

FACHWISSEN  
für Facharbeiter  
in der Wasserwirtschaft

Band 2

Abwasserbehandlung

mit 56 Bildern und 4 Tafeln

von einem Autorenkollektiv unter Leitung von

Ing.-Ök. K. Blume



VEB VERLAG FÜR BAUWESEN · BERLIN

Das vorliegende Lehrbuch wurde im Auftrage des Amtes für Wasserwirtschaft beim Ministerrat der DDR von einem Autorenkollektiv der VVB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung unter Leitung von Ing.-Ök. *K. Blume*, Inspektor für Berufsausbildung bei der VVB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung, verfaßt.

An der Ausarbeitung waren beteiligt:

|                                |                   |
|--------------------------------|-------------------|
| Ing. <i>Walter Hesse</i>       | (Abschn. 1 und 2) |
| Ing. <i>Walter Leuschner</i>   | (Abschn. 3 und 4) |
| Ing. <i>Burkhard Tiedt</i>     | (Abschn. 5)       |
| Dipl.-Biol. <i>Kurt Rudolf</i> | (Abschn. 6 und 7) |
| Ing. <i>Diethart Schulze</i>   | (Abschn. 7)       |
| Meister <i>Paul Schulze</i>    | (Abschn. 7)       |
| Ing. <i>Wolfgang Fröblich</i>  | (Abschn. 8)       |
| Ing. <i>Siegmund Hanicke</i>   | (Abschn. 9)       |

*Vom Staatlichen Amt für Berufsausbildung als Lehrbuch für die Ausbildung von Facharbeitern anerkannt*

Lektor: Dipl.-Gwl. *Manfred Kurth*

ES 20 E7 DK 623.1 KB 451

Redaktionsschluß: 23. 6. 1968

Bestellnummer: 9/2/1030

Copyright 1969 by VEB Verlag für Bauwesen, Berlin

VLN 152 · Dg.-Nr. 905/5/69 · Deutsche Demokratische Republik

Umschlagentwurf: *Egbert Pratsch*, Berlin

Satz und Druck: Buch- und Kunstdruckerei Richard Pries KG, Leipzig

Buchbinderei: Schremmel, Leipzig

# GELEITWORT

Arbeiter, Ingenieure und Wissenschaftler der Wasserwirtschaft haben in den vergangenen Jahren gute Leistungen, insbesondere auf dem Gebiet der großräumigen Wasserwirtschaft, des vorbeugenden Hochwasserschutzes, des Talsperrenbaus und der Wasserversorgung erzielt.

An diesen Leistungen haben auch die Werktätigen der VVB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung maßgeblichen Anteil. Ihre Aufgabe besteht im wesentlichen

- in der Bereitstellung von Trink- und Betriebswasser in erforderlicher Menge und Güte für die Versorgung der Bevölkerung, der Industrie, der Landwirtschaft, für das Verkehrswesen und alle weiteren Wassernutzer
- in der Behandlung und Ableitung von häuslichen und industriellen Abwässern und
- in der Instandhaltung der wasserwirtschaftlichen Anlagen.

Die Werktätigen in den VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung tragen eine hohe Verantwortung gegenüber der Bevölkerung und der Volkswirtschaft. Jeder Produktionsarbeiter der Betriebe trägt die Verantwortung über etwa 1 Million Grundmittelbestand.

Die Wasserversorgung von rund 80 Prozent der Bevölkerung der DDR ist durch öffentliche Wasserwerke zu jeder Zeit mengen- und qualitätsgerecht sicherzustellen, und die Abwasserreinigung des Anteiles der Bevölkerung, der an das öffentliche Kanalisationsnetz angeschlossen ist und rund 60 Prozent der Einwohnerzahl beträgt, ist ständig zu gewährleisten, damit keine volkswirtschaftlichen Schäden entstehen.

Diese Aufgaben werden immer mehr durch die zum Einsatz gelangende neue Technik, wie Spezialfahrzeuge für Betrieb und Instandhaltung der Wasserversorgungs- und Abwasserbehandlungsanlagen, Fahrzeuge für den Meß- und Prüfdienst, neue Geräte für die Instandhaltung und Instandsetzung, moderne Nachrichtenmittel usw., gelöst und erleichtern zielstrebig die heute z. T. noch körperlich schwere Arbeit.

In den kommenden Jahren werden zur weiteren Verbesserung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse in der DDR, zur Förderung des Wohnungsbaues, zur Entwicklung der Produktion der Industrie und Landwirtschaft umfangreiche neue Wasserwerke und Kläranlagen gebaut und vorhandene Anlagen rekonstruiert und rationalisiert. Die vorhandenen Anlagen sind planmäßig vorbeugend instand zu halten.

Die Erfüllung dieser Aufgaben erfordert hochqualifizierte Facharbeiter, Meister, Ingenieure und Ökonomen.

Die Bewältigung der Aufgaben im Bereich der Wasserversorgung und Abwasserbehandlung und die Profilierung des Ausbildungsberufes in Verwirklichung des Gesetzes über das einheitliche sozialistische Bildungssystem machten es erforderlich, ein neues Lehrbuch für die berufstheoretische Ausbildung der Facharbeiter im Unterrichtsfach „Technologie der Wasserwirtschaft“, das zugleich Lehrmaterial für die Erwachsenenqualifizierung ist, auszuarbeiten.

Das vorliegende Lehrbuch garantiert, daß die zu uns kommenden jungen Menschen zur Erfüllung der Aufgaben bei der Erhaltung, Bedienung und Erweiterung wasserwirtschaftlicher Anlagen zu gebildeten, qualifizierten, vielseitig einsetzbaren Fachkräften entwickelt werden. Es soll gleichzeitig dazu beitragen, sie zum neuen Denken und Handeln anzuregen und mit dem technischen Wissen, gekoppelt mit den manuellen Fertigkeiten für ihre künftige Arbeit, und mit dem Verständnis für neue Technologien auszurüsten.

Der Inhalt der Berufsausbildung und der Erwachsenenqualifizierung im Bereich der VVB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung wird bestimmt von der Gestaltung des entwickelten gesellschaftlichen Systems des Sozialismus, der Zielsetzung der wissenschaftlich-technischen Revolution, der Durchsetzung der komplexen sozialistischen Rationalisierung und der höchsten Ökonomie, der Anwendung neuer Technologien und der Meß- und Regeltechnik. Die Lernenden werden in die Lage versetzt, ihr Wissen mit dem größten Nutzeffekt für die sozialistische Gesellschaft anzuwenden.

Die VVB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung war mit der Ausarbeitung dieses Lehrbuches bemüht, jedem Mitarbeiter in der Wasserwirtschaft, besonders den Lehrlingen, die Grundlage zur Erlangung eines fundamentalen beruflichen Grundwissens zu schaffen.

Ich danke dem Autorenkollektiv, den sozialistischen Betrieben und den staatlichen Stellen für ihre Mitarbeit bei der Entwicklung dieses Lehrbuches. Möge es allen in der Berufsausbildung und bei der Erwachsenenqualifizierung im Bereich der Wasserversorgung und Abwasserbehandlung eine ständige Hilfe und Unterstützung sein.

Potsdam, im Mai 1968



Obering. Voigt  
Generaldirektor  
der VVB Wasserversorgung  
und Abwasserbehandlung

## VORWORT

Die weitere Entwicklung von Industrie und Landwirtschaft, die Entfaltung des gesellschaftlichen Lebens unserer Bevölkerung stellen an die Wasserversorgung und Abwasserbehandlung ständig höhere Anforderungen.

Neben den zu rekonstruierenden älteren Anlagen, die noch vorwiegend manuell betrieben werden, entstehen moderne Wasser- und Klärwerke, in denen die neue Technik mit hohem Nutzeffekt anzuwenden ist.

Diese Aufgaben zu meistern, verlangt von den Facharbeitern in den Betrieben ein gediegenes Grundlagenfachwissen und vielgestaltige spezielle Kenntnisse über die Technologien und Verfahrenstechniken beim Betrieb ihrer Anlagen.

Das Lehrbuch „Fachwissen für Facharbeiter in der Wasserwirtschaft“, bestehend aus drei Bänden, behandelt den Lehrstoff lehrplanbezogen für diesen neuprofilierten Beruf. Es soll den Lernenden in der Berufsausbildung und den Arbeitern in der Erwachsenenqualifizierung zur selbständigen Erarbeitung wie auch zur Festigung und Vertiefung ihres speziellen Fachwissens dienen. Den Lehrern kann es eine gute Hilfe für die Vorbereitung und Durchführung eines intensiven Unterrichts sein.

Der vorliegende Band 2 umfaßt neben einem einführenden Abschnitt solche Themenkomplexe, wie Abwasserarten, Verfahren der Abwasserableitung, Entwässerungssysteme, Abwasserreinigung und -behandlung, Geräte für den Kanalnetzbetrieb sowie Besonderheiten des Arbeitsschutzes und der Sicherheitstechnik.

Zur besseren Erarbeitung und Durchdringung des Stoffes sind in diesem Buch wichtige prinzipielle Aussagen, wie Unterscheidungsmerkmale, Vorzüge von Verfahren u. dgl., durch ein vorangestelltes kreisförmiges Symbol gekennzeichnet. Erläuterungen von Arbeitsabläufen sind durch ein vorangesetztes quadratisches Symbol hervorgehoben. Kernsätze und Gesetzmäßigkeiten wurden halbfett gedruckt.

Das Lehrbuch wurde in Zusammenarbeit mit der VVB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung entwickelt, der für die Unterstützung des Autorenkollektivs gedankt sei.

Für ihr wertvolles Mitwirken bei der Ausarbeitung des Manuskripts danken wir ebenfalls den Gutachtern, Herrn Dipl.-Ing. *Volker Zeppernick*, Dresden, und Herrn Ing. *Dieter Nowe*, Magdeburg.

Hinweise unserer Leser zur Verbesserung des Buches nehmen wir jederzeit gern entgegen.

Potsdam/Berlin, im Juni 1968

Verfasser und Lektorat

# INHALTSVERZEICHNIS

|  |    |
|--|----|
| 1. Einführung in die Abwasserbehandlung . . . . .              | 9  |
| 1.1. Organisatorische Grundlagen . . . . .                     | 9  |
| 1.2. Geschichtliche Entwicklung . . . . .                      | 10 |
| 1.3. Aufgaben und Ziele der Abwasserbehandlung . . . . .       | 13 |
| 1.4. Kreislauf des Wassers . . . . .                           | 14 |
| 2. Abwasserarten und Verschmutzungen . . . . .                 | 15 |
| 2.1. Abwasserarten . . . . .                                   | 15 |
| 2.2. Abwasserverschmutzungen . . . . .                         | 15 |
| 3. Verfahren der Abwasserableitung . . . . .                   | 19 |
| 3.1. Allgemeines über die Abwasserableitung . . . . .          | 19 |
| 3.2. Arten der Verfahren . . . . .                             | 21 |
| 3.2.1. Mischverfahren . . . . .                                | 22 |
| 3.2.2. Trennverfahren . . . . .                                | 24 |
| 3.2.3. Anwendungsbereiche der Verfahren . . . . .              | 25 |
| 3.3. Kanalisationsreinigungsverfahren und -geräte . . . . .    | 26 |
| 4. Entwässerungssysteme . . . . .                              | 32 |
| 4.1. Allgemeines über Entwässerungsnetze . . . . .             | 32 |
| 4.2. Längsnetz . . . . .                                       | 32 |
| 4.3. Quernetz . . . . .  | 32 |
| 4.4. Verästelungsnetz . . . . .                                | 36 |
| 4.5. Bezirksnetz . . . . .                                     | 37 |
| 4.6. Ring- oder Randsammlernetz . . . . .                      | 37 |
| 5. Berechnung der Abwasserablcitungsanlagen . . . . .          | 38 |
| 5.1. Abwasseranfall . . . . .                                  | 38 |
| 5.1.1. Schmutzwasseranfall . . . . .                           | 38 |
| 5.1.2. Regenwasseranfall . . . . .                             | 40 |
| 5.2. Abflußermittlung . . . . .                                | 41 |
| 5.2.1. Schmutzwasserabfluß . . . . .                           | 42 |
| 5.2.2. Regenwasserabfluß . . . . .                             | 44 |
| 5.3. Berechnung der Hydraulik in Entwässerungsnetzen . . . . . | 49 |
| 5.3.1. Gefälle der Entwässerungsleitungen . . . . .            | 49 |
| 5.3.2. Berechnung der Hydraulik in Kanälen . . . . .           | 50 |
| 6. Vorgänge bei der Abwasserreinigung . . . . .                | 52 |
| 6.1. Mechanische und chemische Vorgänge . . . . .              | 52 |

|  |     |
|--|-----|
| 6.2. Biologische und biochemische Vorgänge . . . . .   | 53  |
| 6.3. Untersuchungen des Abwassers . . . . .  | 55  |
| 6.3.1. Probennahme . . . . .   | 56  |
| 6.3.2. Physikalische und chemische Untersuchungen . . . . .  | 57  |
| 6.3.3. Biochemische Untersuchungen . . . . .   | 64  |
| 6.3.4. Bakteriologische und biologische Untersuchungen . . . . .   | 65  |
| 7. Verfahren der Abwasserbehandlung . . . . .  | 68  |
| 7.1. Mechanische Verfahren . . . . .   | 69  |
| 7.1.1. Absiebverfahren . . . . .   | 69  |
| 7.1.2. Flotationsverfahren . . . . .   | 71  |
| 7.1.3. Absetzverfahren . . . . .   | 72  |
| 7.2. Chemisch-mechanische Verfahren . . . . .  | 85  |
| 7.2.1. Flockungs- und Fällungsverfahren . . . . .  | 85  |
| 7.2.2. Neutralisationsverfahren . . . . .  | 86  |
| 7.2.3. Abwasserdesinfektion . . . . .  | 87  |
| 7.3. Biologische Verfahren . . . . .   | 88  |
| 7.3.1. Natürliche biologische Verfahren . . . . .  | 88  |
| 7.3.2. Künstliche biologische Verfahren . . . . .  | 95  |
| 7.4. Schlammfäulung . . . . .  | 106 |
| 8. Ortsveränderliche Maschinen, Geräte und Werkzeuge . . . . .   | 116 |
| 8.1. Ortsveränderliche Geräte für den Kanalnetzbetrieb (einschließlich der Abwasser-<br>pumpwerke und Kläranlagen) . . . . . | 116 |
| 8.1.1. Handwinde . . . . .   | 116 |
| 8.1.2. Motorwinde . . . . .  | 117 |
| 8.1.3. Membranpumpe . . . . .  | 118 |
| 8.1.4. Mammutpumpe . . . . .   | 120 |
| 8.1.5. Schlamm-saugwagen . . . . .   | 121 |
| 8.1.6. Bedienung, Wartung, Arbeitsschutz . . . . .   | 121 |
| 8.2. Fahrzeuge für die Abwasserbehandlung und Abwasserableitung . . . . .  | 122 |
| 8.3. Baumaschinen . . . . .  | 122 |
| 8.3.1. Bagger . . . . .  | 122 |
| 8.3.2. Durchörterungsgeräte . . . . .  | 123 |
| 8.3.3. Bodenverdichtungsgeräte . . . . .   | 123 |
| 8.3.4. Baukompressoren . . . . .   | 123 |
| 8.4. Hebezeuge und Anschlagmittel . . . . .  | 124 |
| 8.4.1. Handflaschenzüge . . . . .  | 124 |
| 8.4.2. Elektrozüge . . . . .   | 124 |
| 8.4.3. Anschlagmittel . . . . .  | 125 |
| 8.5. Instandhaltung der maschinellen Anlagen . . . . .   | 125 |
| 8.5.1. Wartung und Pflege . . . . .  | 125 |
| 8.5.2. Instandsetzung . . . . .  | 125 |
| 8.5.3. Planmäßig vorbeugende Instandhaltung (PVI) . . . . .  | 126 |
| 8.5.4. Spezialisierung in der Instandhaltung . . . . .   | 128 |
| 9. Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik . . . . .  | 130 |
| 9.1. Besondere Gefahrenquellen . . . . .   | 130 |

|   |     |
|---|-----|
| 9.1.1. Explosionsgefahr . . . . .   | 131 |
| 9.1.2. Brandgefahr . . . . .  | 131 |
| 9.1.3. Gesundheitsschädigende Stoffe . . . . .  | 131 |
| 9.2. Prüfmittel und -methoden . . . . .   | 132 |
| 9.3. Mittel des Arbeitsschutzes . . . . .   | 134 |
| 9.4. Sauberkeit, Ordnung und Sicherheit . . . . .   | 134 |
| 9.5. Wichtige Arbeitsschutz- und Brandschutzanordnungen und andere Bestimmungen . . . . . | 135 |
| <i>Literaturverzeichnis</i> . . . . .   | 137 |
| <i>Sachwörterverzeichnis</i> . . . . .  | 139 |



# 1. Einführung in die Abwasserbehandlung

Unter dem Sammelbegriff *Wasserwirtschaft* sind alle wasserwirtschaftlichen Aufgaben zu verstehen, die dazu dienen, die natürlichen Wasservorkommen zu bewirtschaften und zum Wohle der Gesellschaft zu nutzen. Hierzu gehören auch alle wasserwirtschaftlichen Maßnahmen zum Schutze des Lebens und Eigentums der Bürger und der gesellschaftlichen Produktion. Die Abwasserbehandlung ist ein Teil des Wirtschaftszweiges Wasserwirtschaft.

## 1.1. Organisatorische Grundlagen

Die Vorbereitung und Durchführung der vielfältigen Aufgaben der Wasserwirtschaft ist im sozialistischen Staat eine gesellschaftliche Aufgabe. Da diese Aufgaben nicht nur vom Wirtschaftszweig Wasserwirtschaft, sondern auch von anderen Wirtschaftszweigen geplant und durchgeführt werden müssen, die über einen beträchtlichen Teil wasserwirtschaftlicher Anlagen verfügen, ergeben sich für die staatlichen Organe Aufgaben der Koordinierung und der Kontrolle.

