herkunft aus Abwasser zu erkennen gibt, und ist daher abzulehnen. Für die Beurteilung im Sinne des Lebensmittelgesetzes gilt das für Öl Gesagte: ein mit Detergentiengeschmack behaftetes Trinkwasser ist als nicht hygienisch einwandfrei zu bezeichnen.

Für die Bekämpfung der übermäßigen Schaumbildung in den Flüssen, Schleusen, Kläranlagen usw. bieten sich zwei Wege: einmal die Bekämpfung des Schaums mit schaumzerstörenden Chemikalien, zum anderen die Fernhaltung der Detergentien. Das erste Verfahren hat den Nachteil der Einbringung weiterer unerwünschter Chemikalien in den Vorfluter; das zweite ist komplexer, aber, auf das Ganze gesehen, das richtigere.

Die Trockenheit des vorjährigen Sommers hat die Detergentien in den Vorflutern besonders in Erscheinung treten lassen. Durch das Aufwärtspumpen von Wasser aus dem Rhein in die Ruhr bis in den Raum von Essen und durch den dadurch verursachten Aufstau des Ruhrwassers traten Detergentiengehalte bis etwa 1 mg/l im Ruhrwasser auf, und die daraus gewonnenen Trinkwässer zeigten Schaumbildung und waren geschmacklich nicht einwandfrei.

Nun enthalten aber viele handelsübliche Detergentien außer den sogenannten organischen Bestandteilen noch Begleit- und Füllstoffe, darunter kondensierte Phosphate, die selbst grenzflächenaktive Eigenschaften besitzen. Es ist bisher noch nicht zu entscheiden, wieweit manche Wirkungen der Detergentien, wie z. B. die Schaumbildung, die Behinderung der Flockung und Agglomeration usw., auf diese Begleitsubstanzen oder auch auf deren Synergismus zurückzuführen sind.

Indessen müssen alle Angaben über den Detergentiengehalt von Wässern im In- und Ausland noch mit Vorbehalt hingenommen werden, denn es fehlt zur Zeit noch an einem einwandfreien analytischen Nachweis für diese Stoffe. Die grundlegenden Konstitutionsunterschiede der drei Gruppen der Detergentien schließen ein gemeinsames Nachweisverfahren von vornherein aus.

Lassen wir aber die nichtionogenen und die kationischen Substanzen wegen ihrer geringen Verwendungsmenge beiseite, und setzen wir in Rechnung, daß die kation- und anionaktiven Arten sich gegenseitig neutralisieren, so bleibt doch für die anionaktiven Substanzen der Mangel bestehen, daß noch kein genügend spezifisches Nachweisverfahren zur Verfügung steht. Die bisher vorgeschlagenen Methoden werden entweder von einer großen Zahl von Störsubstanzen beeinflusst, die sowohl im Abwasser als auch im Oberflächen- und Trinkwasser vorkommen können (das gilt besonders für das Methylenblaufverfahren, in geringerem Maße für das Methylgrünverfahren), oder sie sind für Routineuntersuchungen zu aufwendig (wie z. B. die Infrarotspektroskopie).

Außerdem machen die Unterschiede der chemischen Konstitution und der Molekulargewichte der marktgängigen Detergentien beim Fehlen einer analysenreinen Bezugssubstanz die Aufgabe noch schwieriger. Aus diesen Gründen ist es zur Zeit nicht möglich, die von verschiedenen Stellen gewonnenen Zahlen miteinander in Beziehung zu setzen, zumal wenn das angewendete Untersuchungsergebnis und die Bezugssubstanz nicht angegeben sind.

Um diese Schwierigkeiten zu vermindern, wird man sich wenigstens in Deutschland auf ein Verfahren einigen und es auch in die neuen „Deutschen Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung“ als vorläufiges Verfahren aufnehmen. Das wird voraussichtlich eine Modifikation der Methylenblaumethode nach LONGWELL und MANIECE sein. Hierbei haben die Detergentien-Herstellerfirmen wertvolle Vorarbeit geleistet.

Welche Aufgaben bedürfen also auf dem so vielschichtigen Gebiete des Komplexes „Detergentien und Wasser“ noch der Lösung?

Um den Weg der Detergentien im Kreislauf des Wassers verfolgen und ihr Verhalten bei der Wasserreinigung erkennen zu können, bedarf es zunächst eines vervollkommenen, einheitlichen Nachweisverfahrens, an dem mit Nachdruck gearbeitet werden sollte.

Allen weiteren Schwierigkeiten geht man am sichersten und elegantesten dadurch aus dem Wege, daß man die Detergentien den Vorflutern fernhält. Ein Verbot oder auch nur eine Einschränkung des Verbrauchs dieser Substanzen ist unrealistisch und undiskutabel. Vielmehr müssen folgende zwei Wege hierzu beschritten werden, und zwar gleichzeitig:

Verbesserung der Wirkung der Kläranlagen zur Entfernung oder Zerstörung der Detergentien;

Entwicklung „biologisch weicher“, also leicht abbaufähiger Stoffe.

Die Versuche zur Steigerung des Kläreffekts sind noch nicht sehr weit gediehen. Am aussichtsreichsten erscheint zur Zeit das Ausschäumen der Detergentien. Einige weitere Ansatzpunkte haben sich bei Laboratoriumsversuchen ergeben; es fehlt jedoch noch ihre Auswertung für die Praxis.

