

**Zeitschrift:** Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme  
**Herausgeber:** Schweizerische Vereinigung für Landesplanung  
**Band:** 25 (1968)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Probleme der Gewässerschutzverschmutzung in einem Welthafen  
**Autor:** Stehr, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-783066>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

folge seiner geringen Gas- und Dampfdurchlässigkeit, was anhand nachstehender Tabelle betreffend die relative Gas- und Dampfdurchlässigkeit verschiedener Kunststoffe aufgezeigt werden dürfte (Hart-PVC = 1):

	H <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
Polyvinylidenchlorid . . . . .	0,17	0,11	0,03
Polyterephthalsäureester . . . . .	0,94	0,33	0,67
Hart-PVC (S-Polymerisat) . . . . .	1	1	1
ABS-Copolymerisat . . . . .	1,3	12	10
Polyvinylchloridacetat . . . . .	2,8	2,1	1,7
Polyamid . . . . .	5	1,6	4,6
Polypropylen . . . . .	40	20	0,23
Niederdruckpolyäthylen . . . . .	47	24	0,12
Celluloseacetat . . . . .	50	14	46
Hochdruckpolyäthylen . . . . .	117	57	0,31
Polystyrol . . . . .	122	42	5
Polycarbonat . . . . .	167	111	6,2

Für das Jahr 1968 wird für Hart-PVC-Flaschen folgende Entwicklung vorausgesagt (in Mio Kilogramm PVC): Benelux 8, Bundesrepublik Deutschland 15,9, Frankreich 25,0, Grossbritannien 13,6, Italien 20,0, Schweiz 1,9.

Auch dieses Kapitel dürfte gezeigt haben, in welcher ungeheurer Auftriebsbewegung sich die Kunststoffe, und insbesondere das Polyvinylchlorid, befinden. Nur dem aufmerksamen Leser dürfte indessen aufgefallen sein, welche ein Danaergeschenk hier der Menschheit in den Schoss gefallen ist, so bei den kurzen Bemerkungen über toxische Hilfsmittel, die nur durch Auswaschen oder Ablüften beseitigt werden können, was wiederum Anlass zu Gewässerverschmutzung und Luftverpestung gibt. Besonders gefährlich aber dürfte sich auf die Länge das mengenmässig dominierende PVC wegen seines hohen Chlor- und des Phosgehaltes auswirken.

Neuerdings befindet sich auch der Kunststoff Teflon, d. h. Polytetrafluoräthylen, im Vormarsch. Dieser Stoff nimmt unter den Kunststoffen eine Sonderstellung ein, besitzt er doch Eigenschaften, die kein anderes Material aufzuweisen hat. Ausser von Alkalimetallen, ge-

schmolzen, bei hohen Temperaturen und unter Druck sowie von Fluor wird er von keiner Chemikalie angegriffen, mag sie noch so aggressiv sein. Ferner ist er unentflammbar, antiadhäsiv, er quillt nicht im Wasser, erträgt Kälte bis minus 240 Grad Celsius. Weder Lacke noch Kleber haften, ebensowenig ein Sirup, erst recht nicht alle anderen, weniger adhäsiven Stoffe. Trotzdem kann Teflon nach entsprechender Vorbehandlung geschweisst, lackiert und bedruckt werden. Teflonfilme von 0,05 bis 0,1 mm Dicke, die mit Papier, Karton- oder Metallfolien verbunden werden, finden als Packmittel Verwendung.

Leider besitzt auch dieser neue Kunststoff seine recht beträchtlichen Nachteile, wirkt er sich doch wegen seines hohen Fluorgehaltes bei gewissen Konzentrationen auf die unbelebte Umwelt, auf Pflanzen und Tiere wie auch auf den Menschen sehr gefährlich aus. Schon in den Anfangszeiten der Verwendung von Kunststoffen gaben manche dieser Materialien, im Hinblick auf die Lebensmittelgesetzgebung, Anlass zu Beanstandungen, und der Gesetzgeber sah sich gezwungen, gewisse Mindestanforderungen an ihre Beschaffenheit zu stellen. Wie schon erwähnt, sind nicht in erster Linie die Kunststoffe selbst Gegenstand der Besorgnis, sondern die auch heute noch nötigen Zusatzstoffe, die dem Kunststoff Stabilität, Verformbarkeit oder Schlagfestigkeit verleihen. Da die Zusatzstoffe, im Gegensatz zu den reinen Kunststoffen, bei Berührung mit Lebensmitteln, etwa Flüssigkeiten oder Fetten, eine gewisse Löslichkeit zeigen, dürfen nur gesundheitlich unbedenkliche Zusätze verwendet werden.