Im Zusammenhang mit der ausreichenden Versorgung mit Trink- und Betriebswasser und der Bereitstellung der erforderlichen Menge an Löschwasser ist für eine schadlose Ableitung und ausreichende Reinigung des verunreinigten Wassers zu sorgen.

*Diese große wasserwirtschaftliche Aufgabe hat zum Ziel, die Gesundheit der Bevölkerung zu schützen, die Verunreinigung unserer Gewässer zu verhindern und der Bevölkerung die Erholung an und auf unseren Wasserläufen zu ermöglichen.*

Die Wasserversorgung und die Abwasserbehandlung stehen in bestimmten Wechselbeziehungen zueinander und rechtfertigen die organisatorische Zusammenfassung der Aufgaben in Großbetrieben der kommunalen Wasserwirtschaft.

### Bedeutung der Abwasserreinigung

Die ständig steigende Industrialisierung und die schnelle Entwicklung des Lebensstandards der Bevölkerung erfordern eine restlose Erfassung der anfallenden Abwässer. In einigen Gebieten wirkt sich die Verschmutzung des Wassers so stark aus, daß das für die Wasserversorgung zur Verfügung stehende Wasser eingeschränkt

werden muß. Zur Bereitstellung von einwandfreiem Trinkwasser für die Menschen und für die gesellschaftliche Produktion ist es daher notwendig, daß eine ordnungsgemäße Abwasserableitung und Abwasserbehandlung vorgenommen wird.

Durch lange Zeit fehlende und später mitunter ungenügende Beachtung der gesetzlichen Bestimmungen und Anordnungen auf dem Gebiet der Abwasserbehandlung sind in den letzten Jahren der Volkswirtschaft große Schäden zugefügt worden und zum Teil erhebliche Schwierigkeiten aufgetreten.

Obwohl die Aufgaben der Abwasserbehandlung im wesentlichen technischer Art zu sein scheinen, ist eine enge Zusammenarbeit mit dem Hygieniker, Chemiker und dem Biologen notwendig.

*Das Verständnis der ineinandergreifenden physikalischen, chemischen und biologischen Vorgänge im Vorfluter und in der Kläranlage ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche und wirksame Abwasserreinigung.*

## 1.2. Geschichtliche Entwicklung

Überall dort, wo Menschen wohnen und arbeiten, fallen Schmutzstoffe an. Selbst in der einfachsten Form des Zusammenlebens von Menschen entsteht Abwasser, dessen Verunreinigung um so größer ist, je weiter die Zivilisation fortschreitet und Industrie und Landwirtschaft sich entwickeln.

Die Beseitigung der Schmutzstoffe und Abwässer bereitet nur geringe Schwierigkeiten, solange die Menschen in Einzelgehöften oder kleinen Siedlungen leben. Je dichter die menschlichen Siedlungen mit entsprechend dem gesellschaftlichen Entwicklungsstand verbesserten sanitären Verhältnissen sind und je entwickelter die Industrie ist, um so komplizierter werden Abwasserableitung und -behandlung.

### Altertum

Der Bau unterirdischer Ableitungskanäle läßt sich bis in das *Altertum* zurückverfolgen. In Babylon, Karthago, Jerusalem, insbesondere aber in den römischen Städten und in Rom selbst hat es derartige Anlagen gegeben. Eine der bekanntesten Abwasserbehandlungsanlagen ist die 3 m hohe und bis 4 m breite *Cloaca maxima* in Rom, die heute noch zum Teil erhalten ist. Mit dem Untergang des Römerreiches gingen auch die auf dem Gebiet der Abwasserableitung gesammelten Erfahrungen verloren.

Im *Mittelalter* konnte aus Mangel an Verständnis für öffentliche Gesundheitspflege kaum ein Fortschritt in der Errichtung von Kanalisationsanlagen erzielt werden. Regenwasser und Abwasser mit und ohne Fäkalien wurden in Rinnen und offenen Gräben dem nächsten Vorfluter zugeführt. Vielerorts sind diese und ähnliche Zustände bis in die heutige Zeit bestehen geblieben.

Den daraus folgenden Unzulänglichkeiten versuchte man zunächst durch Ausbau und Überwölben der Abflußrinnen zu begegnen.

*Aus dem Entstehen der Abwasserkanäle erklärt sich die Form des Querschnitts, meist ein Rechteck mit einem Tonnengewölbe.*

Der Querschnitt und das Gefälle wurden den gegebenen Verhältnissen angepaßt. Auf der breiten Sohle setzten sich die Sinkstoffe ab und faulten. Die daraus sich ergebenden Belästigungen konnten erst beseitigt werden, als reichlich Spülwasser zur Verfügung stand.

### Neuzeitliche hygienische Entwicklung

Einige verantwortungsbewußte und bedeutende Wissenschaftler, wie *Pettenkofer*, *Virchow*, *Dembor* und *Gaertner*, die die lebensgefährdenden Folgen von Verschmutzungen in den Städten erkannt hatten, forderten gesetzliche Maßnahmen zur Verbesserung der Stadthygiene zum Schutze der Volksgesundheit. Die fortschreitende Industrialisierung und die Zusammenballung der Menschen in den Städten erforderten nicht nur eine einwandfreie Trinkwasserversorgung, sondern auch eine schadlose Abwasserbeseitigung. Erst im 18. und 19. Jahrhundert wurden in unseren Städten Kanalisationsnetze und Abwasserbehandlungsanlagen gebaut. Die Abwässer wurden zum überwiegenden Teil auf landwirtschaftlich genutzten Flächen mit Erfolg verrieselt.

Die ersten geschlossenen Kanalisationsnetze wurden 1842 in Hamburg und 1856 in Paris nach den neuesten Erkenntnissen und Erfahrungen angelegt. Anstelle von Einzelkanälen traten hier einheitliche Kanalisationsnetze, deren Leitungen dem Gefälle und der Abwassermenge entsprechend berechnet waren.

### Entwicklung der mechanischen Abwasserreinigung

Die Ableitung des Schmutzwassers aus den Städten in die Gewässer brachte jedoch eine derartige Konzentration der Verschmutzung vieler Gewässer mit sich, daß deren biologische Selbstreinigung nicht mehr ausreichte.

Diese Situation stellte die Wissenschaftler vor neue Probleme. Die Frage der Abwasserreinigung mußte gelöst werden. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde deshalb nach Verfahren zur künstlichen Reinigung des Abwassers geforscht und damit das Spezialgebiet der Abwassertechnik entwickelt.

In den Anfängen der Abwassertechnik beschränkte man sich auf die natürlich-biologische Reinigungsmethode durch die landwirtschaftliche Abwasserverwertung, d. h. Verrieselung der Abwässer auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Die ursprüngliche Absicht, das Abwasser allein durch die landwirtschaftliche Verwertung, also durch eine natürlich-biologische Abwasserbehandlung, von den Vorflutern abzuhalten, war nicht überall zu verwirklichen. Man war deshalb gezwungen, Verfahren zur künstlichen Reinigung der Abwässer zu entwickeln.

Die ersten Reinigungsmethoden gegen Ende des vergangenen Jahrhunderts beruhten auf mechanischen Verfahren. Es wurden einfache Rechen- und Siebanlagen gebaut, die nur die größten Verunreinigungen zurückhielten, aber keine nennenswerte Entlastung der Vorfluter bewirkten.

Praktische Erfahrungen hatten gezeigt, daß das Abwasser am besten frisch gehalten werden kann, wenn Abwasser und Schlamm getrennt behandelt werden. Die unvermeidlichen Geruchsbelästigungen mußten beseitigt und die Qualität des entschlammten Abwassers verbessert werden.

Der *Emscherbrunnen*, als Frischwasserkläranlage von Dr. *Imhoff* im Jahre 1906 entwickelt, wurde diesen Forderungen am besten gerecht. Abwasser und Schlamm werden darin durch entsprechende Einbauten getrennt in einer zweistöckigen Absetzanlage behandelt. Mit der Einführung des Emscherbrunnens, der sich schnell allgemein durchsetzte und sich bis heute als Abwasserbehandlungsanlage bewährt hat, begann ein neuer Entwicklungsabschnitt in der Abwassertechnik.

### Entwicklung der künstlich-biologischen Reinigung

Die Verschmutzung der Gewässer ging aber nicht zurück, sondern nahm ständig zu. So begann nach 1900 die Entwicklung der künstlich-biologischen Reinigung durch *Füll-Tropfkörper* als Folge der verbesserten Wirkung der Absetzanlagen. Durch den Fortschritt im Maschinenbau begünstigt, begann dann ab 1910 die Entwicklung der Absetzanlagen mit maschinellen Schlammräumungen.

In der künstlichen biologischen Abwasserbehandlung trat etwa ab 1916 anstelle des Tropfkörperverfahrens das *Belebtschlammverfahren* in den Vordergrund. Sowohl das Tropfkörperverfahren als auch das Belebungsverfahren sind in den letzten Jahren wesentlich verbessert und wirtschaftlicher gestaltet worden.

### Die getrennte Schlammbehandlung

Die Frischschlambeseitigung durch Abpumpen in alte Kiesgruben oder Bodensenken war der ständig zunehmenden Schlammmenge wegen nicht mehr tragbar. Sie führte zu ernstlichen Belästigungen der Bevölkerung. Die ersten Versuche, den frischen Abwasserschlamm durch Ausfaulen im Volumen zu reduzieren und in der Struktur zu verändern, gehen auf das Jahr 1910 zurück.

*Langjährige Versuche ergaben eine Volumenverminderung von etwa 75 Prozent und eine Verwertung des ausgefaulten Schlammes als Dünger in der Landwirtschaft.*

Als Nebenprodukt des Faulprozesses fiel eine bedeutende Menge verwertbaren Faulgases an.

Mit dem Bau der ersten geschlossenen Betonfaulbehälter wurden ab 1916 diese Erkenntnisse praktisch verwertet.

*Die Reinigung unserer Gewässer und damit die Sicherung der Wasserversorgung für die Bevölkerung und Industrie ist vor allem von der Errichtung der erforderlichen Abwasserbehandlungsanlagen abhängig.*

### 1.3. Aufgaben und Ziele der Abwasserbehandlung

Unser Staat hat sich in der Sorge um den Menschen die humanistische Aufgabe gestellt, die Gesunderhaltung der Bevölkerung auf allen Gebieten zu fördern. Mit der Gestaltung des entwickelten gesellschaftlichen Systems des Sozialismus in der Deutschen Demokratischen Republik werden auch die großen wasserwirtschaftlichen Aufgaben gelöst. Durch das Gesetz über den Schutz, die Nutzung und die Instandhaltung der Gewässer und den Schutz vor Hochwassergefahren [1] – Wassergesetz – vom 17. April 1963 sind dazu die entsprechenden Voraussetzungen geschaffen worden.

Die Gewässer sind Volkseigentum, und die alten Rechte und Befugnisse, die dem Allgemeinwohl entgegenstehen, sind abgeschafft worden.

Auf dem Gebiet der Abwassertechnik ist der große Nachholebedarf von der gesamten Volkswirtschaft in Angriff zu nehmen. Da in Zukunft immer mehr zur Wiederverwendung des Wassers übergegangen werden muß, gewinnen die Verbesserung und die Erweiterung der Abwasserbehandlung immer mehr an Bedeutung. Die physikalischen, chemischen und biologischen Kenntnisse in der Abwasserbehandlung und die Erkenntnisse über die natürliche Selbstreinigung sind die Grundlagen für eine erfolgreiche Abwasserbehandlung.

Jedes Abwasser, gleich, ob städtisches oder industrielles, muß schließlich wieder in ein Gewässer, in der Regel in eine fließende Welle eines Vorfluters, eingeleitet werden. Wieweit eine Abwasserreinigung durchgeführt wird, richtet sich nach dem Reinigungsgrad.

*Der erforderliche Reinigungsgrad ist abhängig von der Aufnahmefähigkeit und der Belastbarkeit des Vorfluters.*

Der Reinigungsgrad, den die Abwasserbehandlungsanlage erreichen soll, und die Belastbarkeit des Vorfluters werden von der Gewässeraufsicht der zuständigen Wasserwirtschaftsdirektion in einem wasserwirtschaftlichen Gutachten festgelegt.

In der Ergänzung des Beschlusses des Ministerrates der DDR vom 12. Dezember 1963 über die Leitung und Organisation der Wasserwirtschaft vom 24. Februar 1965 werden die Räte der Kreise verpflichtet, die von dem VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung auszuarbeitenden Pläne, soweit sie ihr Territorium betreffen, zur Sicherung der gebietswirtschaftlichen Entwicklung abzustimmen.

Die Aufgaben des VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung sind in der Anordnung über die Bildung der Betriebe und dem dazu erlassenen Statut vom 23. März 1964 [2] festgelegt.

*Die Abwasserbehandlungsanlagen einschließlich der Abwasserleitungen sind in funktionsfähigem Zustand zu erhalten und planmäßig zu erweitern, entsprechend dem wissenschaftlich-technischen Höchststand und der Perspektive des Gebietes.*

Um das Entstehen zahlreicher Einzelanlagen zu vermeiden, ist in Zusammenarbeit mit dem VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung zu prüfen, ob für industrielle und häusliche Abwässer Gemeinschaftsanlagen errichtet werden können.

#### 1.4. Kreislauf des Wassers

Das auf der Erde befindliche Wasser ist zum überwiegenden Teil im Meer und in der Gesteinhülle enthalten. Nur geringe Mengen befinden sich demgegenüber in Flüssen, Seen und in der Atmosphäre (s. auch Teil I, Wasserversorgung). Als *Wolkenhülle* mindert das Wasser die Wärmeausstrahlung und ist unsichtbar in der Lufthülle der Erde enthalten. Als *Kristallwasser* baut es die festen Gesteine mit auf.

Nur vorübergehend befindet sich das Wasser an ein und demselben Ort.

Der Kreislauf besteht aus Verdunstung, Niederschlag, Versickerung und ober- und unterirdischem Abfluß.

## 2. Abwasserarten und Verschmutzungen

Einem Versorgungsgebiet wird Trinkwasser und Betriebswasser für die verschiedensten Zwecke der Nutzung zugeführt. Nach der Art der Verwendung des Wassers erfolgt auch die unterschiedlichste Art der Verschmutzung und wird als Abwasser wieder abgeleitet.

### 2.1. Abwasserarten

Nach der Art der Verschmutzung und der Herkunft unterscheiden wir folgende Arten des Abwassers:

- häusliches Abwasser
- gewerbliches und industrielles Abwasser
- Niederschlagswasser (Regenwasser)

*Häusliches Abwasser* ist das in den Haushaltungen anfallende Abwasser. Die Verschmutzung erfolgt durch die Fäkalien in den Spülaborten und durch die Wasch-, Bade- und Spülwässer.

*Die Art der Verschmutzung des häuslichen Abwassers ist im wesentlichen gleichbleibend.*

*Die Konzentration der Verschmutzung ist dagegen abhängig von dem Lebensstandard und den Wohnverhältnissen.*

In der DDR bezeichnen wir häusliches Abwasser als normal verschmutzt, wenn der Wasserverbrauch in den Haushaltungen bei etwa 120 Liter pro Einwohner und Tag (l/Ed) liegt. Bei unseren Verhältnissen ist dieser Wert etwa als Mittelwert zu betrachten. Bei einer Wohnung mit einer Badeeinrichtung und Warmwasseraufbereitung ist dementsprechend auch der Abwasseranfall größer, und man spricht von *dünnem* Abwasser. Bei einer stärkeren Konzentration spricht man von *dickem* Abwasser.

*Gewerbliches und industrielles Abwasser* weisen nach ihrer Herkunft und nach der Technologie der Produktionsstätten eine *unterschiedliche Verschmutzung* auf. Die Verunreinigungen können infektiös bzw. chemischer Art sein, so daß sie bei ihrer Ableitung in die öffentliche Kanalisation eine Gefahr für den Menschen und für die Anlagen bedeuten.

*Gewerbliche und industrielle Abwässer müssen vor ihrer Einleitung in die öffentliche Kanalisation entgiftet bzw. neutralisiert werden.*

*Häusliche, gewerbliche und industrielle Abwässer werden unter einem Sammelbegriff zusammengefaßt und als Schmutzwasser bezeichnet.*

Als *Niederschlagswasser* wird das Wasser bezeichnet, das durch Regen bzw. Tauwetter anfällt und der Kanalisation zugeleitet wird.

Durch die Entwässerung von befestigten Flächen, wie Dächer, Straßen und Plätze, werden Schmutzstoffe verschiedenster Art und Menge mit abgeschwemmt und verursachen eine starke Verunreinigung des Niederschlagswassers. Die Ableitung erfolgt über Rinnen, Straßeneinläufe und sonstige Abläufe in die Kanalisation. Das hier anfallende Abwasser wird auch als Regenwasser bezeichnet.

## 2.2. Abwasserverschmutzungen

Die *Schmutzstoffe* des Abwassers werden untergliedert in organische und mineralische Stoffe.

Als *organisch* werden die Stoffe bezeichnet, die beim Ausglühen verbrennen. Es sind die für die Behandlung des Abwassers und des Abwasserschlammes wichtigen Stoffe, denn sie zersetzen sich sehr schnell, gehen in Fäulnis über und beeinflussen die Güte des Abwassers.

Als *mineralisch* werden die Stoffe bezeichnet, die als Aschereste verbleiben bzw. als Kies und Sand im Abwasser mitgeführt werden.

*Abwasser soll möglichst frisch erhalten werden und nicht angefault sein.*

Fauliges Abwasser enthält Schwefelwasserstoff, verursacht Geruchsbelästigungen und ist wegen der Entwicklung von Gasen eine große Gefahr für die Menschen. Fauliges oder angefaultes Abwasser ist schwerer zu behandeln als frisches Abwasser.