Die Waschmittelindustrie ist seit mehreren Jahren bemüht, biologisch weiche Detergentien zu entwickeln, um den Wünschen der Wasserwirtschaft Rechnung zu tragen. Erste für die Praxis verwertbare Ergebnisse liegen bereits vor. Auch im Ausland ist man in dieser Beziehung noch nicht weiter vorangekommen. Es unterliegt jedoch keinem Zweifel, daß solche Arbeiten Zeit erfordern und daß der Weg vom Laboratoriumsversuch bis zur großtechnischen Anwendung weit und kostspielig ist, zumal wenn erst neue Rohstoffe hierfür bereitgestellt werden müssen. In Übereinstimmung mit den Bestrebungen des Auslandes, wie sie z. B. im Bericht des von der britischen Regierung eingesetzten Ausschusses zur Prüfung der Detergentienfrage zum Ausdruck kommen (8), wird daher an die Waschmittelindustrie die Bitte gerichtet, sich dieser Aufgabe mit Nachdruck anzunehmen, weil ein Erfolg auf diesem Wege die durchgreifendste Lösung aller damit zusammenhängenden wasserwirtschaftlichen Probleme mit sich bringen würde.

Zusammenfassung

Der vorstehende Überblick über die gesundheitstechnischen Probleme, die sich für die Wasserwirtschaft aus der Verwendung von Öl und Benzin sowie von Detergentien ergeben, kann dahin zusammengefaßt werden, daß die stürmische Entwicklung auf diesen Gebieten die Wasserwirtschaft vor eine ganze Reihe wissenschaftlicher und technischer Probleme gestellt hat, die noch nicht bewältigt werden konnte. Die bedenkenlose Verunreinigung des Grund- und Oberflächenwassers durch diese Stoffe wäre als zivilisatorische Fehlleistung zu bezeichnen, der man nicht tatenlos zusehen darf. Gewiß sind Öl und

Detergentien nicht die einzigen Gegenwartssorgen der Wasserwirtschaft, wenn wir z. B. an den Wassermangel des vergangenen Trockenjahres denken, aber die Probleme sind von aktueller internationaler Bedeutung.

Die dem Wasser vom Öl drohenden Gefahren sind die größeren; andererseits sind bereits Maßnahmen getroffen, mit denen man ihnen wirksam begegnen kann und mit denen man zunächst im allgemeinen zufrieden sein kann. Mit Unfällen, wie sie laufend gemeldet werden und für die das kürzliche Auslaufen eines neuen Heizölbehälters in die Urft-Talsperre wieder nur ein charakteristisches Beispiel ist, wird man immer rechnen müssen. Sie sind ein unvermeidlicher Tribut der menschlichen Unzulänglichkeit an das technische Zeitalter.

Größer und schwieriger sind dagegen die ungelösten Probleme bei den Detergentien, und vieles bleibt hier noch zu tun. Zu Alarm- oder Panikstimmung liegt hier jedoch ebensowenig Veranlassung vor wie beim Öl. Allerdings erfordert die Sachlage ständige Aufmerksamkeit aller Beteiligten und energische Arbeit an den vielfältigen Teilaufgaben. Die Notwendigkeit dessen ist überall erkannt; das zeigte die kürzliche Konstituierung des Gemeinschaftsausschusses „Detergentien und Wasser“, der demnächst mit der Arbeit beginnen wird. Die ständige Beobachtung der Entwicklung und die Forschung auf diesen Gebieten gehören zu den Aufgaben des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene; es steht als Berater den Bundes- und Länderbehörden, den Gemeinden und der Wirtschaft zur Verfügung.

Die immer schwieriger werdende Situation der Wasserwirtschaft und der beklagenswerte Zustand vieler Oberflächengewässer fordern von uns allen ein erhöhtes Verantwortungsbewußtsein, ohne das alle Gesetzgebung und staatliche Exekutive Stückwerk bleiben.

Literaturverzeichnis

1. KLOTTER, H. E., und R. MEUSSEL: Die Gefahren der Grundwasserverunreinigung durch Rückstände aus Erdölbohrungen. GWF 100 (1959), Nr. 40, S. 1017.
2. DERPA, A.: Ölfernleitungen eine Gefahr für die Wasservorkommen. GWF 99 (1958), Nr. 46, S. 1174.
3. STUEWER, U.: Verunreinigung des Grundwassers durch Erdöldestillate einer großen Raffinerie. Wasser und Boden 10 (1958), Nr. 9, S. 290.
4. WAGNER, H.: Die Ölverschmutzung der Flüsse. Ref. GWF 98 (1957), Nr. 20, S. 494; ferner VDG-Mitt. 1958, Nr. 9/10, S. 6.
5. VDG-Mitt. 1959, Nr. 11/12, S. 3.
6. Korrespondenz Abwasser 1960, Nr. 5, S. 3.
7. KNORR, M., und J. BORNEFF: Cancerogene Substanzen im Wasser und Boden. Arch. f. Hygiene u. Bakt. Bd. 144 (1960), H. 4, S. 249.
8. Water and Sewage Works 103, No. 10.

Luftverunreinigungen und Abhilfemaßnahmen

Von Prof. Dr. A. HELLER

Bundesgesundheitsamt, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene,
Berlin-Dahlem

Vortrag vor dem Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e. V.
am 15. Juni 1960 in Köln

Zu den negativen Erscheinungen der verstärkten Industrialisierung, der rasch zunehmenden Verkehrsdichte und des Anwachsens der großen Städte gehört nicht nur die ständige Zunahme der Verschmutzung unseres Wasserschatzes. Auch die dringend notwendige Verbesserung der Luftbeschaffenheit in Industriegebieten und in Großstädten stellt uns heute vor große Aufgaben.