In der Schweiz ist gegenwärtig eine sogenannte positive Liste der Zusatzstoffe in Vorbereitung, d. h. eine Liste der gesundheitlich unschädlichen Zusatzstoffe, die bei der Herstellung von Kunststoffen zu Verpackungszwecken verwendet werden; der diesbezügliche Verfassungsartikel wurde vom Bundesrat am 10. November 1964 genehmigt. Darin sind jedoch die bei der Beseitigung von Kunststoffen entstehenden Gewässerschutz- und Lufthygieneprobleme nicht berücksichtigt.

(Fortsetzung folgt)

Von Dr.-Ing. E. Stehr, Hamburg

627.213.1 (435.15): 628.191

## Probleme der Gewässerverschmutzung in einem Welthafen

Eine schweizerische Zeitschrift für Landesplanung, Gewässerschutz und Lufthygiene, sollte man meinen, wäre doch wohl nicht das richtige Organ, um Probleme aus einem Seehafen zu erörtern. Einem derartigen Einwand lässt sich allerdings entgegenhalten, dass es mindestens in einer Hinsicht relativ gleiche Verhältnisse sowohl in der Schweiz als auch im Hamburger Hafen geben müsste. Eine grosse Oelverschmutzung, die sich auf einem der zahlreichen Seen der Schweiz ereignen sollte, wird nämlich nicht wesentlich anders ablaufen, als wenn sie auf einem Hafenbecken oder im Mündungstrichter des Elbstromes passiert. Im übrigen gibt es selbstverständlich auch sonst noch zahlreiche Verschmutzungsprobleme

von allgemeiner Bedeutung, so dass zu hoffen ist, für den Leser werde sich vielleicht doch die eine oder andere Anregung ergeben. Und wem selbst das noch keine ausreichende Begründung zu sein scheint, der möge sich immerhin vor Augen führen, dass auch die Schweiz zu den seefahrenden Nationen zählt und dass etliche Schweizer Seeschiffe regelmässig ihre Flagge im Hamburger Hafen zeigen.

### Ueber die hydrologischen Verhältnisse im Hamburger Hafen

Obwohl also vielfache Beziehungen zwischen der Schweiz und dem Hamburger Hafen festzustellen sind,

scheint es doch im Interesse eines besseren Verhältnisses angebracht, einiges über die Besonderheiten der unteren Elbstrecke und der Hafengewässer vorzuschicken. Die Elbe unterliegt hier dem Einfluss der Meerestide, d. h. viermal täglich wechselt die Strömungsrichtung. Zweimal am Tag steigt der Wasserspiegel, zweimal fällt er, und zwar im Mittel um rund 2,5 bis 3 m. Bei Sturmfluten kann sich dieses Mass um mehr als 4 m vergrössern. Die Strömungsgeschwindigkeit erreicht nur selten 1 m/sec. Da die Elbe unterhalb Hamburgs aber mehrere Kilometer breit und in der Fahrinne bei MNW etwa 12 m tief ist, werden bei jeder Tide viele Mio Kubikmeter Wasser durch die einzelnen Querschnitte hin- und herbewegt. Hamburg wird jedoch auch unter ungünstigsten Bedingungen nie vom Salzwasser der Nordsee erreicht.

Der Zufluss aus dem Oberlauf der Elbe beträgt im Mittel 700 m<sup>3</sup>/sec, NNQ liegt bei 150 m<sup>3</sup>/sec, HHQ dagegen bei 4000 m<sup>3</sup>/sec. Dieses Wasser ist mit einer starken Restverschmutzung aus Ostdeutschland vorbelastet, wenn es Hamburg, die grösste Industriestadt Westdeutschlands, mit seinen fast zwei Mio Einwohnern erreicht. Hier fliessen der Elbe dann 25 m<sup>3</sup>/sec Abwasser zu. Dieses Abwasser stellt ihren grössten Nebenfluss unterhalb der Havel dar. Bei Niedrigwasserführung unter 200 m<sup>3</sup>/sec wird eine so hohe Abwasserbelastung verständlicherweise zu einem Problem. Selbst bei guter Klärung kann dann die unvermeidliche Restverschmutzung dieses Abwassers und die hohe Vorbelastung aus Ostdeutschland zu kritischen Situationen führen. Dass sich unter dem Einfluss der Tide ständig ein Vielfaches der sogenannten Oberwassermenge durch Hamburg hindurchbewegt, vermag daran nur relativ wenig zu ändern. Hierbei handelt es sich ausschliesslich um ein Hinundherpendeln des Wasserkörpers. Das heisst, die eingeleiteten Schmutzstoffe kehren mit jeder Flutströmung zurück, bis sie durch die Selbstreinigungskraft abgebaut sind. Wegen der starken Durchmischung und guten Belüftung des Wassers durch den sehr regen Schiffsverkehr und auf Grund der heftigen Turbulenz, die die dauernd wechselnde Tidenströmung erzeugt, ist die Selbstreinigungskraft allerdings sehr intensiv.