### Industrielle Verschmutzung

Die ständige Entwicklung neuer technologischer Prozesse in unserer Wirtschaft stellt auch an die Abwassertechnik in bezug auf die Reinigung gewerblicher und industrieller Abwässer immer größere Anforderungen. Die Belastung der Gewässer in der DDR mit Abwasserstoffen verteilt sich nach Dr. *Randolf* [3] etwa zu 30 Prozent auf häusliche Abwässer und zu 70 Prozent auf Abwässer gewerblichen und industriellen Ursprungs. Ein großer Teil des industriellen Abwassers wird von den Industriebetrieben in industriellen Abwasserbehandlungsanlagen gereinigt oder aber teilweise ohne Vorbehandlung direkt dem Vorfluter zugeleitet. Zum Schutze der Bevölkerung und der Volkswirtschaft sowie zur Verhinderung einer schädlichen Beeinflussung der Gewässer sind die Industriebetriebe verpflichtet, nach § 20 des Wassergesetzes vom 17. April 1963 (GBl. I, Seite 77) Abwasserreinigungsanlagen entsprechend der „Anordnung über



die Behandlung von industriellen Absetzanlagen“ vom 15. Juli 1965 (GBl. III, Nr. 17) zu errichten und zu betreiben [4].

*Der Anteil des in die öffentliche Kanalisation abgeleiteten industriellen Abwassers ist relativ gering und beträgt gegenwärtig im Jahresdurchschnitt 34 Prozent, gemessen an der gesamten abgeleiteten Trockenwetterabflussmenge.*

Die Verunreinigung der gewerblichen und industriellen Abwässer ist vielfältiger Natur, so daß der Behandlung derartiger Abwässer zum Schutze der Gewässer besondere Bedeutung zukommt.

Unter den Abwässern aus der Produktion gibt es die beiden Gruppen der *vorwiegend organisch* und der *überwiegend anorganisch* verschmutzten Abwässer.

*Die gemeinsame Behandlung industrieller Abwässer mit häuslichem Abwasser kann zweckmäßig sein, wenn der Betrieb der zentralen Kläranlage dadurch nicht gestört wird.*

Unter bestimmten Voraussetzungen ist sogar die Mischung industrieller und häuslicher Abwässer die einzige sichere und wirtschaftliche Art zur Reinigung bestimmter Industrieabwässer. Das trifft im wesentlichen auf solche Abwässer zu, die biologisch abbaufähig sind. Sie dürfen dann jedoch keine Giftstoffe enthalten, die den biologischen Prozeß stören oder sogar zum Erliegen bringen. Daher ist die Einleitung gewerblicher und industrieller Abwässer in die öffentliche Kanalisation ständig zu überwachen (s. hierzu die Abwassereinleitungsbedingungen).

Das Industrieabwasser, das in die Kanalisation abgeleitet wird, soll auch nur soweit vorbehandelt werden, wie es zum Schutze der Werktätigen vor gesundheitlichen Gefahren und zur Aufrechterhaltung eines störungsfreien Klärbetriebes notwendig ist. Eine weitergehende Vorbehandlung wäre volkswirtschaftlich falsch, da die weitere Reinigung des Abwassers in zentralen Kläranlagen mit wesentlich geringeren Kosten und größerer Betriebssicherheit erfolgt.

### Einleitungsbedingungen

*Eine Vorbehandlung des in eine öffentliche Kanalisation einzuleitenden Abwassers ist notwendig zur Entgiftung und Neutralisation, um explosible und betäubende Stoffe, Öle und Fette zurückzubehalten.*

Weiterhin ist das Zurückhalten eventuell anfallender radioaktiver Substanzen und schädliche Gase bildender Stoffe sowie Abwässer mit Temperaturen größer als 35 °C notwendig. Die Benutzung der Entwässerungsanlagen ist in TGL 10698 Blatt 5 (Ausgabe April 1962) „Entwässerung von Grundstücken“ festgelegt.

In der Industrie und vor allem in den metallverarbeitenden Betrieben ist in letzter Zeit die Verwendung von Ölemulsionen stark angestiegen, wodurch der Anfall ölhaltiger Abwässer vergrößert wird.

### Vorbehandlung industrieller Abwässer

Entsprechend dem Verschmutzungsgrad, der Art der Verschmutzung, der Konzentration und den festgelegten Grenzwerten des gewerblichen bzw. industriellen Abwassers sind vor der Einleitung in eine öffentliche Kanalisation Vorbehandlungen erforderlich bei

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| Treibstoffen                         | in Benzin- und Leichtstoffabscheidern (TGL 11399) |
| Säuren und Laugen                    | in Neutralisationsanlagen                         |
| Giftstoffen                          | in Entgiftungsanlagen (TGL 11079)                 |
| nicht emulgierten<br>Ölen und Fetten | in Öl- und Fettabscheidern                        |
| emulgierten Ölen und<br>Fetten       | in Emulsionsspaltungs- und Trennungsanlagen       |

Darüber hinaus sind für bestimmte typische industrielle Abwässer geeignete Vorbehandlungsverfahren anzuwenden, die auf die Zerstörung, Abscheidung oder Wiedergewinnung von Inhaltsstoffen ausgerichtet sind. Eine weiterreichende Behandlung der industriellen Abwässer ist meist notwendig, wenn das Abwasser nicht in einer zentralen Kläranlage zusammen mit häuslichem Abwasser gereinigt, sondern direkt in ein Gewässer eingeleitet wird.

### Aufgaben

1. Beschreiben Sie die verschiedenen Arten des Abwassers nach ihrer Herkunft und ihrer Verschmutzung!
2. Was ist unter organischen und mineralischen Inhaltsstoffen des Abwassers zu verstehen?
3. Welche Stoffe dürfen nach TGL nicht in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden?

### 3. Verfahren der Abwasserableitung

Die Beseitigung des Abwassers aus den Wohngebieten und aus den Industrie- und Gewerbegrundstücken ist die Aufgabe der Abwasserableitung.

Die Ableitung des Abwassers kann im Trenn- oder Mischsystem und in der Kombination beider Verfahren erfolgen.

#### 3.1. Allgemeines über die Abwasserableitung

Um das Abwasser so schnell und so vollkommen wie möglich aus dem Bereich der menschlichen Siedlung zu entfernen, werden *Entwässerungsnetze* (Kanalisationen) zur Ableitung der anfallenden Abwässer und Niederschlagswässer vorgesehen. Verkehrstechnische, hygienische und ästhetische Gesichtspunkte erfordern die unterirdische Sammlung und Ableitung der in den Siedlungen, Städten, Gewerbe- und Industriebetrieben anfallenden Abwässer. Nur in Sonderfällen kann unter Beachtung der vorerwähnten Gesichtspunkte eine oberirdische Ableitung erfolgen.

*Der Aufbau und die Entwicklung eines Entwässerungsnetzes werden – unabhängig von den vorzusehenden Entwässerungsverfahren – von der Grundrißform und der Größe des Einzugsgebietes sowie seiner Geländegestaltung bestimmt.*

Die Grundrißform eines Entwässerungsnetzes ergibt sich durch die Führung der Straßen im Entwässerungsgebiet.

*Die Anlage eines Entwässerungsnetzes muß gewährleisten, daß das Abwasser auf dem kürzesten Weg zur Kläranlage abgeleitet werden kann.*

Die Kanalisationsstraße richtet sich dabei im wesentlichen nach dem Geländegefälle.

Im Kanalnetz werden unterschieden:

Anschlußleitung, Nebensammler und Hauptsammler.

Die *Anschlußleitung* beginnt an der Übergabestelle des Grundstücks, meist einem Kontrollschacht nahe der Grundstücksgrenze, und endet im Kontrollschacht des Nebensammlers.

*Die Anschlußleitung nimmt das anfallende Abwasser eines Grundstückes auf und führt es in natürlichem Gefälle dem Nebensammler zu.*

Der *Nebensammler*, im Regelfall in der Mitte der öffentlichen Straße verlegt, beginnt

am letzten Grundstück einer zum Entwässerungsgebiet gehörenden Straße und endet am Kontrollschacht im Hauptsammler.

*Der Nebensammler übernimmt das ihm durch die einzelnen Anschlußleitungen zugeführte Abwasser und führt es dem Hauptsammler zu.*

Der *Hauptsammler* leitet das ihm durch alle Nebensammler zugeführte Abwasser der Abwasserbehandlungsanlage zu.

Das gesamte Entwässerungsnetz ist so anzulegen, daß die Ableitung des Abwassers nach Möglichkeit in natürlichem Gefälle erfolgen kann. Überpumpwerke sollen vermieden oder auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

An den Einmündungsstellen der Anschlußleitungen in dem Nebensammler werden Einstiegsschächte bzw. bei großen Rohrdurchmessern Vereinigungsbauwerke als Sonderbauwerke angelegt.

*Durch die Anordnung der Schächte werden die Sammler in Teilstrecken unterteilt.*

Die Abwasserleitung zwischen zwei Einstiegsschächten wird als *Haltung* bezeichnet. Die Länge einer Haltung entspricht daher zunächst einer Baublocklänge. Mit Rücksicht auf die Instandhaltung des Entwässerungsnetzes und der erforderlichen Be- und Entlüftung soll die Höchstentfernung bei nicht begehbaren Leitungen etwa 60,0 m nicht überschreiten. Zwischenschächte sind immer anzuordnen, wenn die Schachtentfernung das Höchstmaß übersteigt bzw. die Geländeverhältnisse die Änderung des Leitungsgefälles oder die Änderung der Höhenlage der Leitung erforderlich machen.

Die Abwasserleitung ist von Schacht zu Schacht geradlinig und mit gleichbleibendem Gefälle auszuführen. Außerdem ist mit Rücksicht auf die Instandhaltung innerhalb einer Haltung ein gleichbleibender Querschnitt vorzusehen.

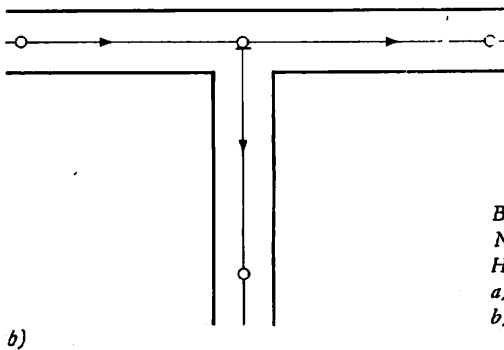
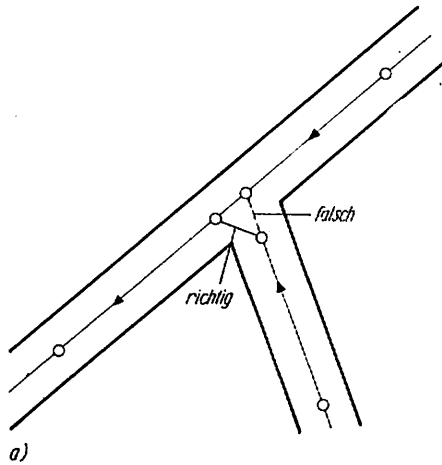
Vom Amt für Wasserwirtschaft wurden in den Projektierungsrichtlinien [5] die *Schachtentfernungen* für Abwasserleitungen wie folgt festgelegt:

|   |             |
|---|-------------|
| bei nichtbegehbaren Leitungen, Durchmesser 200 bis 500 mm | bis 50,0 m, |
| bei nichtbegehbaren Leitungen, Durchmesser über 500 mm    | bis 60,0 m, |
| bei begehbaren Leitungen                                  | bis 80,0 m. |

*Die Einmündung der Anschlußleitungen in den Nebensammler sowie der Nebensammler in den Hauptsammler darf nicht gegen die Fließrichtung erfolgen.*

Der spitze Winkel, wie im Bild 1a dargestellt, ist durch eine Zwischenleitung in zwei stumpfe Winkel abzuwandeln. Am Anfang einer Abwasserleitung muß stets ein Einstiegsschacht angeordnet werden. Eine Leitung soll daher nie zwischen zwei Schächten beginnen, sondern führt, wie im Bild 1b dargestellt, bis zum oberen Schacht, selbst wenn im oberen Teil dieser Leitung keine Anschlüsse vorhanden sind.

Eine vollkommene Entwässerung ist vorhanden, wenn Schmutzwasser, Fäkalwasser, Industrierwasser und auch Regenwasser in einem unterirdischen Entwässerungssystem gesammelt und abgeleitet werden.



*Bild 1. Leitungsführung der  
Nebensammler in den  
Hauptsammler  
a) spitzwinklige Leitungseinmündung  
b) Ende einer Leitung (Hochpunkt)*

Während das Regenwasser in Kanälen abgeleitet wird, werden die Fäkalien in Gruben gesammelt und abgefahren, also nicht mit abgeschwemmt.

### 3.2. Arten der Verfahren

In der vollkommenen und in der unvollkommenen Entwässerung sind verschiedene Ausbildungen möglich, je nachdem, ob das Regenwasser mit dem Schmutzwasser gemeinsam oder getrennt in eigenen Leitungen abgeführt wird.

Die Wahl des Verfahrens, Misch- oder Trennverfahren, ist von den örtlichen Verhältnissen, von wirtschaftlichen Erwägungen sowie von den Anforderungen für die Reinhaltung der Vorfluter abhängig.

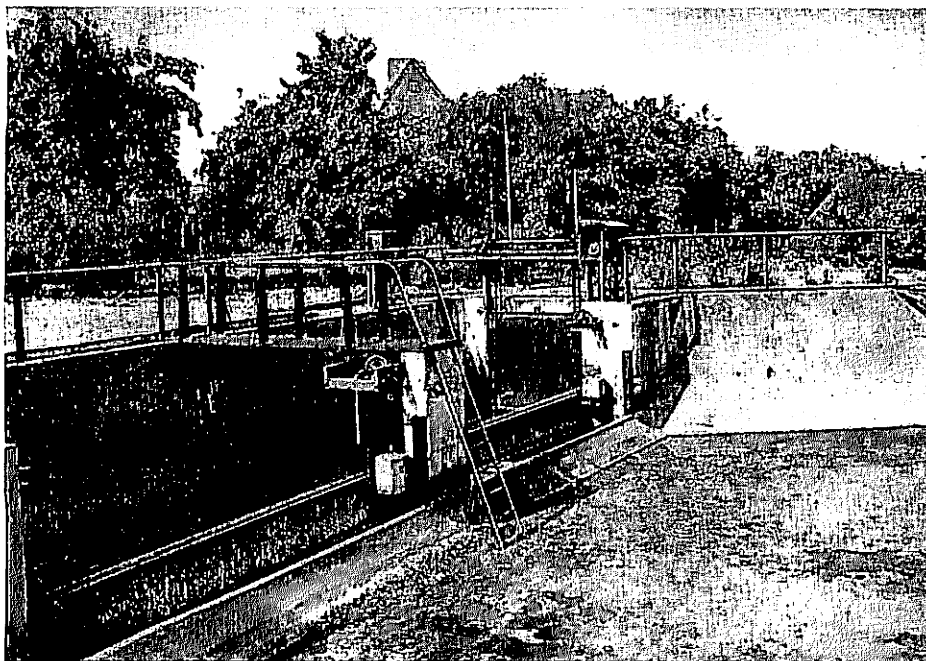
### 3.2.1. Mischverfahren

*Beim Mischverfahren wird das Regenwasser mit allen übrigen Abwässern in einer gemeinsamen unterirdischen Entwässerungsleitung abgeleitet.*

Bei der Bemessung des Rohrquerschnittes müssen die maximalen Abflußschwankungen berücksichtigt werden. Diese können sehr erheblich sein, und zwar kann die Regenwassermenge den 50- bis 60fachen Betrag der Schmutzwassermenge erreichen. Bestimmend für die Querschnittsausbildung der Rohre ist daher die Regenwassermenge.

Würde die gesamte Regenwassermenge bis zur Kläranlage in den Leitungen mitgeführt, so erhielten die Hauptsammler Abmessungen, deren Unterbringung im Straßenquerschnitt unmöglich wäre. Außerdem ergäben sich für die Kläranlage Abmessungen, die nicht nur im Kostenaufwand, sondern auch im Betrieb unwirtschaftlich wären.

Um den Hauptsammler zu entlasten, werden Regenauslässe oder Überläufe angeordnet, über die ein Teil des Regenwassers dem Vorfluter direkt zugeleitet wird (Bild 2). Das Regenwasser wird daher einem oder mehreren Vorflutern über eine größere Entfernung verteilt übergeben (Bild 3). In den Regenauslässen ist keine Trennung der Regenwässer von den stärker verschmutzten Abwässern mehr möglich. Dem Vorfluter fließt daher über den Regenauslaß ein Gemisch von Schmutz- und Regenwasser zu.



*Bild 2. Mischverfahren*



Bild 3. Versickerung des Regenwassers

Die Verschmutzung des Ablaufes ist um so weniger konzentriert, je größer die Regenwassermenge ist, die im Hauptsammler weiter mitgeführt wird.

Diese Verdünnung wird durch ein bestimmtes mengenmäßiges Verhältnis von Schmutzwasser zu Regenwasser festgelegt. Die üblichen Verdünnungsverhältnisse sind  $1 + 2$ ,  $1 + 3$ , oder  $1 + 4$ , d. h. 1 Teil Schmutzwasser zu 2, 3 oder 4 Teilen Regenwasser. Man spricht dann von einer 3-, 4- oder 5fachen Verdünnung. Das Verdünnungsverhältnis kann, abhängig von der Belastbarkeit des Vorfluters, auch wesentlich größer sein, z. B.  $1 : 9 = 10$ fach.

Beim Mischverfahren ist immer eine Reihe von Regenüberläufen notwendig, durch die das Kanalnetz entlastet und Mischwasser in den Vorfluter abgestoßen wird. Regenüberläufe sind unliebsame Einleitungsstellen in den Vorfluter, besonders dann, wenn sie nicht einwandfrei berechnet und hydraulisch richtig angelegt sind. Andererseits muß berücksichtigt werden, daß die in großen Mengen von Plätzen, Straßen und Wegen abgespülten Schmutzstoffe zur Kläranlage abgeschwemmt werden, bevor das festgelegte Verdünnungsverhältnis erreicht wird und die Regenüberläufe in Tätigkeit treten. Das in den ersten 15 min abfließende Regenwasser kann die Konzentration eines mittleren Abwassers erreichen. Demgegenüber bestehen bei Trockenwetter ungünstige hydraulische Verhältnisse, da dann nur das Schmutzwasser abzuleiten ist.