Es ist nun nicht möglich, das Thema „Luftverunreinigung und Abhilfemaßnahmen“ innerhalb von 45 Minuten einigermaßen erschöpfend zu behandeln. Ich bitte daher um Ihr Einverständnis, daß ich aus der Fülle des Stoffes auswähle. Ich werde mich in meinen Ausführungen beschränken auf Art und Herkunft der wichtigsten, nicht natürlich bedingten Verunreinigungen der Außenluft sowie auf deren Wirkungen. Auf das Verhalten der Abgasbestandteile in der Außenluft wird näher einzugehen sein. Schließlich sollen die organisatorischen und die technischen Maßnahmen zur Verminderung der Luftverunreinigung besprochen werden.

Luftverunreinigungen können fest, flüssig oder gasförmig sein. Sie haben ihren Ursprung nicht nur in industriellen Betrieben, sondern auch in den Heizungsanlagen der Wohnungen, der Eisenbahnlokomotiven, der Dampfschiffe sowie im Straßenverkehr.

Von den industriellen Abgasquellen sind für die Verunreinigung der Außenluft von besonderer Bedeutung: die Kalköfen und Zementfabriken, die Großkesselanlagen, die Eisenhüttenbetriebe und Erzaufbereitungsanlagen, Stahlwerke, Gießereien, die Nichteisen-Metallhütten und Umschmelzwerke, Kohleaufbereitungsanlagen, Gas-, Schwel- und Hydrierwerke, Erdölraffinerien, chemische Fabriken, z. B. Schwefelsäure-, Salzsäure- und Salpetersäurefabriken, Kali- und Superphosphatfabriken, Rußfabriken, Zellstoff-, Viskose-, Fischmehlfabriken und Tierkörperverwertungsanstalten. Diese Aufzählung ist nicht vollständig.

Es würde auch zu weit führen, wenn ich hier sämtliche dampf- und gasförmigen Stoffe nannte, durch die die Atmosphäre verunreinigt werden kann. Daher auch hier nur die wichtigsten Stoffe: Schwefeldioxyd, Schwefeltrioxyd, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Stickstoffoxyde, Salzsäure, Flußsäure, Kohlenoxyd in Auspuffgasen, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, wie Benzpyren und Benzanthracen, organische Amine und Imine, organische Schwefelverbindungen, wie Mercaptane, Phenol und seine Homologen, Acrolein und gechlorte Kohlenwasserstoffe.

Am häufigsten untersucht sind die Wirkungen von Schwefeldioxyd und Schwefeltrioxyd. Beide Verunreinigungen entstehen bei der Verbrennung von

Schwefel, der in allen Brennstoffen, sofern sie nicht vor ihrer Verwendung gereinigt sind, enthalten ist. Der Schwefelgehalt ist allerdings sehr unterschiedlich, und nicht aller Schwefel ist brennflüchtig. Steinkohle, Braunkohle und leichtes Heizöl enthalten im Mittel 1 %, Mittelöl 2,5 % und Schweröl 4 % verbrennlichen Schwefel. Wenn man die in der Bundesrepublik verfeuerten Mengen an Stein- und Braunkohle sowie an Heizöl einmal zusammenzählt, so ergibt das etwas über 200 Millionen t Einheiten mit einem mittleren Gehalt an Schwefel von 1,7 %. Selbst unter der Voraussetzung, daß nur die Hälfte dieses Schwefels verbrennlich ist, gelangen im Jahr 3,4 Millionen t Schwefeldioxyd mit den Abgasen in die Atmosphäre. Das sind rund 10 000 t/Tag oder 400 t/Stunde.

Abgesehen von der spezifischen Eigenschaft der Luftverunreinigung ist ihre Wirkung auf unser Wohlbefinden von folgenden Faktoren abhängig: der Aufnahmebereitschaft des betreffenden Individuums, der Einwirkungszeit und der Möglichkeit der Erholung — der Mediziner spricht von „Remission“ —, der Konzentration und der Verteilung des Schadstoffes, die, wie später gezeigt werden wird, weitgehend von den Wind- und Wetterverhältnissen abhängen, sowie vom Zusammenwirken der verschiedenen Verunreinigungen in der Außenluft, also deren Reaktion miteinander oder mit den natürlichen Bestandteilen der Außenluft.

An dieser Stelle sei auch kurz auf Luftverunreinigungen hingewiesen, deren Wirkungen m. E. noch keineswegs in ihrem gesamten Ausmaß bekannt sind. Da die Kernumwandlung auch bei uns schnell zunehmende Verbreitung erfährt, da Industriebetriebe, Kliniken und wissenschaftliche Institute künftig noch mehr mit radioaktivem Material arbeiten werden, steht hier — ebenso wie der Abwasserfachmann — auch der Lufthygieniker vor neuen Problemen, die am besten in Zusammenarbeit mit den auf diesem neuen Arbeitsgebiet tätigen Fachleuten zu lösen sein werden. Im Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene ist deshalb vor einiger Zeit dafür ein besonderes Ressort geschaffen worden.

Zum Verständnis der Wirkungen der in den Abgasen enthaltenen Fremdstoffe erscheint es mir unbedingt notwendig, diejenigen Faktoren etwas eingehender zu erörtern, die für das Verhalten der Schadstoffe in der freien Luft maßgebend sind. Nur auf diese Weise können Sie verstehen, wie schwierig die Einwirkungsmöglichkeiten der Abgasbestandteile auf Mensch, Tier, Pflanze und auf die Umwelt überhaupt gerecht zu beurteilen sind und damit auch die Beschaffenheit der Außenluft.