In den eigentlichen Hafenbecken ist andererseits fast kaum Strömung vorhanden. Da sämtliche Hafenbecken gegenüber den rückwärtigen Binnenschiffszufahrten durch Sperrtore abgeschlossen sind, fliesst nur jeweils eine verhältnismässig kleine, dem Tidehub entsprechende Wassermenge in die Hafenbecken hinein und wieder heraus. Eine ausgesprochene Durchströmung tritt daher nicht ein.

### **Die Quellen der Wasserverschmutzung**

Neben der erwähnten Restverschmutzung, die die Elbe bereits aus Ostdeutschland mitbringt, sind es drei verschiedenartige Verschmutzungsquellen, die das Gütebild des Elbwassers im Hamburger Raum beeinflussen. Zum ersten handelt es sich um die häuslichen Abgänge, dann folgt die Industrie und schliesslich die Schifffahrt. Diese liefert vergleichsweise zwar nur geringe Abwassermengen, sie ist aber auch am schwierigsten in den Griff zu bekommen, weil sie ihrer Natur nach stark fluktuiert und internationalen Charakter trägt. Dabei ist es meistens die Schifffahrt, die die unangenehmen und so deutlich ins Auge springenden Oelverschmutzungen verursacht. Da heute fast alle Schiffe mit Oel betrieben werden, bleibt es

nicht aus, dass laufend mehr oder weniger grosse Oelmengen über Bord gepumpt werden. Bedenkt man, dass der Hamburger Hafen jährlich von über 20 000 Seeschiffen aufgesucht wird und dass hier ständig mehr als 1000 Hafenfahrzeuge unterwegs sind, wird leicht verständlich, warum diese im einzelnen zwar kleinen Mengen insgesamt doch zu einer ausgesprochenen Plage werden.

Gegen diese Form der Oelverschmutzung kann kaum etwas Durchschlagendes ausgerichtet werden, weil es im allgemeinen nur Spuren von Oel sind, die zusammen mit dem Kühl- und Lenzwasser über Bord gehen. Es ist ein ähnlicher Fall, wie man ihn bei Regenwetter auch in den Strassenabläufen beobachten kann. Der Oelfilm ist zwar nur ausserordentlich dünn, aber bei einem grossen Einzugsgebiet wird der Vorfluter trotzdem stark verölt. Neben dieser kontinuierlich stattfindenden, eigentlich ungewollten Oelverschmutzung der Hafengewässer kommt es selbstverständlich auch häufig vor, dass Oelabfälle mit Vorbedacht abgeleitet werden, um sie auf diese Weise billig loszuwerden. Nicht selten führen ausserdem Unachtsamkeit und technisches Versagen zu ausgedehnten Oelverschmutzungen. Dann fliessen meistens gleich mehrere Tonnen, hin und wieder sogar mehr als hundert Tonnen Oel aus. Im Durchschnitt passieren so wöchentlich mindestens zwei Grossverschmutzungen. Neben der allfällig verhängten Strafe trifft die Verursacher selbstverständlich in jedem Falle die Pflicht zur restlosen Entfernung des Oels, was häufig zu Kosten mit fünfstelligen DM-Beträgen führt.

Ausser durch das Oel bringt die Schifffahrt eine Hafenverwaltung aber auch noch mit vielen festen Abfallprodukten in Bedrängnis. Es sind die grossen Mengen verdorbener Ladung und Verpackungsmaterial sowie die Küchenabfälle. So kann es beispielsweise passieren, dass eine ganze Schiffsladung Apfelsinen vernichtet werden muss, weil sie von Maden der Mittelmeerfliege befallen ist. Aber auch viele andere Arten verdorbener Güter fallen selbstverständlich an, wenn in einem Hafen jährlich 36 Mio Tonnen Waren umgeschlagen werden. Ausserdem ist vielfach die Ladung in den Schiffsräumen durch sogenanntes Pallholz ausgesteift oder mit Matten aus Stroh, Bast und Bambus umwickelt. Dieses überflüssige Material muss vernichtet werden. Bei Werftreparaturen der Schiffe fallen oft grosse Mengen Isoliermaterial und schlammartige Schmutzstoffe aus den Doppelböden an. Schliesslich ist jedes Schiff verpflichtet, während der Hafenliegezeit die Küchenabfälle in Fässern zu sammeln, die regelmässig abgeholt und entleert werden müssen. Insgesamt werden im Hamburger Hafen jährlich etwa 180 000 m<sup>3</sup> derartiger fester und schlammiger Schiffsabfälle angelandet.