Bereits bei der Projektierung ist zu beachten, daß die Mindestfließgeschwindigkeiten

und die Mindestfüllhöhen eingehalten werden, damit es im Kanal nicht zu Ablagerungen kommt, die abflußbehindernd wirken.

Die Grundstücke erhalten eine Anschlußleitung, durch die die Schmutzwässer mit den Regenwässern der Dach- und Hofflächen gemeinsam der Straßenleitung (Nebensammler) zugeführt werden. Die Tieflage dieses Anschlusses richtet sich nach der Lage des tiefsten zu entwässernden Kellerraumes. Die Straßenleitung muß so tief gelegt werden, daß sie bei maximaler Wasserführung die Keller entwässern kann.

- Die Baukosten für das nach dem Mischverfahren errichtete Kanalnetz sind meist geringer als die für das Trennverfahren. *Die Betriebs- und Instandhaltungskosten sind bei ungünstigen örtlichen Verhältnissen gleich denen beim Trennverfahren und können unter Umständen sogar noch größer sein.*

Die Wahl des Mischverfahrens ist also im wesentlichen eine von den örtlichen Verhältnissen abhängige Frage der Wirtschaftlichkeit.

### 3.2.2. Trennverfahren

*Beim Trennverfahren wird das Regenwasser unabhängig vom Schmutzwasser abgeführt.*

Die Wasserführung in den Schmutzwasserleitungen ist nur geringen Schwankungen unterworfen. Die Regenwasserleitungen werden so angelegt, daß sie das Regenwasser auf dem kürzesten Wege dem Vorfluter zuleiten.

*Da das Regenwassernetz im Gegensatz zum Schmutzwassernetz kein geschlossenes System zu sein braucht, sind die Regenwasserleitungen kürzer.*

Die Belastung der Schmutzwasserleitungen und der Kläranlage ist bei Trockenwetter bei beiden Verfahren die gleiche. Beim Trennverfahren werden die Schmutzwasserleitung und die Kläranlage auch beim Regenwasserabfluß nicht stärker belastet, so daß für ihre Dimensionierung lediglich der maximale Schmutzwasserabfluß maßgebend ist.

Die Ausführung der doppelten Hausanschlüsse für Regen und Schmutzwasser ist im allgemeinen nicht besonders schwierig oder nachteilig. Dagegen hat die Trennung der Schmutzwasserleitung von der Regenwasserleitung den Vorteil, daß die Regenwasserleitung unabhängig von der Kellerentwässerung in geringerer Tiefe verlegt werden kann. Maßgebend ist dann lediglich die erforderliche Mindestüberdeckung der Leitung, die je nach den örtlichen Verhältnissen mit 0,80 bis 1,20 m über den Rohrscheitel angenommen werden kann. Die Regenwasserleitung kann hierbei auch ein stärkeres Gefälle erhalten als die Straßenoberfläche bzw. die Schmutzwasserleitung, so daß an Querschnittsfläche gespart werden kann. Wenn dadurch die Leitung streckenweise nicht einwandfrei frostsicher verlegt ist, so ist das erfahrungsgemäß unbedenklich, da eine starke örtliche Abkühlung der Luft im Rohr durch die ausgleichende Wirkung des Gesamtnetzes verhindert wird. Der Abflußquerschnitt ist bei der Schmutzwasserleitung der abzuführenden gleichmäßiger anfallenden Abwassermenge besser angepaßt, so daß Ablagerungen in den Haltungen weitgehend vermieden werden.



Das Trennverfahren erfordert für das Kanalnetz und die Grundstücksentwässerung im allgemeinen einen höheren Aufwand an technischen Mitteln, während die Ausgestaltung der Reinigungsanlage billiger ist, besonders dann, wenn das Abwasser zum Zwecke der Reinigung gehoben werden muß.

### 3.2.3. Anwendungsbereiche der Verfahren

Aus den grundsätzlichen Erläuterungen zum Misch- und Trennverfahren geht hervor, daß beide Vor- und Nachteile haben, die vor der Anwendung des einen oder anderen Verfahrens zu prüfen und in Erwägung zu ziehen sind. Es ergeben sich dabei Gesichtspunkte technischer und wirtschaftlicher Art.

#### ■ *Technische Gesichtspunkte*

Beim *Mischverfahren* muß der gemeinsame Sammler für Schmutz- und Regenwasserabfluß nach dem maximalen Regenwasserabfluß plus Schmutzwasserabfluß bemessen werden. Da das Verhältnis von max. Schmutz- und Regenwasserabfluß etwa 1 : 50 bis 1 : 60 beträgt, wird sich bei nicht entlasteten Leitungen ein sehr ungünstiges Verhältnis zwischen der minimalen und maximalen Füllung eines Rohres ergeben. Zur Verhinderung von Ablagerungen im Rohr sollen eine Fließgeschwindigkeit von mindestens 0,60 m/s und eine Schwimmtiefe von mindestens 4 bis 6 cm vorhanden sein. Diese Bedingungen bereiten oft Schwierigkeiten, die bei Sammlern durch die Verwendung von Eiprofilen anstelle von Kreisprofilen zu überwinden sind.

Beim *Trennverfahren* mit unterschiedlicher Ableitung des Schmutz- und Regenwassers sind zwei Leitungen zu verlegen. Die Unterbringung beider Leitungen im Straßenquerschnitt bringt oft, vor allem bei alten, dicht bebauten Städten mit engen Straßen, große technische Schwierigkeiten.

Ein besonderer Vorteil des Trennverfahrens ergibt sich aus der teilweisen oder ganzen oberirdischen Ableitung des Regenwassers. Durch die Einsparung des unterirdischen Regenwassernetzes ergibt sich eine wesentliche Vereinfachung der Anlagen, die besonders in kleinen Städten mit enger Bebauung bedeutend sein kann. Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß auch Straßenrinnen und Mulden, die zur Ableitung des Regenwassers angelegt werden müssen, vor allem an den Straßenkreuzungen beim Bau und bei der Instandhaltung Schwierigkeiten bereiten können.

#### ■ *Wirtschaftliche Gesichtspunkte*

Die Baukosten eines Entwässerungsnetzes sind beim Trennverfahren höher als beim Mischverfahren, da sich die Regenleitungen des Trennverfahrens in der Dimension wenig von der Leitung des Mischwasserverfahrens unterscheiden. Die Kosten für die Schmutzwasserleitung und für die doppelten Anschlußleitungen, Schächte usw. fallen zusätzlich an. Kann jedoch den örtlichen Verhältnissen entsprechend das Regenwasser in kurzen Leitungen dem Vorfluter zugeführt werden, dann werden dadurch die Durchmesser der Leitungen kleiner gegenüber den Leitungen des Mischwasserverfahrens. Der Vorteil ist dann auf der Seite des Trennverfahrens. Es kann somit nach

keinem der Gesichtspunkte von vornherein dem einen oder dem anderen Verfahren der Vorzug gegeben werden.

Vor der Aufstellung eines Entwässerungsprojektes muß daher bereits eine Vergleichsuntersuchung aufgestellt werden, wodurch auf Grund der örtlichen Verhältnisse und der zukünftigen Entwicklung des Entwässerungsgebietes die günstigste Lösung in hygienischer, technischer und wirtschaftlicher Hinsicht ermittelt werden muß.

Unter Berücksichtigung der heutigen städtebaulichen Entwicklung mit dem Bestreben, die Stadtkerne aufzulockern und die Stadtrandgebiete weiträumig zu bebauen, erhält das *kombinierte Verfahren*, in dem die Vorteile beider Verfahren vereinigt sind, eine besondere Bedeutung. Die Innenstadtgebiete unserer Städte sind jedoch in der Regel nach dem Mischverfahren entwässert.

Ganz gleich, ob bei Neubauten oder Erweiterungen, ist für die weiträumig bebauten, mit Grünflächen versehenen Randgebiete die Anwendung des Trennverfahrens meistens wirtschaftlich. Hierbei wird das Schmutzwasser abgeleitet, so daß bei vorhandenen Rohrnetzen unnötige zusätzliche Belastungen vermieden und bei Neubauten kleinere Rohrquerschnitte erreicht werden. Das Oberflächenwasser (Regenwasser) aus diesen weiträumig bebauten Wohngebieten mit großen Grün- und Freiflächen ist verhältnismäßig gering verschmutzt und kann in vielen Fällen sogar oberirdisch in Gräben direkt in den Vorfluter eingeleitet werden.

Aber auch diese Möglichkeit läßt sich nicht verallgemeinern. Es ist auch hier in jedem Falle notwendig, Ermittlungen und Berechnungen durchzuführen, bevor eine Entscheidung gefällt wird.

### 3.3. Kanalisationsreinigungsverfahren und -geräte

Die Kanalisation, bestehend aus Schmutz-, Regen- und Mischwasserleitungen, soll so projektiert und gebaut werden, daß sie sich möglichst durch einwandfreie Abschwemmung selbst reinhält. Das gelingt jedoch nur in den wenigsten Fällen.

*Die Abwasserleitungen müssen deshalb gereinigt werden, das heißt, es müssen die abgelagerten Sinkstoffe, Verfettungen, Verkrustungen und sogar Verstopfungen und Verwurzelungen rechtzeitig beseitigt werden.*

Geschieht das nicht oder nur unzureichend, so treten in der Abwasserleitung oder auch in den angeschlossenen Grundstücken Störungen ein. Die Folge davon sind Schäden und Gefahren für den Menschen, aber auch für die Abwasserleitungen, sowie erhöhte Kosten für die Reinigung der Leitungen und damit für die gesamte Abwasserbehandlung.

Die wichtigsten Methoden zur Reinigung der Abwasserleitungen sind:

- die Kanalspülung,
- das Durchzugverfahren von Hand und mittels Motorwinde,
- das Hochdruckspülverfahren und
- das Niederdruckspülverfahren

### Kanalspülung

*Das Wesen der Kanalreinigung durch Spülung besteht darin, große Wassermassen schlagartig in die zu reinigende Haltung abzulassen, um durch die Kopfwehle den abgelagerten Schlamm aufzuwirbeln und mit Hilfe der großen Wassermengen und Wassergeschwindigkeiten die Sinkstoffe zu transportieren.*

Zum Anstau des Wassers werden Stauvorrichtungen in den Einstiegschächten vorgesehen. Die hierzu notwendigen Wassermengen werden durch das angestaut Abwasser, gelegentlich durch besondere Spülleitungen aus Vorflutern oder aus Spülbehältern gewonnen. In ungünstigen Lagen wird auch Reinwasser aus dem Versorgungsnetz der Kanalisation zugeleitet.

### Durchzugverfahren

*Beim Durchzugverfahren werden mittels Hand- oder Motorwinden Reinigungsgeräte der verschiedensten Arten durch die Haltungen von Schacht zu Schacht gezogen.*

Zuvor müssen Verbindungen von Schacht zu Schacht geschaffen werden, um das Zugseil durch die zu reinigende Haltung zu bringen.

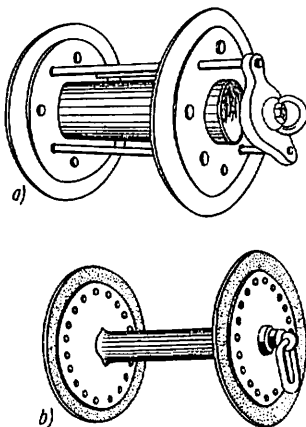
Bei der Anwendung des Durchzugverfahrens werden u. a. folgende Geräte verwendet:

*Spezialreinigungsbürsten, Spiralreinigungsbürsten, Gummischeidenapparat, einfacher Doppelscheibenapparat mit Rollen, Holzdurchzuggerät, Gerlachscher Zugspüler (Bild 4).*

Zur Beseitigung von Verwurzelungen in den Haltungen gibt es: *verstellbare Wurzelschneider, Wurzelschneider mit Spüldüsen* sowie den *Wurzeltreiber*, die ebenfalls mittels Kanalwinde durch die Haltung gezogen werden (Bild 5).

*Das Ziehen der Reinigungsgeräte erfolgt jeweils in Fließrichtung.*

Dabei werden die Reinigungsgeräte rückwärtig durch ein Führungsseil gesichert, d. h., für eine Reinigungskolonie sind zwei Kanalwinden erforderlich.



*Bild 4. Geräte für das Durchzugverfahren in Abwasserkanälen*

*a) Doppelscheiben-Durchzugsgerät*

*b) Doppelscheibengerät mit mittlerer Spülung (Gerlach)*

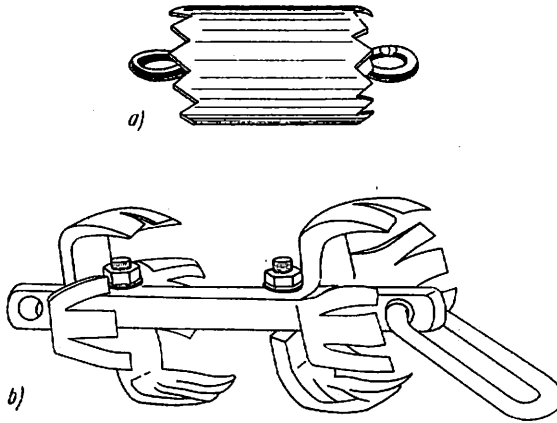


Bild 5. Geräte  
zur Beseitigung  
von Verwurzelungen  
a) Wurzelschneider  
b) Wurzelreißer

- Durch eine Umlenkrolle, die im Einstiegschacht befestigt werden muß, erfolgt die Umlenkung der horizontalen Zugrichtung in der Haltung auf die vertikale Zugrichtung zur Kanalwinde, die über dem Einstiegschacht steht.
- Die bis zum Einstiegschacht transportierten Sinkstoffe werden mittels Eimer und Winde bzw. von Hand zutage gefördert.

Der Arbeitsgang bei dieser Methode ist sehr aufwendig und mit körperlich schwerer Arbeit verbunden. Die Kanalarbeiter kommen dabei mit dem Abwasser und dessen Inhaltstoffen ständig in Berührung. Hier ist strengste Sauberkeit als Infektionsschutz geboten! Außerdem ist das Einsteigen in die Schächte zum Anbringen der Seilführungsrolle und zur Förderung der Sinkstoffe gefährvoll.

- Nach jeder Reinigung einer Haltung erfolgt das Umsetzen der beiden Kanalwinden.

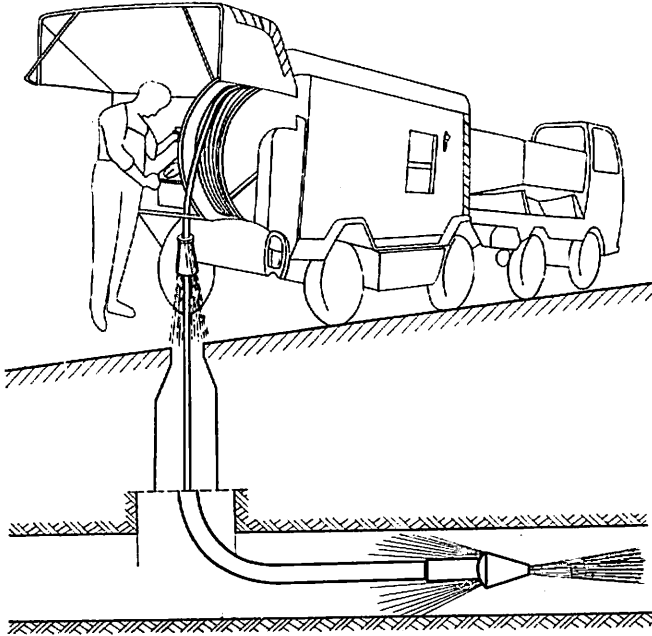
### Hochdruckspülverfahren

Das Hochdruckspülverfahren wurde in den letzten Jahren entwickelt und als mechanisiertes Reinigungsverfahren eingeführt.

Das *Hochdruckspülgerät* (Bild 6) besteht aus:

- zwei Stück Hochdruckpumpen, die auf einen fahrbaren Untersatz montiert sind,
- dem Antriebsmotor (Diesel),
- der Schlauchhaspel mit etwa 80 m Hochdruckschlauch und Spüldüse,
- einem stufenlosen Rückholgetriebe,
- einer Spritzpistole zum Reinigen der Einstiegschächte und dem Wassertank, der auf der Zugmaschine montiert ist.

Die gesamte Bedienungseinrichtung für den Spülvorgang befindet sich an der rechten Seite des Gerätes.



*Bild 6. Anwendung des Hochdruckspülgeräts*

- Ist das Gerät in Arbeitsstellung gebracht (d. h., der auf der Haspel aufgerollte Hochdruckschlauch befindet sich dann über dem Einstiegschacht), so wird der Kanaldeckel geöffnet.
- Der Hochdruckschlauch wird mittels Stahlrohre, an deren unterem Ende sich Umlenkrollen befinden, von oben (ohne den Schacht zu besteigen) in die zu reinigende Haltung eingeführt.
- Nachdem der Wasseranschluß zu den Pumpen hergestellt wurde, kann das Gerät angefahren werden.
- Nach Anlassen des Motors arbeitet sich der Hochdruckschlauch bei 40 bis 50 at Überdruck infolge des Wasserrückstoßes der Düse in die zu reinigende Kanalhaltung entgegen der Fließrichtung voran. Hierbei werden gleichzeitig die Sinkstoffe gut aufgelockert und die Rohrwandungen durch die auftretenden Wasserstrahlen gesäubert.
- Nachdem die Haltung durchfahren ist, wird der Hochdruckschlauch mit Hilfe des Rückholbetriebes langsam zurückgeholt. Das aus der Düse weiter unter hohem Druck ausstrahlende Wasser spült die bereits gelockerten Sinkstoffe zum unteren Einstiegschacht. Je nach Verschmutzung kann die Rückholegeschwindigkeit reguliert werden.