Meteorologische Einflüsse

Wenn Sie den Rauch, der aus einem auf ebenem Gelände stehenden Schornstein austritt, beobachten, so stellen Sie fest, daß bei stärkerem Wind die Rauchfahne sich rasch in kleine Teile auflöst. Einzelne Teile steigen auf, andere sinken, und schon in relativ geringer Entfernung vom Schornstein ist der Rauch in der Luft so gleichmäßig verteilt, daß er mit dem Auge nicht mehr wahrgenommen werden kann. Ist dagegen der Wind schwach oder herrscht gar Windstille, dann bewegt sich der Rauch in dichten Wolken nur sehr langsam fort, und die dichte Rauchfahne bleibt sehr lange sichtbar. Je nachdem, ob der Wind stärker oder schwächer ist bzw. ob auch vertikale Bewegungen in

der Luft vorhanden sind, vermischen sich die Abgasbestandteile mit der Außenluft schneller oder langsamer.

Neben der Windgeschwindigkeit ist nun auch die gesamte Bewegung der Luft für das Abgasverhalten in der Atmosphäre bestimmend. Während bei geringen Windgeschwindigkeiten die Stromlinien der Luft nahezu geordnet oder lamiar, d. h. parallel zueinander, verlaufen, ist dies bei höheren Windgeschwindigkeiten nicht der Fall. Es treten dann zusätzlich vertikale Luftbewegungen auf, die Strömung wird turbulent.

Die Turbulenz, die thermisch oder dynamisch bedingt sein kann und bereits bei Windgeschwindigkeiten um 4 m/s sehr beachtlich ist, hat für die Abgasverteilung große Bedeutung. Die mittleren Windgeschwindigkeiten sind nun auch bei uns recht unterschiedlich. Sie betragen z. B. nach sehr langfristigen Beobachtungen im Raume Hamburg 7, Berlin 5 und Mannheim-Ludwigshafen nur 2,2 m/s.

Zur Erfassung der Turbulenzwirkungen ist der Begriff „Massenaustausch“ eingeführt worden. Der thermisch bedingte Austausch der Luftmassen ist abhängig von der Temperaturschichtung der Atmosphäre. Bei Sonneneinstrahlung fällt die Temperatur der Luft nach oben hin um etwa 1°C je 100 m Höhe. An trockenen und sehr warmen Tagen ist dieser sogenannte „Temperaturgradient“ in den bodennahen Luftschichten sogar noch etwas größer. Unter solchen Witterungsbedingungen ist die Turbulenz groß. In der „instabilen“ Atmosphäre verteilen sich die Abgasbestandteile schnell. — In klaren und kalten Nächten kühlen sich die unteren Luftschichten stark ab. Der Temperaturgradient nimmt dann ab und wird unter Umständen negativ. Die Turbulenz hört auf, die Wetterlage wird „stabil“. Es kommt zur „Inversion“, d. h. zur Umkehr des Temperaturgradienten, in einer gewissen Höhe über dem Erdboden. Stabile Wetterlagen und Inversionen sind wegen des gestörten Massenaustausches und der abschirmenden Wirkung der Inversions- oder Sperrschichten in lufthygienischer Hinsicht ungünstig. Liegt z. B. eine Abgasquelle, der Schornsteinkopf, innerhalb des von der unteren Sperrschicht begrenzten Luftraumes, so bilden sich bei ruhender oder schwach bewegter Luft bedeutend höhere Abgaskonzentrationen, wenn die Sperrschicht in nur geringer Höhe über dem Erdboden liegt. Die Schadstoffgehalte der Luft in Bodennähe sind andererseits um so geringer, je weiter die unterste Sperrschicht von der Erdoberfläche entfernt ist. Daneben sind natürlich noch zahlreiche weitere Faktoren für das Abgasverhalten von Bedeutung.

Die Atmosphäre enthält bekanntlich stets Wasserdampf. Da die Luft bei einer bestimmten Temperatur nur eine bestimmte Menge Wasserdampf aufzunehmen vermag, tritt Kondensation ein, sobald bei Abkühlung der Luftmassen diese mit Wasserdampf übersättigt sind. Wird bei stabilen oder Inversionswetterlagen der Abtransport des Wasserdampfes nach oben gehemmt oder gar ganz unterbunden, dann erfolgt dessen Ausscheidung schon in Bodennähe. Dunst oder tiefliegende Nebel treten daher vor allem bei windarmen Hochdruckwetterlagen auf, wenn in sogenannten „Strahlungsnächten“ sich die bodennahen Luftschichten schnell stark abkühlen. Vielfach liegen die großen Industriewerke in der Nähe großer Flüsse. Oft sind auch ausgedehnte Hafenflächen in der Nachbarschaft. Die Wasserflächen bringen hohe Luftfeuchtigkeiten, die Abgasbestandteile liefern die für die Nebelbildung neben der Feuchtigkeit noch erforderlichen Kondensationskerne.

Über die Dunstbildung ist noch folgendes zu sagen: In reiner Landluft nimmt die Sichtweite kaum ab, wenn die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, d. h. wenn die relative Luftfeuchtigkeit 100 % beträgt. In Industriegebieten ist dagegen erfahrungsgemäß die Sichtweite bereits geringer, wenn der Wassergehalt der Luft noch weit unterhalb des Sättigungsgrades liegt. Die in den Abgasen enthaltenen Staubteilchen und Kondensationskerne bilden *Aerosole*, die lufthygienisch sehr unangenehm sind. Sie schweben lange in den bodennahen Luftschichten und verursachen den Dunst, der die Sichtweite beeinträchtigt.