### **Probleme des Ballungsraumes Hafen**

Diese enorme Menge an Schiffsabfällen und die Frage, wie man mit ihr auf schadlose Weise fertig werden kann, ist ein typisches Ballungsproblem, nur dass es sich in diesem Falle um eine Ballung beim Güterverkehr handelt. Dabei ist die Menge der festen und schlammigen Schiffsabfälle noch vergleichsweise klein. Wesentlich beeindruckender ist es schon, wenn man hört, dass die Schifffahrt jährlich bei den Hamburger Oelauffangananlagen rund 400 000 m<sup>3</sup> veröltes Tankwaschwasser abliefert, aus dem etwa 15 000 t Oel entfernt werden. Diese Mengen sind jedoch wiederum un-

bedeutend gegenüber dem Abwasseranfall der Hafenindustrie von täglich 400 000 m<sup>3</sup> und ihrem täglichen Kühlwasserdurchsatz von 1 300 000 m<sup>3</sup>. Erschreckend ist es bereits, wenn man hört, dass mit dem Abwasser der hier ansässigen Mineralölwerke jährlich rund 1100 t Oelprodukte in die Elbe abgeleitet werden. Dabei beträgt der mittlere Oelgehalt des Abwassers nur 6 mg/l, eine Größenordnung, die mit vernünftigen technischen Mitteln nicht mehr wesentlich verkleinert werden kann.

Angesichts derartiger Zahlen fragt man sich unwillkürlich, ob es überhaupt gelingen kann, über unsere eigenen Zivilisationsrückstände Herr zu werden. Für die Stadt Hamburg insgesamt ist der Schmutzanfall im Hafen ja auch wiederum nur ein kleines Teilproblem. Beispielsweise fallen im Stadtgebiet jährlich 3 600 000 Kubikmeter Haus- und Industriemüll an. Ablagerungsflächen dafür wird es aber in nächster Zeit kaum noch geben, und die Verbrennungskapazität reicht vorläufig nur für 1,3 Mio Kubikmeter. Ein sehr wesentlicher Teil des hamburgischen Staatsgebietes ist tiefliegendes Marschland, das bis zum Zweiten Weltkrieg ausschliesslich landwirtschaftlich genutzt wurde. Ob erwünscht oder nicht, entstehen dort seit Jahren mehr und mehr Wohnhäuser und Siedlungskerne. Da das Gelände nur wenige Dezimeter über dem Grundwasserspiegel liegt, ist der Bau von Hauskläranlagen so gut wie unmöglich. Die Folge ist, dass die Gräben des natürlichen Entwässerungssystems in einem trostlosen Zustand sind. Der Bau von Schmutzwassersielen und zentralen Kläranlagen musste andererseits wegen der immerhin noch weitläufigen Bebauung und der ausserordentlich hohen Erstellungskosten vorläufig unterbleiben. Daran wird sich auch wohl in absehbarer Zeit nicht viel ändern lassen, weil im Stadtkern selbst ein grosser Nachholbedarf beim Siel- und Kläranlagenbau vorhanden ist. Die Reihe derartiger Beispiele liesse sich zwar mühelos noch verlängern, doch es war nicht der Sinn dieser Arbeit, auch die Optimisten unter den Wasserwirtschaftlern ängstlich zu machen. Die Blickrichtung möge sich daher wieder dem begrenzten Problem der Gewässerverölung zuwenden, obwohl auch darüber nur wenig zu vermerken sein wird, was hoffnungsvoll stimmt.

### **Ueber das Verhalten grosser Oelmengen auf Gewässern**

Da das Thema Gewässerverschmutzung durch Oel ein Buch füllen würde, muss es hier auf einige wenige Teilgebiete beschränkt bleiben. So soll das Grundwasser überhaupt nicht, und von den oberirdischen Gewässern sollen weder die Gräben und Bäche noch die hohe See behandelt werden. Auch die Aufbereitungsverfahren für verölte Fabrikations- und Tankwaschwasser bleiben in diesem Zusammenhang ausser acht. Die folgenden Feststellungen beziehen sich also ausschliesslich auf Oelverschmutzungen von Binnengewässern mit verhältnismässig grosser Oberfläche. Bevor die eigentlichen Bekämpfungsmethoden behandelt werden, wird es nützlich sein, sich zunächst einmal zu vergegenwärtigen, nach welchen physikalischen Gesetzmässigkeiten Oelverschmutzungen ablaufen. Wenn grössere Oelmengen in ein Gewässer geraten, etwa weil ein Tank platzt, breiten sie sich zunächst unter dem Einfluss der Schwerkraft aus, bis die Grenzflächenspannung zwischen Wasser, Oel und Luft mit der Ausbreitenergie ins Gleichgewicht kommt.

Die Ausbreitenergie ergibt sich dabei aus der Spiegeldifferenz zwischen der Oel- und der Wasseroberfläche. Da dieser Niveauunterschied z. B. bei einer 10 cm starken Oelschicht mit dem spezifischen Gewicht 0,8 Mp/m<sup>3</sup> die Grösse  $h = 2$  cm hat, wird sich das Oel mit einer Anfangsgeschwindigkeit von  $v = (2gh)$   $0,5 = 0,625$  m/sec ausbreiten. Die jeweilige Zähigkeit der verschiedenen Oelsorten spielt dabei erstaunlicherweise keine Rolle. Die Schichtstärke, bei der die weitere Ausbreitung zunächst aufhört, liegt etwa zwischen 5 und 15 mm und ist proportional dem spezifischen Gewicht des Oels [1, 10]. Das gilt allerdings nur für Oberflächenwasser mit seiner üblicherweise herabgesetzten Grenzflächenspannung.