- Die bis zum Einstiegschacht transportierten Sinkstoffe werden hier mittels Saugwagen oder Eimer zutage gefördert.

Bei stark verschmutzten Leitungen, vor allem bei starken Sandablagerungen, kann es erforderlich werden, den Arbeitsgang zu wiederholen. Ist die Haltung sauber, dann wird das Gerät zur nächsten Haltung umgesetzt.

*Dieses Verfahren hat gegenüber den vorgenannten eine erhebliche Steigerung der Arbeitsproduktivität zur Folge. Das Einsteigen in die Schächte entfällt. Die Arbeitsbedingungen werden dadurch wesentlich verbessert.*

### Das Niederdruckspülverfahren

*Bei dieser Methode wird das Wasser hinter dem Reinigungsgerät angestaut und ein Spülstrom hervorgerufen, mit dessen Hilfe die Sinkstoffe im Kanal vorwärts getrieben werden.*

Für den erforderlichen Anstau kann das Abwasser im Kanal oder auch Wasser aus Vorflutern, Behältern aus dem Versorgungsnetz verwendet werden.

- Nachdem das Gerät im Einstiegschacht in die Haltung eingeführt ist, wird – sofern das Abwasser in der Kanalisation nicht ausreicht – Wasser zugegeben:
- Wenn genügend Stau erreicht ist, setzt sich das Gerät selbständig in Bewegung. Zur Sicherung wird das Gerät rückwärts an einem Seil gehalten, um es bei Störungen wieder zurückziehen zu können.
- Das Führungsseil wird mit Hilfe einer Kanalwinde, die über dem oberen Einstiegschacht steht, auf- bzw. abgerollt.
- Die Entfernung der Sinkstoffe erfolgt ebenfalls mit Eimer und Seil bzw. mit Winde. Nach der Beseitigung der Sinkstoffe im Schacht kann das Gerät, falls das Seil lang genug ist, sofort mit der Reinigung der nächsten Haltung beginnen.

Eine Weiterentwicklung im Niederdruckspülverfahren stellt der in der DDR entwickelte *Schwebedruckreiniger* (Bild 7) dar. Dieser besteht aus einem zweiteiligen mit Gleitvorrichtung versehenen ballastführenden runden Schwabekörper. Zwischen den Berührungsflächen sind schräggestellte Lamellengummidichtungen angeordnet. Auf dem vorderen Schwabekörperteil ist eine Stoßschiene zum Schutz des Schwabekörpers angebracht. Am hinteren Schwabekörperteil ist eine Gummischeibe für den Schub des Schwabekörpers befestigt, die dem jeweiligen Profil des Kanals angepaßt werden kann.

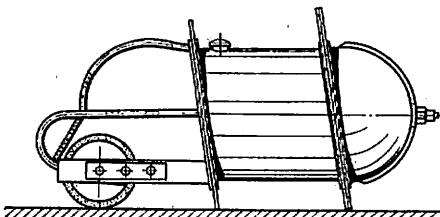


Bild 7. Schwebedruckreiniger

Außerdem befindet sich auf dem hinteren Schwebekörperteil eine verschließbare Füllöffnung zur Ballastzugabe.

- Ist der Schwebedruckreiniger in die Haltung geschoben, verschließen die Gummilamellen zunächst das Kanalprofil. Das Wasser staut sofort an.

*Wenn das Wasser das Kanalprofil ausfüllt, hebt sich der Schwebedruckreiniger infolge des Auftriebes an und beginnt mit dem Spülen. Der Reiniger setzt sich durch den Wasserdruck in Bewegung.*

- Füllt der Stau das Profil infolge von seitlich einmündenden Leitungen oder anderen Umständen nicht mehr aus, so senkt sich der Reiniger und bleibt stehen. Er setzt sich erst wieder in Bewegung, wenn die richtige Stauhöhe und damit der Auftrieb für das Gerät gegeben ist.
- Bei zunehmender Sinkstoffmenge hebt sich der vordere Schwebekörperteil immer mehr und gibt demzufolge reichlicher Spülwasser frei.

Das Gerät wird nach hinten mit einem Seil gesichert, das von der Winde gelöst werden und dem Gerät als Schleppseil folgen kann. Auf diese Weise können lange Strecken des Kanalnetzes gereinigt werden, ohne daß ständig die Winden umgesetzt werden müssen.

- Die Entfernung der Sinkstoffe aus den Schächten erfolgt wie bei den vorgenannten Verfahren.

Der Vollständigkeit halber seien hier noch einige Reinigungsgeräte erwähnt. Es gibt noch die *Kanalratte*, den *Kanaleimer*, die *Kanalschnecke*, den *Kanalpflug*, die *Kanalschaufel* und *-doppelschaufel*, den *Iltis*, den *Kugelroller*, den *Doppelscheiben-Reinigungsapparat*, das *Kanalwiesel*, den *Reinigungszylinder* und die *Reinigungsbälle*.

*Die Reinigung der Abwasserleitung erfolgt im wesentlichen nach dem Prinzip der Bedarfsreinigung.*

Hierzu ist es erforderlich, daß Verlauf und Beschaffenheit des Abwassernetzes gut bekannt sind.

- Anhand des Rohrnetzplanes werden entsprechend dem Bedarf die einzelnen Teilstrecken für das Reinigen festgelegt und farblich, nach Gruppen aufgeteilt, auf dem Rohrnetzplan dargestellt.
- In jedem Entwässerungsnetz gibt es Haltungen, die sich selbst reinigen und nur ständig zu kontrollieren sind. Je besser Projektierung und Bauausführung erfolgen, desto größer ist der Anteil der selbstreinigenden Haltungen im Abwassernetz.
- Werden die zu reinigenden Strecken entsprechend dem festgelegten Turnus gereinigt und alle anderen Strecken ordnungsgemäß kontrolliert, sprechen wir von der planmäßig vorbeugenden Instandhaltung (PVI).

Außer dieser Einteilung erfolgt noch eine Einteilung nach den durchzuführenden Reinigungsverfahren. Somit ist der Instandhaltungsaufwand exakt planbar und abrechenbar. Die Reinigung muß demzufolge eine ordnungsgemäße Abwasserableitung zu jeder Zeit und in jedem Streckenabschnitt garantieren.

## **4. Entwässerungssysteme**

Für den Aufbau und die Entwicklung eines Entwässerungsnetzes ist im wesentlichen der Tiefpunkt entscheidend. Eine allgemeingültige Regel läßt sich für die Entwicklung bestimmter Entwässerungssysteme nicht aufstellen. Eine gewisse Gruppierung ist jedoch möglich und soll zeigen, wie unter bestimmten allgemeinen Voraussetzungen bei der Planung und Projektierung zweckmäßig vorgegangen werden kann.

### **4.1. Allgemeines über Entwässerungsnetze**

Als *Rohrleitungsmaterial* für die Herstellung von Entwässerungsleitungen werden vorwiegend Steinzeugrohre, Betonrohre und Asbestzementrohre verwendet. In Ausnahmefällen werden auch Schleuderbetonrohre mit Glockenmuffen eingebaut. Große begehbare Sammler werden in Ortbeton hergestellt oder aus Spezialklinkern gemauert. Die allgemein gebräuchlichen Rohr- bzw. Kanalprofile sind Bild 8 zu entnehmen.

*Bauwerke* in den Entwässerungsnetzen sind:

- Normalschacht in Betonfertigteilen (Bild 9)
- Absturzschacht (Bild 10)
- Regenüberlaufbauwerk (Bild 11)
- Straßenablauf.

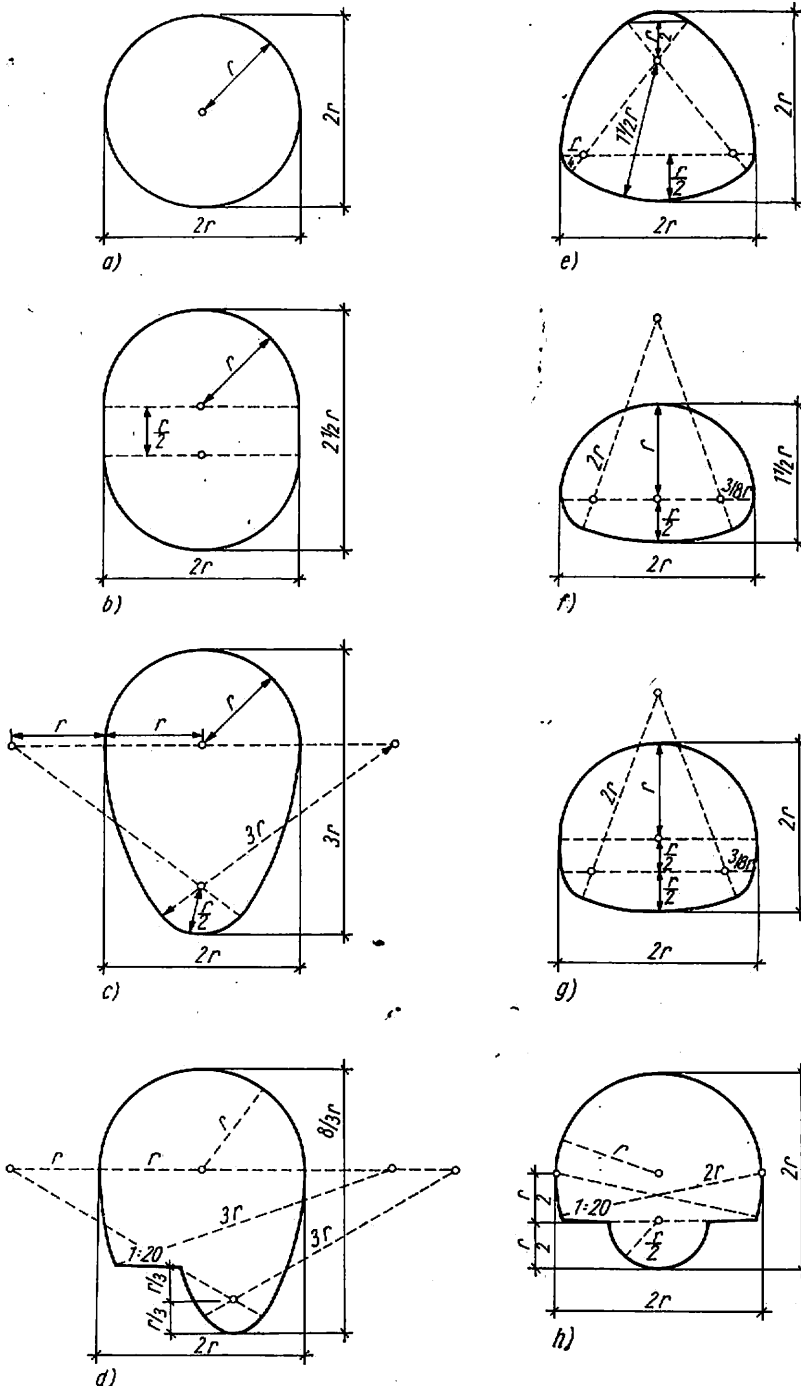
### **4.2. Längsnetz**

Erstreckt sich eine Ortslage entlang einem Flußlauf und verlaufen die Hauptstraßenzüge, in die die Sammler eingebaut werden müssen, parallel zu diesem Vorfluter, so entsteht ein *Längsnetz*, früher auch *Parallelnetz* genannt. Hierbei können die einzelnen Sammler in verschiedenen Höhenlagen entsprechend dem Geländeprofil angeordnet werden.

### **4.3. Quernetz**

Ist bei einer Ortslage die städtebauliche Entwicklung so, daß die Hauptstraßenzüge, in denen die Sammler eingebaut werden müssen, quer zu einem Flußlauf verlaufen, so



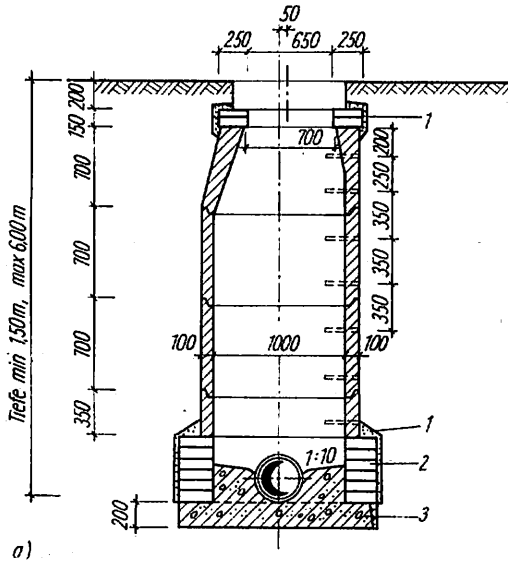


**Bild 8. Kanalsoble**

- a) Kreisquerschnitt, b) überhöhter Kreisquerschnitt, c) Eiquerschnitt  $b : b = 2 : 3$ ,  
 d) Ruinenquerschnitt mit einseitigem Austritt, e) Haubenquerschnitt, f) Maulquerschnitt.  
 g) überhöhter Maulquerschnitt, h) Ruinenquerschnitt mit beiderseitigem Austritt

entsteht das *Quernetz*, auch Abfangnetz genannt. Die einzelnen Nebensammler werden dann durch einen Hauptsammler abgefangen.

Wird das Entwässerungsnetz nach dem Trennverfahren angelegt, so leiten die Nebensammler des Regenwassernetzes das Regenwasser unmittelbar in den Vorfluter

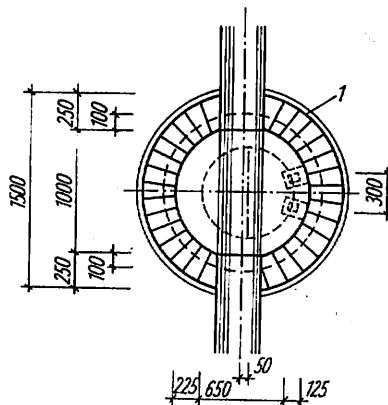


a)

**Bild 9. Normalschacht aus Betonfertigteilen**

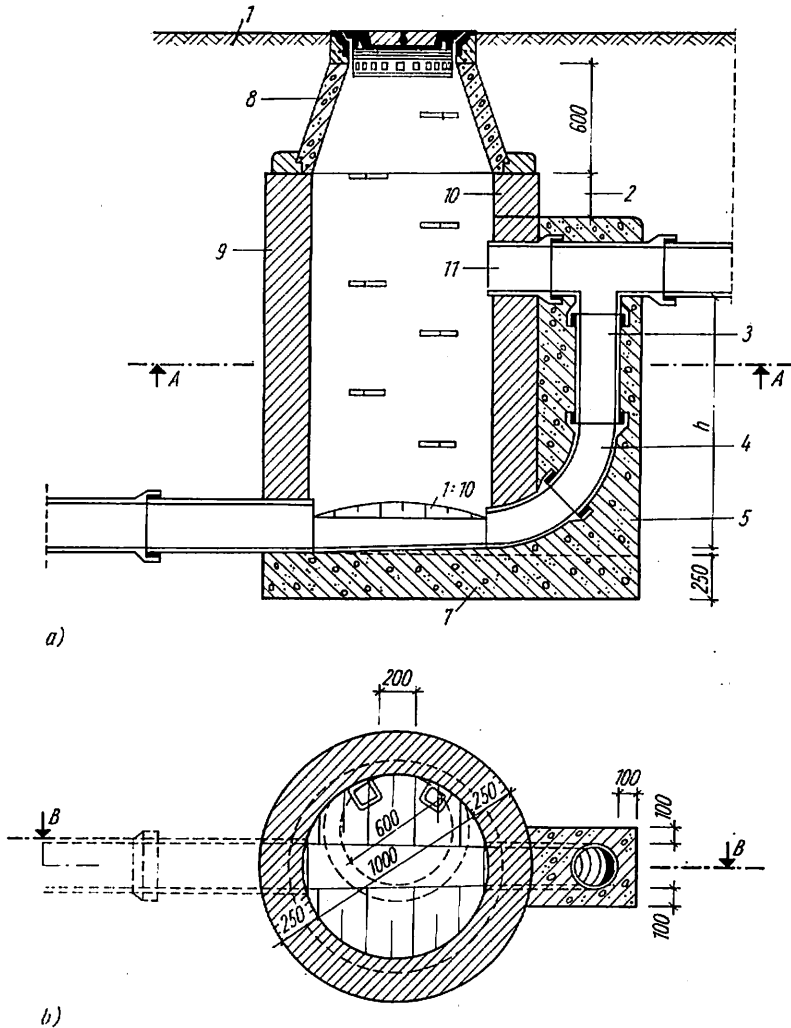
a) Schnitt, b) Grundriß

1 Rappputz, 2 Höhe der Untermauerung, 3 Sohlenbeton B 120



b)

ein. Soll dagegen das Netz im Mischsystem gebaut werden, so sind im Hauptsammler Regenwasserüberläufe anzuordnen.