Demnach bestehen also zwischen dem Wettergeschehen und den Abgasen wechselseitige Beziehungen: Nicht nur die in einem Industriegebiet herrschenden meteorologischen Zustände bestimmen das Verhalten der Schadstoffe in der Atmosphäre, sondern diese vermögen auch ihrerseits auf die Witterung ungünstige Wirkungen auszuüben.

Für das Abgasverhalten im Luftraum ist ferner wesentlich die Tatsache, daß sich die in ihnen enthaltenen gasförmigen Stoffe entsprechend ihrem Lösungsvermögen in dem Wasser der schwebenden Nebeltröpfchen auflösen. So wird z. B. Schwefeldioxyd zu schwefliger Säure. Diese wird durch den Luft-sauerstoff — vor allem bei Gegenwart von Katalysatoren — zu Schwefelsäure oxydiert. Ist aber Schwefelsäure in den Nebeltröpfchen entstanden, dann löst sich der Nebel auch dann nicht auf, wenn die Luft nicht mehr mit Wasserdampf gesättigt ist, weil die Schwefelsäure sehr hygroskopisch ist und das Wasser festhält. Solche Nebel sind sehr hartnäckig. Ich erinnere in diesem Zusammenhang an die Nebelkatastrophen im Maastal (1930), im Monongahelatal (1948), in London (in den 50er Jahren mehrfach), die, wie Sie wissen, zu schweren Schäden an der menschlichen Gesundheit und sogar zu Todesfällen Anlaß gegeben haben. Bevor ich kurz auf die Geländebeziehungen eingehe, die offenbar für die Abgaswirkungen ebenfalls sehr bedeutsam sind — die schwersten Übelstände traten in engen Tälern auf —, muß ich noch erwähnen, daß die meteorologischen Erscheinungen in gewissen Perioden auftreten. Für die Praxis des Lufthygienikers sind es vor allem die tagesperiodischen Schwankungen, die für die Abgaswirkungen sehr wesentlich sind.

Bei Beschwerden der Anwohner über Belästigungen durch industrielle Abgase, insbesondere über stark riechende Stoffe, wie z. B. Schwefelwasserstoff, wird oft darauf hingewiesen, daß die Abgase erst nach Eintritt der Dunkelheit abgeleitet werden, weil sie tagsüber längst nicht so unangenehm empfunden werden wie nachts. Obwohl die meisten Betriebe für die Speicherung der riesigen Abgasmengen überhaupt keine Möglichkeit haben, sind die Anwohner — und manchmal auch die örtlichen öffentlichen Dienststellen — nur sehr schwer davon zu überzeugen, daß ihre Ansicht in Wirklichkeit nicht richtig ist. Die tatsächlich in den Abend- und Nachtstunden auftretende Verstärkung der Abgasbelästigung ist auf den tagesperiodischen Ablauf der meteorologischen Faktoren zurückzuführen.

Geländebeschaffenheit

Auch die Geländebeschaffenheit ist, wie bereits kurz angedeutet, von großem Einfluß auf die Abgaswirkung. Starke Abgasquellen in orographisch schlechter Lage, in engen Tälern, haben schon viel Unheil ange-

richtet. Aber auch die topographischen Verhältnisse beeinflussen die Abgasverteilung, sogar hohe Häuser in der Umgebung der Abgasquellen. Durch die Bebauung wird die natürliche Windgeschwindigkeit herabgesetzt. Geschlossene Ortschaften stellen manchmal ein beachtliches Hindernis für den Luftstrom dar. Über Städten bilden sich sogenannte „Luftkissen“ aus, in denen die Verunreinigungen längere Zeit verweilen. Dunst und Nebel können sich so bilden. Solche Luftkissen wirken auch als Lichtfilter. Auf der anderen Seite kann sich die Bodenbeschaffenheit günstig auswirken. Grünanlagen und Baumbestände in der Nähe staubauswerfender Industrierwerke haben sich oft gut bewährt.

Spezifische Eigenschaften der Abgasbestandteile

Für die Abgasverteilung bedeutsam sind die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Abgasbestandteile. Ich nenne hier noch einmal die Wasserlöslichkeit und die Reaktionsfähigkeit, die in anderem Zusammenhang schon erwähnt wurden. Auch das spezifische Gewicht spielt eine Rolle. In Bodennähe überwiegen die schweren Bestandteile, in größerer Höhe die leichten. Das ist auch der Grund dafür, daß das Kohlenoxyd sich in bodennahen Luftschichten dann nicht bemerkbar macht, wenn die Abgase durch Schornsteine abgeleitet werden. Die kohlenoxydhaltigen Auspuffgase können dagegen in engen, schlecht durchlüfteten Straßen zu Vergiftungen Anlaß geben.

Ableitungsbedingungen

Neben Konzentration des Schadstoffes und Abgastemperatur beeinflusst die Höhe der Abgaseinleitung die Abgasverteilung. Durch Verdoppelung der Schornsteinhöhe erhöht sich z. B. der Verdünnungsgrad um etwa das Vierfache. Die Abführung durch hohe Schornsteine ist nicht nur aus dem Grunde vorteilhaft, weil die Windgeschwindigkeiten in größeren Höhen größer sind als zur gleichen Zeit in Bodennähe, sondern auch deshalb, weil mit der Höhe des Schornsteins die durch eine sehr tief liegende Inversionsschicht bedingte Gefahr der besonders starken Anreicherung der Atemluft mit Schadstoffen vermindert wird. Ragt der Schornsteinkopf gar aus der Sperrschicht heraus, so ist diese Gefahr vollends gebannt.