Die so entstandenen Oelschichten oder Oellinsen werden in fliessenden Gewässern mit der gleichen Geschwindigkeit und Richtung fortbewegt, wie sie dem Wasser eigen ist. Ferner werden sie durch den Wind verdriftet, und zwar mit rund 4 % der Windgeschwindigkeit in 20 m Höhe oder mit 6 %, wenn diese unmittelbar über der Wasseroberfläche gemessen wird [7, 10]. Der Weg des Oels setzt sich also aus zwei Komponenten zusammen. Das Oel wird daher im allgemeinen nach einer vorausberechenbaren Zeit das Ufer des Gewässers erreichen. Daraus erklärt sich auch die Beobachtung, dass sich ausgelaufenes Oel häufig in ruhigen Uferzonen sammelt. Soweit es dort dann nicht an feste Gegenstände anklebt, künstlich eingeschlossen oder sogleich entfernt wird, kommt es selbstverständlich bei einer Drehung des Windes auf neue in Bewegung. Gerät das Oel in den Bereich brechender Wellen, entsteht eine unangenehme, gelblich braune Wasser-in-Oel-Emulsion schaumigen Charakters.

### **Geräte zum Einschliessen treibender Oelfelder**

An Sperrmitteln gegen treibende Oelfelder gibt es heute zwei grundlegend verschiedene Sorten. Zunächst wären da die schwimmenden Oelsperren zu nennen. Es werden davon zurzeit die mannigfaltigsten Formen aus Metall und Kunststoff angeboten. Dem Prinzip nach beruhen sie jedoch alle darauf, dass ein langgestreckter Schwimmkörper nach Art eines Rohres oder einer Wand einige Dezimeter ins Wasser eintaucht, um so das Oel an einer Ausbreitung zu hindern. Abgesehen davon, dass ein derartiger Schwimmkörper auf einer grossen Wasseroberfläche vielfach verankert werden muss, wenn er nicht durch Wind und Wasser vertrieben werden soll, ist er auch nicht mit Sicherheit öldicht. Wenn nämlich eine Strömungsgeschwindigkeit von etwa 10 cm/sec oder mehr vorhanden ist, unterläuft das Oel nach und nach die Sperre. Das erklärt sich so: Unterhalb des Schwimmkörpers ist der Querschnitt des Wassers eingengt, daher muss zwangsläufig vor der Sperre ein Anstieg der Strömungsgeschwindigkeit auftreten. Die dafür erforderliche Energie kann das Wasser nur aus seiner Druckhöhe nehmen, wie es sich aus der Bernoullischen Gleichung leicht ablesen lässt. Es entsteht hier quasi ein Unterdruck, der ausreicht, den Auftrieb des Oels zu kompensieren. Das Oel sinkt ab, gerät in die Wasserströmung, unterläuft so die Sperre und taucht dort wieder auf, wo Geschwindigkeits- und Druckhöhe hinter der Sperre auf ihre ursprünglichen Werte zurückgegangen sind. Schwimmende Oelsperren sind also nur in stehenden Gewässern wirklich dicht. Die andere Art, treibende Oelfelder einzuschliessen,



wird durch die sogenannte Pressluft-Oelsperre erreicht. Hierbei wird auf dem Gewässergrund ein Schlauch verlegt, der im Abstand von einigen Dezimetern mit Düsen von 0,5 bis 2,0 mm Durchmesser versehen ist. Wird dieser Schlauch von einem Schiff oder von Land aus mit Druckluft beschickt, bildet sich über ihm im Wasser ein Luftblasenschleier aus. Dadurch wird das spezifische Gewicht des Wasserkörpers in diesem Bereich verringert, was wiederum dazu führt, dass sich der Wasserspiegel hier anhebt. An der Wasseroberfläche über dem Düsenschlauch entsteht ein flacher Wasserwall und damit ein Gefälle gegenüber der Umgebung. Daher bildet sich auf beiden Seiten des Wasserwalles eine Oberflächenströmung aus und innerhalb des Luftblasenschleiers eine aufwärts gerichtete Wasserbewegung. Oel, das einer solchen Sperre entgentreibt, könnte sie nur dann überwinden, wenn es schneller wäre als das ihm entgegenfliessende Wasser. Durch die Wahl einer genügend grossen Anzahl entsprechend weiter Düsen lässt sich aber praktisch jede erforderliche Strömungsgeschwindigkeit an der Wasseroberfläche erzielen.