*b)*  
**Bild 10. Absturzschacht für kleine Abwassermengen**  
*a) Grundriß*  
*b) Schnitt*

1 eisensparende Abdeckung, befahrbar, 2 veränderliche Übergangshöhe von Entlastungsbogen bis zum Konus bzw. 1. Schachtring immer unter 0,50 m, 3 200 mm Haustück, 4 45°-Krümmer, 5 Beton 1 : 10, 6 Zementestrich 1 : 3, nestfrei geglättet, 7 Beton 1 : 6, 8 Zementbetonkonus 1000/6000  $b = 0,60$  m, 9 Mauerwerk in Klinker oder Hartbrennziegel im Binderverband, 10 Rollschicht als Entlastungsbogen, 11 Haustück,  $b$  Sohlenhöhendifferenz

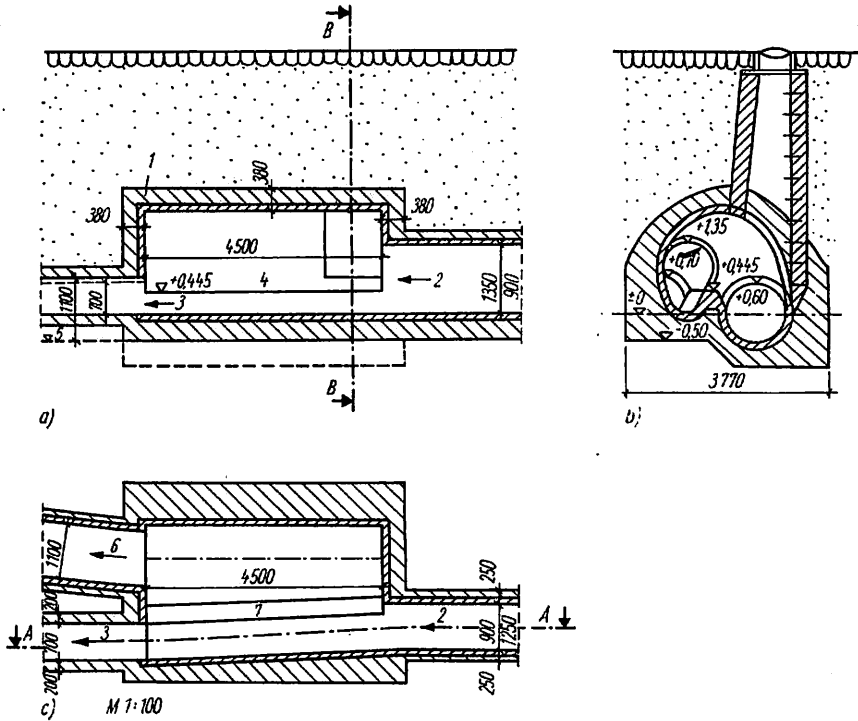


Bild 11. Regenüberlaufbauwerk

a) Schnitt A - A

b) Schnitt B - B

c) Grundriß

1 Beton mit Rundeiseneinlagen, 2 Kanal A, 3 Kanal B, 4 Regenüberfallkrone, 5 Sohle des Kanals 5, 6 Kanal C, 7 Regenüberfall

#### 4.4. Verstellnetz

Verlaufen in einem Bebauungsgebiet die Hauptverkehrswege, in denen die Sammler angeordnet werden müssen, radial, so entsteht ein *Verstellnetz* oder, wie es früher auch genannt wurde, ein *Radialnetz*. Dabei können die einzelnen Nebensammler gegebenenfalls unmittelbar bis zur Abwasserbehandlungsanlage führen, ohne vorher von einem Hauptsammler zusammengefaßt zu werden. Andererseits kann im gemeinsamen Tiefpunkt der Nebensammler auch ein Pumpwerk notwendig werden. Dann kann das gesamte Abwasser durch eine Druckrohrleitung unmittelbar zur Kläranlage gefördert oder in eine Freispiegelleitung übergepumpt werden, die dann als Hauptsammler das gesamte Abwasser der Behandlungsanlage im freien Gefälle zuleitet.

#### 4.5. Bezirksnetz

Ist ein Entwässerungsgebiet durch die Geländegestaltung in verschiedene Entwässerungsbezirke untergliedert, die durch Wasserscheiden voneinander getrennt sind, so kommt das *Bezirksnetz* zur Anwendung. Die Nebensammler der einzelnen Entwässerungsbezirke können dann mit freiem Gefälle in den Hauptsammler einmünden, oder das Abwasser muß, abhängig von den örtlichen Verhältnissen, in diesen gehoben werden.

#### 4.6. Ring- oder Randsammlernetz

Bei Ortslagen mit hochliegendem Stadtkern und radial nach außen verlaufenden Straßenzügen, die in eine an der Peripherie verlaufende Ringstraße einmünden, kommt das *Ring- oder Randsammlernetz* zur Anwendung. Die Nebensammler werden in den radial nach außen verlaufenden Straßenzügen angeordnet und münden in den in der Ringstraße eingebauten Hauptsammler ein. Abhängig von den örtlichen Verhältnissen, können auch zwei Hauptsammler notwendig werden, die das Abwasser der Nebensammler, aus zwei Richtungen kommend, sammeln und getrennt der Abwasserbehandlungsanlage zuleiten.

Neben dem abwassertechnisch bestimmenden Bestreben, eine möglichst wirtschaftliche Lösung zu finden, können auch städtebauliche, verkehrstechnische und hygienische Gesichtspunkte die Wahl des Entwässerungssystems maßgeblich beeinflussen. Auch die Untergrundverhältnisse, besonders der Grundwasserstand, sind Faktoren, die beachtet werden müssen. Dies trifft vor allem für die Festlegung des Tiefpunktes des Entwässerungsgebietes als Standort der Abwasserbehandlungsanlage zu.

Bei der Festlegung des Tiefpunktes eines Entwässerungsgebietes sind daher auch wasserwirtschaftliche Gesichtspunkte zu berücksichtigen, insbesondere können die Wasserstände der Vorfluter einen entscheidenden Einfluß auf die Standortwahl haben.

#### Aufgaben

1. Nennen Sie die Verfahren der Abwasserableitung und erläutern Sie deren wesentlichste Unterschiede!
2. Warum müssen die Mindestfließgeschwindigkeit und Mindestfüllhöhe in den Abwasserleitungen beachtet werden, und wie groß sind sie?
3. Erläutern Sie den Aufbau des Schwebedruckreinigers und das Prinzip der Kanalreinigung mit diesem Gerät!
4. Erläutern Sie den Begriff Bedarfsreinigung, und beschreiben Sie deren wesentlichste Merkmale!

## 5. Berechnung der Abwasserableitungsanlagen

Für die Berechnung der Abwasserableitungsanlagen sind neben den in Abschn. 4 dargelegten Bedingungen bezüglich der Verfahren zur Abwasserableitung bestimmte Richtwerte über den mengenmäßigen Anfall des Abwassers maßgebend.

### 5.1. Abwasseranfall

Der Abwasseranfall richtet sich nach der anfallenden Schmutzwassermenge (Trockenwetterabfluß) und den Niederschlagsmengen. Schmutzwasser fällt unterschiedlich an. Die Menge ist abhängig von

- den Gewerbe- und Industriebetrieben
- den anfallenden häuslichen Abwässern
- den Lebensgewohnheiten und dem Lebensstandard der Einwohner
- der Größe des Siedlungsgebietes

Die anfallende Menge Niederschlagswasser hängt ab von

- der Größe des Einzugsgebietes
- der Beschaffenheit des Einzugsgebietes

und macht ein Vielfaches (das 60fache im Mittel) der Schmutzwassermenge aus.

■ *Für die Ermittlung des Rohrquerschnittes beim Mischsystem ist der Anfall an Niederschlagswasser allein maßgebend.*

Die größte Beanspruchung der Entwässerungsleitungen tritt bei kurz andauernden, sehr heftigen Niederschlägen auf. Aus wirtschaftlichen Gründen werden aber nicht nur die sehr selten auftretenden Höchstniederschläge, sondern sogenannte Berechnungsregen zugrunde gelegt.

#### 5.1.1. Schmutzwasseranfall

Die anfallende Schmutzwassermenge (Trockenwetterabfluß) ist abhängig von

- dem Wasserverbrauch des Siedlungsgebietes
- den Gewerbe- und Industriebetrieben
- den öffentlichen Einrichtungen

*Im allgemeinen fallen 80 bis 100 Prozent des Wasserverbrauches als Schmutzwasser an.*

Größere Abweichungen treten nur dann auf, wenn erhebliche Mengen für die Gartenbewässerung verbraucht werden oder wenn bei Industriebetrieben erhebliche Wassermengen in das Erzeugnis eingehen. Der Anfall des Schmutzwassers ist in Orten mit zentraler Wasserversorgung leicht zu bestimmen, da der Wasserverbrauch mit Wasserzählern oder Meßgeräten genau ermittelt werden kann.

In Wohngebieten ohne Wasserversorgung werden für den Schmutzwasseranfall Erfahrungswerte zugrunde gelegt, wobei Orte gleicher Größe und gleicher Bevölkerungsdichte zum Vergleich herangezogen werden.

**Tafel 1 Richtzahlen für den Schmutzwasseranfall**

|                     | max. Schmutzwasseranfall<br>in l/E d |
|---------------------|--------------------------------------|
| Ländliche Gemeinden | 70 ... 110                           |
| Orte bis 5000 E     | 100 ... 160                          |
| Orte bis 20000 E    | 120 ... 190                          |
| Orte bis 50000 E    | 140 ... 240                          |
| Orte bis 100000 E   | 160 ... 280                          |
| Orte über 100000 E  | 200 ... 320                          |
| neue Wohnsiedlungen |                                      |
| 100 % mit Bad       | 150 ... 220                          |
| desgl. + Warmwasser | 180 ... 300                          |

Die in Tafel 1 aufgeführten Werte für die Schmutzwassermengen sind nach der Bemessungsgrundlage zum Erarbeiten von Aufgabenstellungen und Projekten wasserwirtschaftlicher Anlagen [5] für die Berechnungen zugrunde zu legen, wenn örtlich keine anderen Werte angenommen werden können. In dieser Tafel sind die Abwassermengen des Kleingewerbes mit enthalten. Steigt der Abwasseranfall eines Gewerbebetriebes auf über 10 m<sup>3</sup>/d an, dann ist er gesondert zu erfassen und zusätzlich zu berücksichtigen. Für Industriebetriebe gilt sinngemäß das gleiche. Ihre Wassermengen sind ebenfalls für die Perspektive mit zu berücksichtigen.

Nach den Bemessungsgrundlagen gilt weiter, daß bei Betrieben ohne Abwasseranfall aus der Produktion oder solchen Betrieben, in denen das Abwasser aus Aborten, Waschräumen usw. getrennt von dem Abwasser aus der Produktion behandelt wird, einem Einwohner gleichzusetzen sind:

|  |                       |
|--|-----------------------|
| nur Spülabort- und Waschwasser                                 | 4 Betriebsangehörige, |
| Spülabort-, Wasch-, Bade- und Duschwasser                      | 3 Betriebsangehörige, |
| Spülabort-, Wasch-, Bade- und Duschwasser<br>mit Küchenbetrieb | 2 Betriebsangehörige. |

Nur selten kommt es vor, daß das Industrieabwasser gleichmäßig anfällt. Deshalb ist es wichtig, den zeitlichen Ablauf des Abwassers zu kennen (z. B. stoßweiser Abwasser-

anfall bei Inbetriebnahme von großen Wasch- und Duschanlagen). Der Anfall dieses Abwassers ist sehr schwierig zu ermitteln. Nur ein ständig gemessener Wasserverbrauch kann hier als Abwasseranfall angenommen werden.

Bei neu zu errichtenden Industriebetrieben dürfen die Abwassermengen von gleichartigen Industriebetrieben mit gleicher Produktion nicht einfach übernommen werden, da die gewählten Technologien unterschiedlich sein können. Eine gute und brauchbare Zusammenstellung des Abwasseranfalls bei sowjetischen Industriebetrieben ist in *Demidow-Schigerins* Fachbuch „Kanalisation“ [7] enthalten.

In landwirtschaftlichen Produktionsstätten mit Viehhaltung können folgende Abwassermengen bei 100 Prozent Abfluß in die Kanalisation angesetzt werden:

|           |                                |
|-----------|--------------------------------|
| Großvieh  | 45 . . . 68 l je Stück und Tag |
| Kleinvieh | 14 . . . 18 l je Stück und Tag |

Zum *Großvieh* gehören Pferde, Fohlen, Bullen, Rinder und Jungrinder. Zum *Kleinvieh* gehören Schweine, Läuferschweine, Schafe und Ziegen. Bei Geflügelfarmen ist mit 1 l Abwasseranfall je Stück und Tag zu rechnen.

### 5.1.2. Regenwasseranfall

Für die Berechnung der Regenwasserleitungen und der Leitungen des Mischsystems sind die Berechnungsregen maßgebend. Beim Bauen der Entwässerungsleitungen bis etwa zur Mitte des 19. Jahrhunderts wurden die Rohrquerschnitte nach Erfahrungswerten festgelegt. Erst im Laufe des 19. Jahrhunderts wurden in den größeren Städten Regenschreiber aufgestellt. Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts wurde von *Frühling* [8] eine Beziehung zwischen Regendauer und Regenabfluß aufgestellt, die von *Reinhold* [9] nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen verbessert wurde und noch heute Gültigkeit besitzt.

#### Ermittlung der Regenspende

Die Messungen des Regens werden mit Regenschreibern oder mit Regenmessern vorgenommen. Der Unterschied dieser beiden Meßgeräte besteht darin, daß beim Regenmesser nur die tägliche Regenhöhe angegeben wird, während beim Regenschreiber die Regenstärken gemessen werden, die für unsere Berechnungen in der Kanalisation von Bedeutung sind.

Die Regenspende  $r$ , die für die Abflußermittlung ausschlaggebend ist, wird gemessen in l/s ba. Sie ist abhängig von der Regenhöhe und der Regendauer.

Es gilt die Beziehung:

$$i = \frac{N}{T} \quad (1)$$

Darin bedeuten

$i$  Regendichte in mm/min       $N$  Regenhöhe in mm       $T$  Regendauer in min



Mit dieser Beziehung und 1 mm Regenhöhe entsprechend  $10 \text{ m}^3/\text{ha}$  ergibt sich

$$r = \frac{i \cdot 10}{60}$$

$$r = 0,167 i \text{ m}^3/\text{s ha}$$

$$r = 167 i \text{ l/s ha}$$

### Berechnungsregen

Unter Berechnungsregen wird ein Regen von bestimmter Dichte, Dauer und Häufigkeit verstanden.

In der DDR kann dieser Berechnungsregen ( $r_{15}$ ) im Mittel mit  $r_{15} = 100 \text{ l/s ha}$  angenommen werden, wenn örtliche Regenaufzeichnungen keine anderen Werte ergeben. Dabei wird die Häufigkeit  $n = 1$  zugrunde gelegt. Die Häufigkeit  $n = 1$  bedeutet, daß der Niederschlag einmal im Jahr erreicht oder überschritten wird. Die Häufigkeit  $n = 0,2$  besagt, daß der Regen alle 5 Jahre erreicht oder überschritten wird.

Die Berechnungsregen sind um so ergiebiger, je kürzer sie andauern und je seltener sie auftreten.

Werden aus wirtschaftlichen Gründen andere Häufigkeiten gewählt, dann können nach den Berechnungsgrundlagen folgende Umrechnungsfaktoren angewendet werden:

| Häufigkeit             | 0,2  | 0,5  | 1    | 2             | 3             |
|------------------------|------|------|------|---------------|---------------|
| d. h. einmal in Jahren | 5    | 2    | 1    | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{3}$ |
| $r_{(n)}/r_{(1)} =$    | 1,78 | 1,30 | 1,00 | 0,75          | 0,62          |

Bei offenen Regenwasserableitern werden sogar  $200 \text{ l/s ha}$  als Regenspende angesetzt, sofern in Zeitabständen von mehreren Jahren Überflutungen in Kauf genommen werden können. Andernfalls müssen noch höhere Werte angenommen werden.

Nach Reinbold [9] läßt sich die Regenspende  $r$  bei einer bekannten Regenspende  $r_{15}$ , einer Regendauer  $T$  und der Häufigkeit  $n$  nach folgenden Gleichungen berechnen:

$$r = \frac{38}{T + 9} \cdot \left( \frac{1}{4 \sqrt{n}} - 0,369 \right) \cdot r_{15} = r = \varphi \cdot r_{15}$$

Der Wert  $\varphi$  wird als Zeitbeiwert bezeichnet.

### 5.2. Abflußermittlung

Aus der Summe des anfallenden Schmutzwassers ergibt sich der Gesamtabfluß. Liegen keine genauen Werte vor, dann kann der Abfluß über die Schmutzwasserabflußspende ermittelt werden.

Bei Mischsystemen ist fast immer der Regenwasserabfluß ausschlaggebend.

### 5.2.1. Schmutzwasserabfluß

Der Gesamtabfluß für die Schmutzwasserleitung ist ausschlaggebend für die Berechnung unserer Kanalisationsleitungen. Sie errechnet sich aus der Anzahl der angeschlossenen Einwohner einschließlich der in [5] angegebenen Anschlußwerte, aus dem anfallenden Industrieabwasser und dem sonstigen Schmutzwasseranfall. Aus der Summe aller dieser Werte ergibt sich beim Trennsystem der Gesamtabfluß für unsere Kanalisationsleitungen. Für Mischsysteme ist dieser Wert der Trockenwetterabfluß.

Häufig ist die Erfassung dieser Werte kompliziert und schwierig. Vor allem kann man für große Entwässerungsgebiete bei Fehlen von Bebauungsplänen und anderen Faktoren den Kanalleitungen nicht immer die Anschlußwerte aus den Einwohnerzahlen zuordnen. In derartigen Fällen ermittelt man für das zu entwässernde Gebiet die

#### Schmutzwasserabflußspende

$$q_s = \frac{m \cdot W \cdot S}{3600} \quad (2)$$

Darin bedeuten:

$m$  höchster Stundenabfluß (als Verhältniswert),

$W$  Wohndichte in Einwohnern/ha,

$S$  Schmutzwasseranfall in l/E d

Die Werte für den Schmutzwasseranfall sind in Abschn. 5.1.1. angegeben. Die Werte für die Wohndichte werden aus den Flächennutzungsplänen, den Bebauungsplänen oder ähnlichen Unterlagen entnommen.

Die in alten Veröffentlichungen angegebenen Wohndichten können heute den Berechnungen nicht mehr zugrunde gelegt werden, da fast in der gesamten Welt (vor allem in Europa) eine Auflockerung der Stadtkerne angestrebt wird und außerhalb der Stadtkerne eine oft dichtere Bebauung festzustellen ist.