Zur Schornsteinhöhe ist abschließend noch zu bemerken, daß man heute von einer „effektiven oder wirksamen“ Schornsteinhöhe spricht. Wenn das Abgas heiß ist, wird die Rauchfahne überhöht, weil die Abgase infolge des Auftriebs in höhere Luftschichten hinaufgeführt werden. Die wirksame Schornsteinhöhe ergibt sich aus dieser Überhöhung der Rauchfahne und der Bauhöhe des Schornsteins.

Damit komme ich nun zum zweiten Abschnitt meiner Ausführungen.

Maßnahmen zur Reinhaltung der Luft

Während man heute das Wasser durch Aufbereitung für die verschiedenen Verwendungszwecke in der gewünschten Zusammensetzung zu liefern vermag, ist dies bei der atmosphärischen Luft mit wirtschaftlich tragbaren Mitteln noch nicht möglich. Das wird auch vorläufig so bleiben. Die zu reinigenden Luft-

mengen wären viel zu groß, als daß man sie durch Reinigungsanlagen schicken könnte. Daraus folgt, daß man bestrebt sein muß, die Luft von vorn herein vor Verunreinigungen zu bewahren. Nun ist in der Praxis auch dieses Ziel zwar nicht erreichbar, aber man muß mit allen zu Gebote stehenden Mitteln gegen die Luftverunreinigung bereits an ihrer Quelle vorgehen. Bevor ich auf die technischen Maßnahmen kurz eingehe, erscheinen mir einige Hinweise auf das Organisatorische gerade zu diesem Zeitpunkt, da die Dinge durch Bundesgesetz neu geregelt werden, unbedingt notwendig.

Organisatorische Maßnahmen

In der richtigen Erkenntnis, daß die für das Gebiet der Bundesregierung in Deutschland bisher gültigen Gesetze und Verordnungen mit der technischen Entwicklung keineswegs Schritt gehalten hatten, sind von der Bundesregierung in ihrem Bericht über „die Verunreinigung der Luft durch Industriebetriebe und andere Ursachen“ vom 31. Juli 1957 (Bundestagsdrucksache 3757 der zweiten Wahlperiode) Verbesserungsvorschläge gemacht worden. Soweit diese Vorschläge in den Bereich der Bundesgesetzgebung fielen, haben sie in dem Gesetz „zur Änderung der Gewerbeordnung und Ergänzung des Bürgerlichen Gesetzbuches“ vom 22. Dezember 1959 ihren Niederschlag gefunden. Dieses Gesetz ist im Bundesgesetzblatt 1959, Teil I, Nr. 54, am 29. Dezember 1959 veröffentlicht worden.

Die Änderungen betreffen einmal den Katalog der in § 16 der Gewerbeordnung genannten genehmigungspflichtigen Betriebe. Nach Absatz 2 des § 16 der Gewerbeordnung sind im Gegensatz zu früher nunmehr auch Anlagen des Bergwesens und Anlagen, die nicht gewerblichen Zwecken dienen, aber im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung finden, genehmigungspflichtig im Sinne des § 16 Abs. 1. Um eine schnellere Anpassung an den jeweiligen Stand der Technik zu ermöglichen, soll der Katalog der genehmigungspflichtigen Betriebe laufend ergänzt werden. Nach § 16 Abs. 3 bestimmt die Bundesregierung mit Zustimmung des Bundesrates die Anlagen, die genehmigungspflichtig sind. Sie erläßt mit Zustimmung des Bundesrates als Technische Anleitung allgemeine Verwaltungsvorschriften über die Grundsätze, die die Genehmigungsbehörden bei der Prüfung der Genehmigungsanträge zu beachten haben. Die Bundesregierung hat bereits im Mai 1960 zu ihrer ständigen Beratung einen Ausschuß berufen, der vor Erlass der Rechtsverordnungen und der allgemeinen Verwaltungsvorschriften gehört werden muß. Dem Ausschuß, der sich am 30. Mai konstituiert hat, gehören ehrenamtliche Vertreter der Behörden, der kommunalen Spitzenverbände, der Wissenschaft, der Technik, der technischen Überwachung, des Bergwesens, des Gesundheitswesens, der gewerblichen Wirtschaft, der Land- und Forstwirtschaft sowie des Haus- und Grundbesitzes an.

Nach dem neuen Abs. 4 des § 16 der Gewerbeordnung sind diejenigen Anlagen, die bisher nicht genehmigungspflichtig waren, spätestens drei Monate nach Einführung der Genehmigungspflicht der zuständigen Behörde anzuzeigen. Das gilt auch für vor dem 23. Mai 1949 errichtete genehmigungspflichtige Anlagen, für die Genehmigungsurkunden nicht vorgelegt werden können.

Die Änderungen betreffen weiterhin den § 25 der Gewerbeordnung. Danach ist künftig der Unternehmer verpflichtet, eine Überwachung der

von seinem Betriebe ausgehenden Emissionen zu dulden und in einem gewissen Umfange auch die Kosten dafür zu tragen. Im Gegensatz zu dem bisher geltenden Gesetz können jetzt auch nachträglich noch Auflagen zur Begrenzung der Emission gemacht werden, wenn das nach der technischen Entwicklung sowie nach dem Ergebnis der Kontrolluntersuchungen möglich bzw. erforderlich erscheint. — Privatrechtlich ist bemerkenswert, daß der Eigentümer künftig nur diejenigen Einwirkungen von einem anderen Grundstück dulden muß, die auch bei Anwendung der nach dem Stande der Technik vertretbaren Abhilfemaßnahmen unvermeidbar sind. Damit sind wohl die wesentlichsten Punkte des neuen Bundesgesetzes genügend gekennzeichnet, noch nicht aber alle organisatorischen Möglichkeiten zur Bekämpfung der Luftverunreinigungen. Auch auf Länderebene ist noch manches zu erwarten und bereits in Vorbereitung.