Die Wirkung einer Pressluft-Oelsperre wird verständlicherweise mit zunehmender Wassertiefe besser, weil dann das Luftvolumen im Wasser wächst. In starker Strömung, das heisst von etwa 0,3 m/sec an aufwärts, versagt allerdings auch diese Form der Oelsperre, weil die Blasenbahnen dann so stark aus der Lotrechten vertrieben werden, dass an der Wasseroberfläche kein wirksamer Wasserwall mehr zustandekommt. Unter solchen Verhältnissen ist daher das Einschliessen von ausgelaufenem Oel zurzeit nicht möglich [5, 8].

#### **Mittel zur Bekämpfung von Oel auf Gewässern**

Das möglichst frühzeitige Absperren eines treibenden Oelfeldes ist zwar erstes Gebot, doch erhebt sich sogleich auch die Frage nach den Möglichkeiten der Oelbeseitigung. Zunächst könnte man an den natürlichen Abbau durch Bakterien und Pilze denken, der ohne Zweifel auch erfolgt. Die Abbauraten sind allerdings ausserordentlich gering. Nach gründlichen Versuchen mit Elbwasser kann unter günstigsten Bedingungen, d. h. etwa 20 °C Wassertemperatur, ausreichende Belüftung, sehr dünner Oelfilm, keine den Film störende Turbulenz, eine tägliche Abbaurate von 0,5 bis maximal 1 % erreicht werden. Intensiver wirkt da schon die Verdunstung, die beispielsweise Benzin restlos und leichtes Gasöl weitgehend verschwinden lässt. Nach hier durchgeführten systematischen Grossversuchen geht auch im Laufe der Zeit ein beachtlicher Anteil des Oels ins Wasser über, besonders natürlich, wenn sich das Wasser unter dem Oelfilm hindurchbewegt. Schwere Oele durch Abbrennen von der Wasseroberfläche oder vom Ufer zu entfernen, ist dagegen nicht möglich. Der Kühleffekt des Wassers ist derart gross, dass die Entflammungstemperatur immer wieder unterschritten wird.

Die starke Beachtung, die das Problem «Oelpest» in der Öffentlichkeit gefunden hat, brachte verständlicherweise auch viele wohlmeinende Erfinder und tüchtige Geschäftsleute in Bewegung. Es wird daher zurzeit eine Unmenge an Mitteln und Geräten zur Beseitigung von Oelverschmutzungen angeboten. Zunächst einiges über die sogenannten Oelbindemittel. Es sind Pulver, die wohl Oel, aber kein Wasser aufsaugen sollen. Im Becherglas eines Labors tun sie das

auch im allgemeinen, weil sie dann auf einen geschlossenen Oelfilm treffen. Im praktischen Fall, wenn einige hundert oder gar tausend Quadratmeter Wasserfläche mit Oel bedeckt sind, ist es dagegen nahezu unmöglich, die vielen dann benötigten Kubikmeter Pulver auch nur einigermaßen gleichmässig auf das Oel zu verteilen. Der Wind treibt das Pulver meistens überall hin, nur nicht an die Stellen, wo man es haben möchte. In zähflüssige Oele dringt das Pulver auch nicht ein, es klebt nur an der Oberfläche fest. Wird das Pulver dann wieder abgefischt, bleibt ein grosser Teil des Oels im Wasser zurück, und man muss die Prozedur wieder von neuem beginnen. Nachher taucht dann noch die Frage auf, wo man mit dem ölverschmierten Pulver bleiben kann. Brennen tut es jedenfalls wegen des hohen Wassergehaltes nicht. Und wenn man es auf Halde wirft, verölt der Untergrund, wie unsere Versuche gezeigt haben, weil immer ein Teil des Oels nur lose an das Pulver gebunden ist [12].

Andere vielgepriesene Mittel sind die Emulgatoren. Sie haben die Eigenschaft, einen Oelfilm in einzelne Oeltropfchen zu zerreißen, die sich dann über den gesamten Wasserkörper verteilen. Das heisst, sie dringen auch in die tieferen Bereiche des Gewässers ein, die vorher kaum gefährdet waren. Die Handhabung der Emulgatoren ist einfacher als die der Pulver, weil sie in Strahlform versprüht werden können. Da sie jedoch selbst auch mehr oder weniger gewässerschädlich sind, würde ihre leichtfertige Anwendung darauf hinauslaufen, den Teufel mit dem Beelzebub auszutreiben. Sehr gründliche Untersuchungen der Deutschen Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz haben ausserdem ergeben, dass die Emulsionen auch recht unbeständig sind, im allgemeinen also nur eine Scheinwirkung erreicht wird [3, 4]. Aus diesen Gründen sollten Emulgatoren nur in Ausnahmefällen angewendet werden, denn ihre Reinigungswirkung ist tatsächlich erstaunlich schnell und gründlich.