Nach *Randolf* [3] gelten heute folgende Werte für die Wohndichten

|  |  |
|--|--|
| sehr dichte Stadtkern-<br>bebauung . . .                                       | mit $\geq 5$ Geschossen 600 E/ha,        |
| dichte innerstädtische<br>Bebauung . . .                                       | mit 4 bis 5 Geschossen 500 E/ha,         |
| geschlossene städtische Bebauung<br>mit großen Hof- und<br>Gartenflächen . . . | mit 3 bis 4 Geschossen 300 bis 400 E/ha, |
| aufgelockerte Bauweise<br>(Außenbezirke der Großstädte,<br>Landorte) . . .     | mit 2 bis 3 Geschossen 150 bis 200 E/ha, |
| weiträumige Bebauung, garten-<br>reiche Außenviertel . . .                     | mit 1 bis 2 Geschossen 100 E/ha,         |

Stadttrand-, Klein-  
siedlungen . . .

mit 1 Geschöß 50 E/ha.

Der für die Errechnung der Schmutzwasserabflußspende ( $q_s$ ) noch fehlende *höchste Stundenabfluß*  $m$  wird als Verhältniswert des größten Tagesabflusses ausgedrückt. Dieser Wert ist erfahrungsgemäß in kleineren und größeren Orten unterschiedlich. Liegen keine genauen Werte vor, so kann  $m$  als Bruchteil der maximalen Tagesabflußmenge wie folgt angenommen werden:

|               |          |                                   |
|---------------|----------|-----------------------------------|
| in Orten bis  | 20000 E  | $\frac{1}{10} \dots \frac{1}{12}$ |
| in Orten bis  | 100000 E | $\frac{1}{12} \dots \frac{1}{14}$ |
| in Orten über | 100000 E | $\frac{1}{14} \dots \frac{1}{16}$ |

Bei Vorhandensein großer Industriegebiete, deren Abwässer in die Kanalisation mit eingeleitet werden, weil für sie keine eigenen Abwasserreinigungsanlagen mit vom Ortsnetz getrennten Leitungen vorhanden sind, können für die angegebenen Verhältniswerte ( $m$ ) Korrekturen erforderlich werden.

Sind die Werte  $m$ ,  $W$ ,  $S$  bekannt, dann errechnet sich der Schmutzwasserabfluß  $Q_s$  in  $l/s$  über die Schmutzwasserabflußspende  $q_s$  zu

$$Q_s = q_s \cdot F \quad (3)$$

$F$  Fläche des Entwässerungsgebietes in ha

Bei dieser Berechnungsart wird der einem Schmutzwasserkanal zugehörige Schmutzwasserabfluß aus einer Abflußspende für das Gesamteinzugsgebiet und der dem Kanal zugeordneten Beitragsfläche  $F$  ermittelt. Diese zugehörige Beitragsfläche erhält man, indem das Gesamtgebiet in einzelne Flächen aufgeteilt wird.

### Regen- und Fremdwässerzuschläge

Beim Trennverfahren müssen für die in den Schmutzwasserleitungen beabsichtigt oder unbeabsichtigt abfließenden Regen- und Fremdwässer Zuschläge zum Abfluß  $Q_s$  gemacht werden, die in ungünstigen Fällen bis zu 100 Prozent des Schmutzwasserabflusses betragen können.

Diese Zuschläge sind auch dann erforderlich, wenn die Wasserverluste einer Leitung bei einer Druckprobe in den zulässigen Grenzen (TGL 92-045) liegen. Die Leitungen müssen dicht sein. Der Dichtigkeitsnachweis wird durch die Druckprobe der einzelnen Haltungen erbracht. Trotzdem lehren die Erfahrungen, daß Fremdwässer oder Regenwässer mit abgeführt werden. Undichtigkeiten treten durch Erdbewegungen, Setzungen, Erschütterungen, Wurzelfraß u. a. auf. In jedem Falle müssen Zuschläge angenommen werden, die nach den Berechnungsgrundlagen [5] etwa folgende Werte haben können:

| bei einer<br>Wohndichte von | Zuschlag für Regen- und Fremdwässer zur<br>Schmutzwasserabflußspende |
|-----------------------------|--|
| 50 . . . 250 E/ha           | 0,5 $l/s$ ha   |
| 300 . . . 400 E/ha          | 0,6 $l/s$ ha   |
| 400 . . . 500 E/ha          | 0,8 $l/s$ ha   |
| über 500 E/ha               | 1,0 $l/s$ ha   |

Bei allen Kanalleitungen, die nicht im Grundwasser liegen, sollte der Zuschlag mindestens 20 Prozent des Schmutzwasserabflusses betragen.

## 5.2.2. Regenwasserabfluß

Für die Berechnung des Regenwasserabflusses ist neben der Regenstärke der Abflußbeiwert maßgebend.

### Abflußbeiwert

Er ist abhängig von

- der Beschaffenheit der Niederschlagsfläche (wie Oberflächenbefestigung, Bodenart, Bodenbewachsung)
- der Regendauer
- der Jahreszeit
- den Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen.

Obwohl in Waldgebieten mehr Niederschläge fallen, verringert sich dort der Niederschlagsabfluß beträchtlich. Allein von den Baumkronen werden bis zu 40 Prozent eines Starkregens zurückgehalten.

Aus diesem Grunde gelangt von dem auf die Erdoberfläche niederfallenden Regen nur ein Teil zum Abfluß, ein Teil versickert, verdunstet oder wird in Mulden zurückgehalten. Oft fließt ein Teil der Regenspende direkt Vorflutern zu.

Die *Regenwasserabflußspende* ist also nur ein Teil der Regenspende und wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$q_r = \psi \cdot r \quad (4)$$

Darin bedeuten

$q_r$  Regenwasserabflußspende in l/s ha

$r$  Regenspende in l/s ha

$\psi$  Abfluß- oder Versickerungsbeiwert

Die richtige Wahl des Abflußbeiwertes ist für die Abflußermittlung besonders wichtig, denn kleine Ungenauigkeiten bei der Annahme des Abflußwertes wirken sich im Endergebnis oft wesentlich stärker aus als vereinfachende Rechnungen. Der Abflußbeiwert für ein bestimmtes Einzugsgebiet ist aus mehreren Einzelabflußbeiwerten zu berechnen, da die Oberflächenarten unterschiedlich sind (Tafel 2).

Danach ist der Abflußbeiwert gleich oder kleiner als 1. Der Wert 1 kann auch bei den günstigsten Bedingungen kaum erreicht werden, da durch Verdunstungen oder durch andere Faktoren immer eine kleine Menge zurückgehalten wird. Der Faktor  $\psi = 0$  wird dann erreicht, wenn kein Wasser in die Kanalleitung gelangt.

**Tafel 2 Abflußbeiwerte für Einzelflächen**

| Oberflächenart  | Abflußbeiwert |
|---|---------------|
| Dachflächen   | 0,85 ... 0,95 |
| Fugenlose Oberflächenbefestigung (Asphalt- und Betonstraßen,<br>Reihenpflaster mit Fugenverguß) | 0,8 ... 0,9   |
| Gewöhnliches Pflaster, Kleinpflaster  | 0,5 ... 0,7   |
| Wassergebundene Schotterdecken, Mosaikpflaster  | 0,4 ... 0,6   |
| Sand- und Kieswege  | 0,15 ... 0,3  |
| Unbefestigte Flächen, Sport- und Spielplätze,<br>Gleisanlagen und dgl.                          | 0,1 ... 0,2   |
| Rasen-, Park- und Gartenflächen   | 0 ... 0,1     |

Der für die Berechnung maßgebende Abflußbeiwert errechnet sich aus dem Mittel der Einzelabflußbeiwerte nach folgender Gleichung:

$$\psi_m = \frac{F_1 \cdot \psi_1 + F_2 \cdot \psi_2 + F_3 \cdot \psi_3 + \dots + F_n \cdot \psi_n}{F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n} \quad (5)$$

oder anders geschrieben

$$\psi_m = \sum_{n=1}^{n=i} \frac{F_n \cdot \psi_n}{F_n}$$

Bei großen Einzugsgebieten mit ähnlichen Oberflächenarten reicht es aus, wenn für ein charakteristisches Gebiet der Abflußbeiwert ermittelt und für das Gesamteinzugsgebiet eingesetzt wird. Es besteht auch die Möglichkeit, den Abflußbeiwert bei großen Entwässerungsgebieten aus den Gebietsabflußbeiwerten [3] zu entnehmen (Tafel 3).

**Tafel 3 Gebietsabflußbeiwerte**

| Bebauungsart   | Abflußbeiwert |
|--|---------------|
| Sehr dichte Bebauung (alte Stadtkerne)                     | 0,6 ... 0,8   |
| Geschlossene Bebauung (Reihenhäuser)                       | 0,5 ... 0,6   |
| Gruppenhäuser in guter Aufteilung, Industrieflächen        | 0,4 ... 0,5   |
| Offene Bebauung (Doppel- und Einzelhäuser)                 | 0,3 ... 0,4   |
| Weiträumige offene Bebauung<br>(gartenreiche Außenviertel) | 0,2 ... 0,3   |

Die Gebietsabflußbeiwerte sollen aber nur für Überschlagsrechnungen angesetzt werden, denn sie weisen oft erhebliche Ungenauigkeiten auf. Häufig werden diese Werte zum Nachprüfen von Berechnungen verwendet.

Eine Korrektur der angegebenen Abflußbeiwerte kann in Gebieten mit großen Höhenunterschieden erforderlich werden. Es ist sicherlich leicht vorstellbar, daß bei steilem Gefälle der Wert  $\psi$  größer sein muß als in Tafel 2 ausgewiesen. Den Abflußbeiwerten sind deshalb folgende Zuschläge beizugeben:

| bei Geländeneigungen              | Zuschlag in % |
|-----------------------------------|---------------|
| von 2 ... 5% (1 : 50 ... 1 : 20)  | 5             |
| von 5 ... 10% (1 : 20 ... 1 : 10) | 10            |
| > 10%                             | 15            |

### Abflußminderung

Infolge der verschiedenen Längen und der oft unterschiedlichen Querschnitte bei Nebensammlern ist zu beachten, daß die maximalen Abflußwerte aller Nebensammler nicht gleichzeitig im Hauptsammler zusammentreffen. Die Summierung aller Werte aus den Nebensammlern ergäbe daher für den Gesamtabfluß im Hauptsammler zu hohe Werte und hätte Überdimensionierungen zur Folge. Aus ökonomischen Gründen wurden deshalb Berechnungsmethoden aufgestellt, bei denen der sogenannte Verzögerungsbeiwert (oder besser Abflußminderung) eingeführt wurde. Bei regelmäßigen Gebietsformen ist das Zeitbeiwertverfahren nach *Imhoff*, bei unregelmäßigen Gebieten das Summenlinienverfahren angebracht.

Im folgenden werden das Zeitbeiwertverfahren einschließlich der Verfahren, die auf Schätzungen beruhen, behandelt.

Für ein weiterführendes Studium wird auf die entsprechende Fachliteratur [3], [6], [11], [12], [13] verwiesen.

### Zeitbeiwertverfahren

Dieses Verfahren wird auch als das Hauptverfahren zur Berechnung der Regenwasserabflüsse bezeichnet.

*Das Verfahren stützt sich auf die Annahme, daß die Dauer des ungünstigsten Regens gleich der Fließzeit ist.*

Daraus folgt auch, daß die erfolgreichste Anwendung sich auf regelmäßig geformte Entwässerungsgebiete beschränkt. Aber auch unregelmäßig geformte Entwässerungsgebiete lassen sich mit dem Zeitbeiwertverfahren erfassen.

### Zeitbeiwert

Die Berechnung der Regenwasserabflüsse nach diesem Verfahren wird am zweckmäßigsten anhand einer Tafel durchgeführt. Der kürzeste Regen der Regenreihe dient dazu als Grundlage.

Beginnend mit dem äußersten Kanalstrang, wird die Fließzeit aller hintereinanderliegenden Stränge addiert, und zwar so lange, bis die Fließzeitsumme die Dauer des Berechnungsregens überschreitet. Dieser ermittelte Gesamtabfluß wird nun mit einem Zeitbeiwert, der aus Bild 12 zu entnehmen ist, multipliziert.

Es ist darauf zu achten, daß nicht der Zeitbeiwert für die Fließzeitsumme eingesetzt wird, sondern sein Verhältnis zum Zeitbeiwert des jeweiligen kürzesten Berechnungsregens.

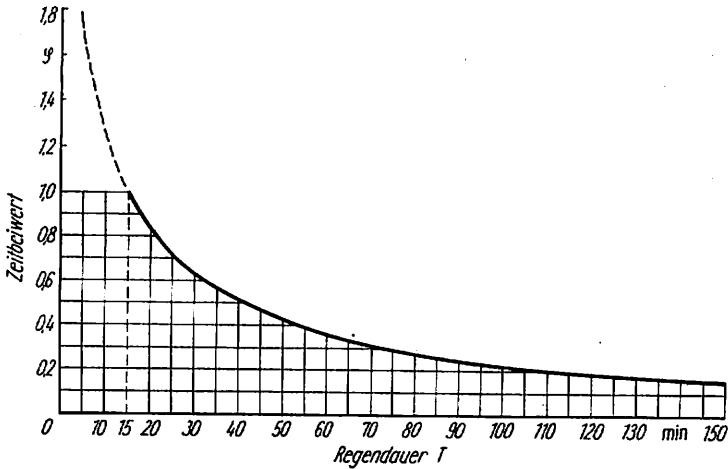


Bild 12. Zeitwertdiagramm

Zeitbeiwert  $\varphi$  für  $n \cdot 1$ ,  $\varphi = \frac{24}{T + 9}$

Jetzt muß mit diesem gefundenen Größtabfluß die Kanalbemessung überprüft werden. Dabei kommt es vor, daß die Fließzeit und somit auch der Zeitbeiwert korrigiert werden müssen. Die gegenseitige Abstimmung aller Bemessungswerte ist fortlaufend mit der Weiterführung der Berechnungstafel vorzunehmen.

**Schätzungsverfahren aus der Länge oder aus der Fläche nach Imhoff [6]**

Aus der Länge eines Rohrnetzes oder aus der Fläche läßt sich der maximale Abfluß, der bei Regen abgeführt werden soll, leicht ermitteln. Imhoff hat hierfür Kurven aufgestellt, die in Bild 13 und 14 wiedergegeben sind.

Diese Kurven, die aus einer Vielzahl von praktischen Erfahrungswerten zusammengestellt sind, eignen sich besonders für Entwürfe, zum Nachprüfen von Berechnungen

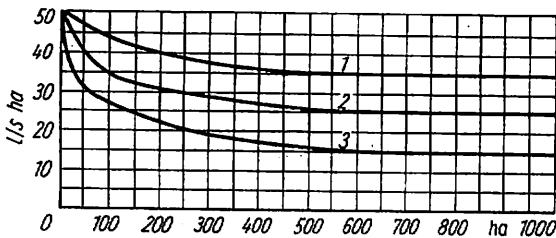


Bild 13. Schätzung der Abflußmenge für geschlossene Abwasserkanäle aus der Fläche

- 1 Abfluß bei dichter Bebauung und gutem Gefälle.
- 2 Abfluß bei mittleren Verhältnissen.
- 3 Abfluß bei schwacher Bebauung und schwachem Gefälle

und für vorläufige Schätzungen. Die Ergebnisse weichen meist nicht wesentlich von genauen Berechnungen ab.

*Abgekürzte Berechnung aus der Länge, der Geschwindigkeit und dem Abflußbeiwert*  
Bild 15 gibt eine weitere Kurvenschar wieder, bei der man, wenn der Abflußbeiwert und die Wassergeschwindigkeit angenommen werden, aus der Lauflänge den Höchstwasserabfluß in l/s ha ablesen kann.

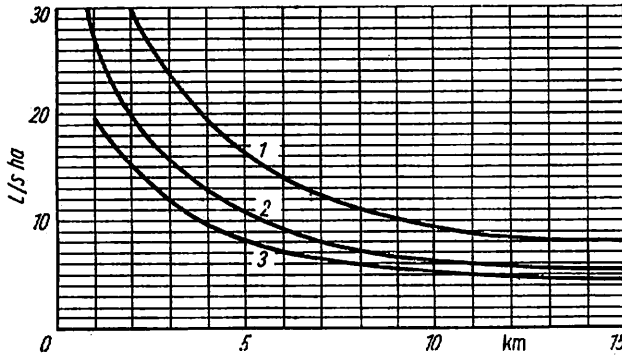


Bild 14. Schätzung der Abflußmenge für offene Abwasserkanäle aus der Länge

- 1 Abfluß bei mäßiger Bebauung und gutem Gefälle,
- 2 Abfluß bei schwacher Bebauung und gutem Gefälle,
- 3 Abfluß bei schwacher Bebauung und schwachem Gefälle

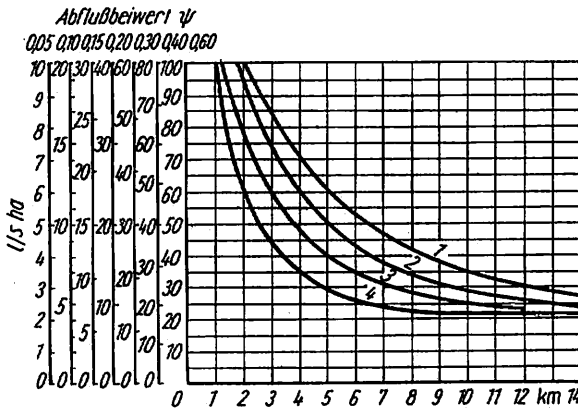


Bild 15. Abflußmenge aus Länge, Geschwindigkeit und Abflußbeiwert

- 1 bei Geschwindigkeit  $v = 2,5$  m/s, 2 bei  $v = 2,0$  m/s, 3 bei  $v = 1,5$  m/s, 4 bei  $v = 1,0$  m/s



### 5.3. Berechnung der Hydraulik in Entwässerungsnetzen

Die Berechnung der Kanalquerschnitte erfolgt beim Trennsystem nach den Gleichungen für die Teilfüllung, während beim Mischsystem die volle Füllung des Rohrquerschnittes maßgebend ist.