Von den Empfehlungen, die die Bundesregierung in dem zitierten Bericht, der Bundestagsdrucksache vom Juli 1957, ferner niedergelegt hat, erscheinen folgende besonders wichtig:

1. Die Haushalte und Kleinbetriebe sollten mit geeigneten Brennstoffen versorgt, der Bau raucharmer Öfen und zentraler Heizungsanlagen sowie die Errichtung von Fernheizwerken sollten gefördert werden.
2. Diejenigen Maßnahmen, die der Reinhaltung der Luft dienen, sollten steuerlich begünstigt werden.
3. Die Bundesbahn sollte in besonders gefährdeten Gebieten beschleunigt vom Dampf- auf den elektrischen Betrieb umgestellt werden.
4. Vor Neuerrichtung von Industrieanlagen und von geschlossenen Siedlungen sollte man die Luftverhältnisse überprüfen und die Bundes- und Landesinstitute vermehrt mit Gutachten und Untersuchungen betreuen.

Im Rahmen dieser Untersuchungen müssen meines Erachtens jeweils auch innerbetriebliche Erhebungen zusammen mit dem zuständigen Sachbearbeiter der Aufsichtsbehörde vorgenommen werden. Nur auf diese Weise erhält man bei dem heutigen Stande der Untersuchungstechnik, die noch keineswegs allen Ansprüchen genügt und noch mancher Forschungsarbeit bedarf, ausreichende Kenntnis über die Emissionen des Betriebes. Nur so erfährt man, welche Mengen der einzelnen Schadstoffe in der Zeiteinheit (z. B. in der Stunde) ins Freie gelangen und unter welchen Bedingungen die Abgase entweichen. Wenn man diese Fragen für alle lufthygienisch bedeutsamen Abgasquellen in einem bestimmten Gebiet oder innerhalb einer Industriestadt beantworten kann, dann lassen sich sogenannte Staub- bzw. Abgaskataster aufstellen, die für die Genehmigungsbehörden sehr wertvoll sind. Diese Unterlagen bestimmen zusammen mit den örtlichen Gegebenheiten, d. h. den geographischen und meteorologischen Verhältnissen und der Geländenutzung in der Umgebung, die Auflagen bei der Konzessionierung einer neuen oder einer zu erweiternden Anlage. Ein Beispiel dafür bringt das VDI-Merkblatt 2094 betr. Staubauswurf — Industrie der Steine und Erden, das vor etwa zwei Jahren von der Kommission Reinhaltung der Luft beim VDI herausgegeben wurde. Hier werden zur Ermittlung der Richtzahl für den Staubauswurf einer Neuanlage folgende Einflußgrößen durch bestimmte Wertzahlen abgeschätzt: Standort, Entfernung von empfindlichen Nachbarn, orographische Lage, meteorologische Verhältnisse, Schornsteinhöhe und Produktionsmenge (Klinkerzeugung) in der Zeiteinheit. Das arithmetische Mittel der Wertzahlen ergibt die Richtzahl für den zulässigen Staubauswurf in Prozent der Produktion. Diese Richtzahl soll im Laufe

der Jahre je nach der Weiterentwicklung der Staubtechnik und der Erkenntnisse über die Wirkungen des Staubauswurfes überprüft und unter Umständen geändert werden.

Die Kosten für die Erfüllung der Genehmigungsbedingungen sind somit weitgehend vom Standort der Anlagen abhängig. Eine wohldurchdachte Planung auf Orts- und Landesebene zur Vermeidung von Störungen der Bevölkerung durch Abgaswirkungen aller Art liegt also sowohl im Interesse des Unternehmers als auch der gesamten Öffentlichkeit.

Neue Wohngebiete dürfen künftig nicht mehr im Windschatten von abgaserzeugenden Industriegebieten angelegt werden. Zwischen Industriegebieten und Wohnsiedlungen empfiehlt sich das Anlegen von Waldstreifen, Rasenflächen, Kleingärten oder landwirtschaftlich genutzten Flächen. Grünanlagen unterstützen die reinigende Wirkung der Luftströmungen, wobei eine sprengelartige Durchsetzung des Stadtbildes mit zahlreichen kleineren Grünflächen einer großen geschlossenen Grünfläche vorzuziehen ist. Große Industrieanlagen haben neuerdings mit gutem Erfolge einen Teil des Werkgeländes begrünt und teilweise schon mit Bäumen oder Sträuchern gegen die Umwelt abgeschirmt.

Zum Schutze der Bevölkerung vor Belästigungen und Schädigungen durch Straßendust und Auspuffgasen erwachsen bei der heutigen Verkehrsdichte der Planung zusätzlich mannigfache Aufgaben. In neuen größeren Siedlungen sollte man die Straßenzüge in Übereinstimmung mit der vorherrschenden Windrichtung anlegen. Der Fernverkehr sollte möglichst im Lee des Stadtwindes, d. h. am östlichen Rande auf besonderen Umgehungsstraßen, vorbeigeführt werden.

In Amerika arbeitet seit einigen Jahren auch der Wetterdienst an der Reinhaltung der Luft erfolgreich mit. In den unmittelbar gefährdeten Gebieten ist dort ein Wetterwarndienst eingerichtet worden, der im Gefahrfalle dafür sorgt, daß der Auswurf schädlicher Stoffe in die Luft durch Industrie und Kraftverkehr zeitweilig gedrosselt oder sogar ganz unterbunden wird.