Der sicherste und nach den hiesigen Erfahrungen auch billigste Weg, Oelverschmutzungen von ausgedehnten Wasserflächen zu beseitigen, ist der, das Oel mit Spezialgeräten mechanisch abzuschöpfen. Es sind dafür die verschiedensten Apparate entwickelt worden, von grossen selbstfahrenden Schiffen bis zu kleinen handlichen Geräten für den Ein-Mann-Betrieb [6, 11]. Das Oel wird dabei wirklich aus dem Wasser entfernt und kann anschliessend, nachdem es entwässert wurde, als Heizöl verwendet werden. Im Hamburger Hafen wurden auf diese Art bisher mehrere tausend Tonnen Oel aufgefischt und anschliessend mit Spezialbrennern unter einem Dampfkessel verbrannt. Verölte Bauwerksteile lassen sich im allgemeinen schon mit einem scharfen Heizwasserstrahl abwaschen. Das Oel wird dadurch nicht emulgiert und kann anschliessend aus dem Wasser herausgefischt werden. Natürliche Strände müssen entweder abgeschält oder umgepflügt, mindestens jedoch mit viel Sand abgedeckt werden.

#### **Grenzen für die Gewässerreinigung**

Die Problematik der Oelbeseitigung von Gewässern führt zwangsläufig auch auf die Frage, wie weit man sie treiben soll. Von welchem Verölungsgrad an hat eine Beseitigungsaktion zu beginnen und wie weit wird sie getrieben? Selbstverständlich richtet sich das in erster Linie nach dem Verwendungszweck des Wassers, so dass es dafür kein allgemeingültiges Mass

gibt. Trotzdem bleibt die Frage aber in relativer Hinsicht bestehen. Eine Oelwehraktion kostet viel Geld, und derjenige, der den Auftrag zu verantworten hat, wird sich stets fragen müssen, steht der zu erwartende Schaden im richtigen Verhältnis zum Aufwand. Ist der Verursacher bekannt, so dass man ihm die Kosten auferlegen kann, mag es manchem noch leicht fallen, sich zu entscheiden. Wie sieht es aber aus, wenn die Reinigung aus öffentlichen Mitteln bestritten werden muss? In einem Welthafen wie Hamburg kommt noch ein weiterer Gesichtspunkt hinzu. Dieser Hafen steht mit mehreren anderen in heftiger Konkurrenz, und Reeder sowie Verloader können frei wählen, wohin sie fahren wollen.

Wer genau hinschaut, stellt sogar fest, dass eine solche Wettbewerbslage nicht nur in einem Hafen wie Hamburg vorhanden ist. Sie besteht tatsächlich in fast allen Fällen, wo es darum geht, Schmutzstoffe des gewerblichen Sektors aus dem Wasser fernzuhalten. Da gibt es z. B. den Eifer aller Kommunalpolitiker, neue Industriebetriebe durch möglichst günstige Angebote anzulocken. Noch schwerwiegender, wenn auch bei vielen Wasserwirtschaftlern anscheinend noch unerkannt, ist der internationale Konkurrenzdruck. Alle Massnahmen zur Reinigung von Abwasser und Abgasen kosten Geld. Stellt ein Land sehr hohe Anforderungen, schafft es automatisch der Industrie anderer Länder mit vergleichsweise bescheideneren Bedingungen Preisvorteile. Diese Praxis wird leider heute in Europa vielfach geübt, und vermutlich wird sich dieses Dilemma noch wesentlich verschärfen, wenn in naher Zukunft mehr und mehr Industrie in den sogenannten unterentwickelten Ländern heranwächst. Diese Länder werden sich vorläufig wohl kaum sehr viel Gedanken um die Reinigung von Abwasser und Abgasen machen und zunächst in die gleichen Fehler wie unsere Väter verfallen.

Das Stichwort «international ungleichmässige Behandlung der Industrieabfälle» ruft sofort eine Assoziation mit dem Begriff Standortvorteil hervor. Damit ist man bei dem mindestens in Westdeutschland immer wieder umstrittenen Thema angelangt, sollen überall genormte Abwassertoleranzen gelten. Für die wasserbehördlichen Sachbearbeiter wäre das zwar sehr bequem, dem Problem selbst würde das aber doch wohl nicht gerecht. Zunächst hat das Abwasser jedes Betriebes seine spezifischen Eigenarten, auch wenn es bei der Produktion gleicher Waren entsteht. Warum soll aber vor allem ein Werk am Unterlauf eines grossen Stromes mit einem hohen Selbstreinigungsvermögen den gleichen Aufwand treiben wie ein entsprechender Betrieb, der sein Abwasser beispielsweise in einen Schwarzwaldbach einleiten muss? Wäre das volkswirtschaftlich vertretbar?

Weil all diese Fragen von den Wasserwirtschaftlern nicht immer durchdacht werden, ergeben sich häufig die leider noch vielfach festzustellenden Spannungen mit der Industrie. Dabei kann aus der Erfahrung mit der Hafenindustrie in Hamburg festgestellt werden, dass gerade die grossen Betriebe sich vernünftigen Argumenten und Forderungen gegenüber im allgemeinen stets einsichtig gezeigt und inzwischen sehr viel für die Entlastung der Elbe getan haben, mindestens so viel wie die Stadt selbst.