Technische Maßnahmen

Für die Reinigung der Industrieabgase von gasförmigen und festen Verunreinigungen gibt es heute schon so viele Möglichkeiten, daß hier nur kurz die verschiedenen Prinzipien der Verfahren angegeben werden können.

Die Verfahren zur Staubabscheidung beruhen auf Schwerkraft — Ablagerung des Staubes in Staubkammern —, auf Trägheit bzw. Zentrifugalkraft — Ausschleuderung der festen Teilchen in Zyklonen, Wirblern oder deren Abscheidung auf Prallflächenfiltern —, auf Abbremsung und Anhaftung in Gewebefiltern, Schlauchfiltern, Sackfiltern und auf elektrischer Aufladung — Abscheidung in Elektrofiltern. Damit sind die wichtigsten Trockenverfahren genannt. Es gibt dann auch noch Naßverfahren zur Staubzurückhaltung, z. B. die Naßwäsche in Gaswäschern, Desintegratoren und Skrubbern.

Allgemein ist hinsichtlich der Wirksamkeit der Reinigungsverfahren zu bemerken, daß die Zurückhaltung der festen Luftverunreinigungen viel leichter gelingt als die der gasförmigen. Eine wirksame Entstaubung ist heute fast immer möglich. Dabei ist allerdings Voraussetzung, daß das Abgas in geschlossener Leitung geführt werden kann, daß man das für die Staubart und Korngröße geeignete Verfahren wählt und daß die Entstaubungseinrichtungen aus-

reichend dimensioniert sind. Vorteilhaft kann man mehrere verschiedene Prinzipien der Staubabscheidung kombinieren, indem man z. B. die Abgase sowohl durch Zyklone als auch durch Elektrofilter leitet. Leider ist die Voraussetzung, die Abgase in geschlossenen Leitungen abzuführen, heute technisch noch nicht überall gegeben. Als Beispiel nenne ich das bei uns noch immer nicht befriedigend gelöste Problem der Entstaubung der überwiegend Feinststaub enthaltenden, auffällig braun gefärbten Konverterabgase des Sauerstoffblasverfahrens bei der Stahlgewinnung.

Für die Bekämpfung der gasförmigen Verunreinigungen sind zwar auch schon viele Verfahren entwickelt worden, doch können die Erfolge noch keineswegs befriedigen. Auf diesem Gebiete bietet sich dem Forscher und dem Techniker noch ein weites Tätigkeitsfeld. Denken wir nur einmal an das Problem der Zurückhaltung des Schwefeldioxyds, von dem heute noch überall sehr beträchtliche Mengen in allerdings für die praktische Verwertung allzu geringer Konzentration in die Atmosphäre entweichen. Die Versuche, diese Abgase mit alkalischen Flüssigkeiten zu reinigen, sind doch im großen und ganzen gescheitert; denn selbst wenn 85 oder 90 % der absoluten Schadstoffmenge aus den Abgasen entfernt wurden, war die schädliche Wirkung der restlichen Säuremenge in dem nun kalten und mit Wasserdampf beladenen Abgas wegen der vorher geschilderten Schwierigkeiten der raschen Schadstoffverteilung im Luftraum mindestens ebenso groß wie durch die zehnfach höhere Schadstoffmenge in dem trockneren und sehr heißen Rauchgas.

Fortschritte sind in den letzten Jahren erfreulicherweise zu verzeichnen gewesen bei der Beseitigung der Gerüche aus Fischmehlfabriken, Tierkörperverwertungsanstalten und chemischen Fabriken, z. B. Viskosekunstseidefabriken (Waschverfahren), Kokereien und Gaswerken (Nachverbrennung), Erdölraffinerien und Hydrierwerken (Aufbereitung des Schwefelwasserstoffes).

Das gleiche gilt für die Zurückhaltung und Verwertung der insbesondere für die Vegetation sehr schädlichen Fluorverbindungen, die — nicht zuletzt wegen des steigenden Bedarfs an Fluor — auch für die Werke selbst aus wirtschaftlichen Gründen interessant geworden sind.

Trotz dieser Lichtblicke bleiben — wie gesagt — hinsichtlich der Reinigung der Abgase von gasförmigen Schadstoffen noch viele Wünsche offen. Aus diesem Grunde sind Betriebe, die in ungünstigen, bereits mit Abgasen stark beaufschlagten Räumen arbeiten, gezwungen, zur Vermeidung von Übelständen in Bodennähe und vor allem an der Vegetation ihre Abgase durch hohe Schornsteine abzuleiten. In solchen Fällen muß bei Neugenehmigungen die Forderung „Reine Luft für die Umwelt“ das Primat haben vor der von manchen örtlichen Stellen noch immer erstrebten Erhaltung der „Schönheit der Landschaft“.

Zum Schluß gestatten Sie mir noch einige Worte zum aktuellen Problem der Entgiftung der Auspuffgase. Die Amerikaner haben eine Nachverbrennung erprobt. Die Anlagen sollen nach Ansicht mehrerer deutscher Experten doch recht teuer und daher unwirtschaftlich sein. Man hat daher bei uns mit Forschungsarbeiten auf dem Gebiete der Vergaserkonstruktion, der Aufbereitung und Verteilung des den Zylindern zugeführten Benzin-Luft-Gemisches, der Steuerung des Verbrennungsablaufes im Motor und der Entwicklung besonderer Kurbelgehäuseentlüftungen begonnen mit dem Ziele, durch Vervollständigung der Verbrennung die Bildung schädlicher Bestandteile in den Auspuffgasen zu verhindern.



★03UM101105★