## Rückschau und Ausblick

In den vorangehenden Zeilen finden sich etliche skeptische Bemerkungen über die Möglichkeiten und Aus-

sichten für die Reinigung der Gewässer. Das möge jedoch nicht als Resignation, sondern lediglich als nüchterne Betrachtung der Lage aufgefasst werden, und die wird wohl kein ernsthafter Kritiker als glorreich bezeichnen können. Im Jahre 1850, also vor mehr als hundert Jahren, wurde das erste Gesetz zum Schutze der Gewässer in England erlassen. Inzwischen sind alle Industrienationen diesem Beispiel mit ausgefeilten Wassergesetzen gefolgt. Trotzdem wird niemand bestreiten, dass unsere Reinigungsmassnahmen die ganze Zeit über hinter der Entwicklung hergekeucht sind wie der Hund hinter dem Hasen.

Es gibt heute eine kaum noch überschaubare Anzahl Organisationen nationaler und internationaler Art, die den Schutz der Gewässer auf ihre Fahnen geschrieben haben. Soweit hier bekannt ist, bemühen sich allein neun Sonderorganisationen der Uno und acht sonstige internationale Gremien um dieses Problem. An Praktikern, die den Einzelfall bearbeiten könnten, fehlt es aber überall, weil die technischen Hochschulen und Ingenieurschulen bisher von dieser lebenswichtigen Aufgabe viel zu wenig Notiz genommen haben. Dabei helfen die besten Gesetze nichts, wenn sich nicht genügend Ingenieure und Chemiker bereit finden, in stiller Kleinarbeit die vielen Einzelaufgaben Schritt für Schritt zu lösen. Es ist doch absurd, dass wir inzwischen wohl Rendezvous im Weltraum veranstalten können, aber hilflos zusehen müssen, wenn einige hundert Kilometer Badestrand verderben, weil ein Tankschiff mit 100 000 t Oel auf ein paar Felsen vor der englischen Küste fährt. Hoffentlich gibt es nicht eines Tages mehr Oel als sauberes Wasser.

## Literatur

- [1] Blokker, P., Die Ausbreitung von Oel auf Wasser. Deutsche gewässerkundliche Mitteilungen, 10, H. 4, 112 (1966).
- [2] Eckoldt, M., Möglichkeiten der Reinigung mit Oel verschmutzter Oberflächengewässer. Deutsche gewässerkundliche Mitteilungen, 11, H. 5, 105 (1967).
- [3] Hellmann, H., Klein, K., Knöpp, H., Untersuchungen über die Eignung von Emulgatoren für die Beseitigung von Oel auf Gewässern. Deutsche gewässerkundliche Mitteilungen, 10, H. 2 u. 3, S. 29 u. 30 (1966).
- [4] Hellmann, H., und Knöpp, H., Weitere Untersuchungen über die Eignung von Emulgatoren für die Beseitigung von Oel auf Gewässern. Deutsche gewässerkundliche Mitteilungen, 11, H. 4, 91 (1967).
- [5] Hinrichsen, P., Ein Jahr Pressluft-Oelsperre im Oelhafen Brunsbüttelkoog. Hansa, 102, Nr. 11, 1090 (1965).
- [6] Koenig, H. W., und Rincke, G., Massnahmen des Ruhrverbandes gegen Oelverunreinigungen der Gewässer. Wasser und Boden, 18, H. 8, 257 (1966).
- [7] Kohnke, D., Oel bedroht die deutsche Küste. Das Gas- und Wasserfach, gwf, 108, H. 22, 616 (1967).
- [8] Krolewski, H., Auslegung einer Pressluft-Oelsperre für Binnenhäfen. Das Wasserfach, 56, H. 10, 1 (1966).
- [9] Lippok, W., Laborversuche über die Ausbreitung von Mineralöl auf freier Wasseroberfläche. Deutsche gewässerkundliche Mitteilungen, 10, H. 4, 105 (1966).
- [10] Stehr, E., Berechnungsgrundlagen für Pressluft-Oelsperren. Mitteilungen der Hannoverschen Versuchsanstalt für Grundbau und Wasserbau, Franzius-Institut der TH Hannover, H. 16, 275 (1959).
- [11] Stehr, E., Neue Formen des Hamburger Oelabschöpfgerätes. Hansa, 100, Nr. 5, 470 (1963).
- [12] Stehr, E., Geräte und Mittel zur Bekämpfung von Oelverschmutzungen in Gewässern. Detergentien und Oele im Wasser und Abwasser. Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flussbiologie, B. 9, zweite, neu bearbeitete Auflage (Verlag R. Oldenbourg, München und Wien 1967), S. 15.