Die wichtigste Aufgabe einer Kanalisationsleitung besteht darin, daß alle im städtischen Abwasser befindlichen Stoffe sicher abgeschwemmt werden, d. h., es muß in den Kanälen eine gewisse *Schleppkraft* des Wassers vorhanden sein.

Voraussetzungen für diese Schleppkraft sind:

- richtiger Rohrquerschnitt
- keine Unterschreitung des Mindestgefälles
- keine Überschreitung der Höchstgeschwindigkeit

#### 5.3.1. Gefälle der Entwässerungsleitungen

Die erforderlichen Grundlagen für die Berechnung der Rohrleitungen sind:

- die Abwassermenge
- das Gefälle
- das Rohrmaterial

In Abschn. 5.2. wurden die Methoden für die Berechnung der Abwassermenge behandelt.

Nach den Bemessungsgrundlagen [5] ist das Gefälle der Entwässerungsleitungen so zu wählen, daß Ablagerungen bei kleiner Geschwindigkeit und Materialzerstörungen bei großer Geschwindigkeit vermieden werden. Im Regelfall soll das Gefälle nicht

kleiner als  $I = \frac{100}{d}$  sein.

$I$  Gefälle in ‰

$d$  Rohrdurchmesser in cm

Die Fließgeschwindigkeit soll bei voller Füllung der Robre nicht größer als 2,5 m/s sein.

In Steinzeug- oder Schleuderbeton- und Rüttelbetonrohren sind Geschwindigkeiten bis 5,0 m/s noch zulässig. Sollten sich örtlich noch größere Geschwindigkeiten oder andere Abweichungen von den oben angegebenen Werten ergeben, dann sind diese besonders zu begründen.

Aus Bild 16 können die Grenzwerte für die Fließgeschwindigkeiten entsprechend dem Rohrdurchmesser sofort abgelesen werden.

Als Faustformel für grobe Schätzungen kann gelten:

Mindestgefälle

1 : Dmr. in mm,

Höchstgefälle

1 : Dmr. in cm.

Für Hausanschlüsse ist ein Mindestgefälle von 1 : 50 vorgeschrieben.

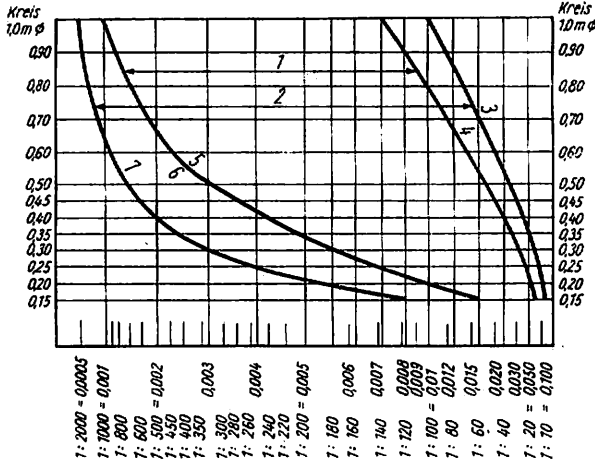


Bild 16. Mindest- und Höchstgefälle beim Kreisprofil

1 Gefällebereich der gewöhnlichen Abwässer, 2 Gefällebereich bei sandfreiem Abwasser, 3 Höchstgefälle  $v = 3,0$  m/s, 4 volle Füllung  $b = 1,0$  d,  $v = 2,5$  m/s, 5 volle Füllung  $b = 1,0$  d,  $v = 1,0$  m/s, 6 Teilfüllung  $b = 0,20$  d,  $v = 0,5$  m/s, 7 Teilfüllung  $b = 0,25$  d,  $v = 0,4$  m/s, 8 Mindestgefälle

### 5.3.2. Berechnung der Hydraulik in Kanälen

#### Volle Füllung

Für die Berechnung von Rohrleitungen werden folgende Beziehungen verwendet:

$$\begin{aligned}
 Q &= v \cdot A \\
 l \cdot v^2 & \\
 I &= \frac{l \cdot v^2}{d \cdot g^2} \\
 v &= k_s \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}
 \end{aligned} \tag{6}$$

Darin bedeuten

$v$  Geschwindigkeit in m/s

$A$  Fläche in  $m^2$

$Q$  Widerstandsbeiwert

$k_s$  Rauigkeitsbeiwert

$d$  Rohrdurchmesser in mm

$g$  Erdbeschleunigung  $m/s^2$

$R$  hydraulischer Radius =  $\frac{\text{Fläche}}{\text{benetzter Umfang}}$  in mm

$I$  Gefälle in ‰

Um die aufwendige Rechenarbeit zu ersparen, sind für verschiedene Rauigkeiten Berechnungstabellen aufgestellt worden.

Zur Berechnung von Teilfüllungen von Rohrquerschnitten sind sogenannte Füllhöhenkurven für Abfluß und Geschwindigkeit aufgestellt worden.

### **Aufgaben**

1. Was versteht man unter dem Berechnungsregen?
2. Wie wird die Schmutzwasserabflußspende ermittelt?
3. Welche Berechnungsmethoden für Mischwasserleitungen kennen Sie, und was beinhaltet das Zeitbeiwertverfahren?
4. Wozu werden die Füllhöhenkurven verwendet?

## 6. Vorgänge bei der Abwasserreinigung

Je nach Art der Verunreinigung der Abwässer erfolgt die Abwasserreinigung durch mechanische, chemische, biologische und biochemische Vorgänge.

### 6.1. Mechanische und chemische Vorgänge

*Bei der mechanischen Klärung des Abwassers werden die ungelösten, schlammbildenden Sink- und Schwimmstoffe durch Absieben und Abscheiden entfernt.*

Der Prozeß des Absiebens oder Abfischens, der mit Rechen, Gittern oder Siebanlagen vorgenommen wird, stellt nur eine grobe Vorreinigung dar. Dabei werden grobe Stoffe, wie Obst- und Gemüsereste, Lumpen, Papierfetzen, Äste usw. entfernt.

Die ungelösten feineren Stoffe passieren die Rechen und Siebanlagen und werden in Sandfängen, Fett- und Leichtflüssigkeitsabscheidern und Absetzbecken zurückgehalten. In diesen läuft der eigentliche Ausscheidungsvorgang ab.

Die Behandlung vorwiegend in der Industrie anfallender Abwässer erfolgt auch durch chemische Vorgänge, wie Neutralisation, Fällung und Chlorung.

#### Neutralisation

Bei der Neutralisation erfolgt die Umsetzung einer Säure mit einer Base bis zu dem Punkt, an dem die Lösung weder sauer noch basisch reagiert. Dies tritt ein, wenn die Konzentration der den sauren Charakter bestimmenden Wasserstoffionen und der den basischen Charakter bestimmenden Hydroxylionen gleich ist. In diesem Falle treten beide zu undissoziiertem Wasser nach der Gleichung  $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$  zusammen.

In der Praxis werden den sauren Abwässern mit freien mineralischen oder organischen Säuren basische Materialien zugesetzt (Kalkmilch, Kalkstein oder Abfallstoffe mit alkalischer Reaktion, wie Asche), so daß eine Neutralisation eintritt.

#### Fällung

Die Fällung wird meist dort angewendet, wo eine weitgehendere Reinigung als durch mechanische Klärung erreicht werden soll. Hierbei werden durch Zugabe von bestimmten Metallsalzen (vorwiegend Aluminium- oder Eisensalze) die kolloidal gelösten organischen und anorganischen Stoffe ausgefällt. Diese Metallsalze bilden bei

ihrer Lösung in Wasser das entsprechende Hydroxid, das in Flockenform anfällt, organische Stoffe einschließt oder adsorbiert und diese beim Absetzvorgang mit zu Boden reißt.

Viele gewerbliche Abwässer haben einen hohen Gehalt an Phenolen. Diese Abwasserinhaltsstoffe bewirken neben den rein toxischen (besonders bei Fischen) auch andere unerwünschte Erscheinungen, wie die Sauerstoffzehrung in Vorflutern oder die Geschmacksbeeinträchtigung bei Trinkwasser (Chlorphenolbildung).

Die Entfernung des Phenols aus dem Abwasser kann sowohl durch Extraktion, Adsorption oder Fällung erfolgen.

Als Extraktionsmittel werden Benzol, Toluol, Trikresylphosphat oder Phenosolvan verwendet, die das im Abwasser enthaltene Phenol lösen und seine spätere Trennung vom Lösungsmittel zulassen.

Als Adsorptionsmittel findet vorwiegend Aktivkohle Verwendung. Das an die Kohle adsorbierte Phenol wird später durch heiße Gase ausgetrieben oder durch wasserunlösliche Mittel (Benzol, Xylol) ausgewaschen.

Die Ausfällung des Phenols aus Abwässern nach *Chulkow* [22] erfolgt durch Einleiten von Natronlauge und Chlor. Es kann auch ein biologischer Abbau des Phenols in künstlichen biologischen Anlagen bei einer entsprechenden Verdünnung des industriellen mit häuslichem Abwasser (1 : 10 bis 1 : 20) erfolgen.

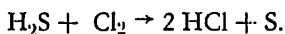
### Abwasserchlorung

Der Hauptzweck der Abwasserchlorung zur Entgiftung organischer Abwässer ist die Abtötung schädlicher Bakterien.

Die als wirksamer Stoff anzusprechende unterchlorige Säure (Hypochlorit) wird entweder direkt in das Abwasser eingebracht (Chlorkalk, Caporit, Natriumhypochlorit) oder entsteht beim Einleiten von Chlorgas in Wasser.

Die Chlorung bewirkt außerdem die Verzögerung von Fäulnisvorgängen im Wasser.

Durch die Chlorung des mechanisch geklärten Abwassers kann dessen Fäulnis bis zu einer genügenden Verdünnung im Vorfluter hinausgezögert werden. Auch dieser Vorgang kommt durch die Abtötung der Mikroorganismen zustande. Ein weiterer Vorteil der Abwasserchlorung ist die Beseitigung von fauligem Geruch. Das einwirkende Chlor zersetzt den geruchbildenden Schwefelwasserstoff nach der Gleichung



## 6.2. Biologische und biochemische Vorgänge

An dem in unseren Gewässern ablaufenden natürlichen Selbstreinigungsprozess sind viele Organismengruppen beteiligt. Ob Bakterien, Pilze und Hefen, Algen, Kleinkrebse, Insektenlarven oder Fische, alle erfüllen dabei die verschiedensten Aufgaben.

Stets sind aber die als Mikroorganismen bezeichneten Gruppen der Bakterien, Hefen und Algen die Initiatoren des Abbaus und der Verarbeitung organischer Substanzen. Bei den Verfahren der Abwasserreinigung nutzt man diese Vorgänge bewußt aus und versucht sie zu steuern.

*Drei Bedingungen* sind für ein einwandfreies Ablaufen der Reinigungsprozesse entscheidend:

- die Schaffung großer Oberflächen zum Ansetzen der Organismen (z. B. beim Tropfkörper für die Ausbildung des biologischen Rasens und beim Belebungsbecken in Form der schwebenden Flocken – Abschn. 7.3.3.)
- die Zuführung von genügend freiem Sauerstoff an das Abwasser
- die intensive Heranführung des Sauerstoffs an die Zelloberfläche der einzelnen Mikroorganismen sowie der notwendige Abtransport der entstandenen Stoffwechselprodukte.

Die Erfüllung dieser Bedingungen wird unter natürlichen Verhältnissen am anschaulichsten demonstriert. Beim Lauf eines Gebirgsbaches erfolgt beim kaskadenartigen Versprühen des Wassers über Steine ein guter Sauerstoffeintrag, und die filmartige Nebeneinanderlagerung der Mikroorganismen gewährleistet eine maximale Zuführung von Sauerstoff an deren Zelloberfläche und die schnellste Abführung der Stoffwechselprodukte.

An Stellen, wo der Anfall von erheblichen Mengen fäulnisfähiger organischer Substanzen mit einer intensiven Heranführung von sauerstoffhaltigem Wasser gekoppelt ist, kommt es zu ungewöhnlichen Häufungen von Organismen (Hafeneinfahrten, Flußmündungen in Seen usw.). Funde von roten Schlammröhrchenwürmern (Tubificiden) mit 60000 bis 70000 Exemplaren pro Quadratmeter [23] lassen die ungeheure Anzahl der beteiligten Mikroorganismen ahnen, die den Hauptteil der Selbstreinigung bewirken.

● *Schlußfolgerung:*

*Eine intensive Zuführung von Sauerstoff zu den organischen fäulnisfähigen Stoffen des Abwassers in einer biologischen Reinigungsanlage muß ebenfalls zu extrem dichten Ansiedlungen von Organismen, d. h. zu günstigen Bedingungen für die natürliche Selbstreinigung führen.*

Das Wesen der Selbstreinigung besteht in dem stufenweisen Abbau der komplizierten organischen Verbindungen bis zu ihren Grundbausteinen. Bei diesem Prozeß wirken die verschiedenen Gruppen der Mikroorganismen zusammen und ergänzen sich in ihren Abbauleistungen. Aus diesem Grunde können die Kohlenhydrate (Stärke, Zellulose) bis zum Kohlendioxid und Methan, die Fette bis zum Kohlendioxid, Methan und Wasserstoff abgebaut werden. Die Mikroorganismen gewinnen aus diesen Abbauvorgängen die Energie für ihre Lebenstätigkeit.

Die meisten *Bakterien* können ihre Nahrungsstoffe aber nicht in fester Form aufnehmen. Durch Ausscheiden von Körpersäften, den Enzymen, werden die festen Substanzen angegriffen, aufgelöst und so für die Aufnahme vorbereitet. Die flüssigen

Nährstoffe gelangen durch Diffusion in das Innere der Bakterienzelle. Diese ist prall gefüllt und erreicht einen Druck bis zu 3 Atmosphären. Sie ist aber nur so lange lebensfähig, wie die Konzentration der im Wasser gelösten Stoffe die der Stoffe in der Bakterienzelle nicht übersteigt.

Ist die Konzentration der Außenlösung stärker, dann tritt aus der Bakterienzelle Wasser aus, und die Zelle schrumpft. Kurzzeitige Schrumpfungen können überwunden werden, längere führen zum Absterben der Zelle (wichtig für den Betrieb von Kläranlagen – keine stoßweisen Überbelastungen!)

Die Bedeutung der Bakterien für die Abwasserreinigungsvorgänge wird durch deren große Anzahl und große Oberfläche noch erhöht.

Ein Milligramm frischer Bakterienmasse enthält 50 bis 100 Millionen Organismen; ein Kilogramm Bakterienmasse hat eine Oberfläche von rund 4000 m<sup>2</sup>.

Als Vergleich sei ein Kilogramm menschlicher Körpermasse herangezogen, die eine Oberfläche von etwa 0,04 m<sup>2</sup> aufweist.

Neben den Mikroorganismen, die ihre Nahrung nur in flüssiger Form aufnehmen, gibt es auch verschiedene Arten, z. B. *Wimpertierchen*, die feste Partikel verwerten. Diese strudeln mit ihren Wimpern die Inhaltsstoffe des Abwassers (anorganische und organische Partikel, Bakterien) zu sich heran und nehmen sie auf. Diese Organismen wirken am stärksten auf die Klärung des Abwassers, ihre chemische Abbauwirkung ist jedoch gering.

Die Gruppe der *Algen* lebt von den beim Abbau entstandenen Grundbausteinen. Diese Organismen sind in der Lage, aus Kohlendioxid und Wasser unter Ausnutzung des Lichts einfache Kohlenhydrate zu bilden, die sie für ihre Lebenstätigkeit benötigen. Bei diesem als *Photosynthese* bezeichneten Vorgang fällt als Nebenprodukt Sauerstoff an.

Die Sauerstoffproduktion ist die wichtigste Eigenschaft der Algen für die Abbauprozesse in der Abwasserbehandlung.

Während durch atmosphärische Belüftung täglich etwa 1 bis 2 g Sauerstoff je m<sup>2</sup> Oberfläche eingetragen werden können, werden durch die Photosynthese der Algen bis zu 25 g Sauerstoff je m<sup>2</sup> Oberfläche und Tag erzeugt [3].

Mit diesen Gruppen sind die wichtigsten für den Abbau der organischen, fäulnisfähigen Substanz verantwortlichen Organismen charakterisiert. Andere Gruppen, wie Würmer, Kleinkrebse, Insektenlarven oder Fische, sind nur für die Vorgänge innerhalb der Nahrungskette von Interesse. Ihre Wirksamkeit wird bei den entsprechenden Abwasserbehandlungsverfahren erläutert.

### 6.3. Untersuchungen des Abwassers

Bei der Untersuchung des Abwassers werden Aussagen über Zusammensetzung und Eigenschaften des Untersuchungsgegenstandes gewonnen. Die Ergebnisse bilden die

zahlenmäßigen Unterlagen für die Beurteilung und Beantwortung von Fragen, die sich bei den Abwasserbehandlungsverfahren ergeben.

Es sind Fragen

- des Reinigungseffektes von Anlagen
- der Einsatzmöglichkeit für eine landwirtschaftliche Abwasserverwertung
- des Einflusses des Abwassers auf Vorfluter und die dadurch entstehenden nachteiligen Folgen

### 6.3.1. Probennahme

Der Zweck der Untersuchung muß schon bei der Probennahme berücksichtigt werden. Dies kann den Zeitpunkt und den Ort der Entnahme betreffen, aber auch die Art der Proben (Einzelproben, Mischproben, korrespondierende Proben).

*Schon bei der Probennahme ist eine gründliche Kenntnis der örtlichen Verhältnisse nötig.*

Die sachgemäße Entnahme der Proben ist von entscheidendem Einfluß auf die analytischen Untersuchungsergebnisse und die spätere richtige Auswertung der Analysenbefunde.

#### Einzelprobe

Bei der Untersuchung des Einflusses auf Vorfluter erweist sich die Einzelprobe als zweckmäßig, weil es hierbei meist auf Erfassung von Höchstwerten der Verunreinigung ankommt.

#### Mischprobe

Bei der Untersuchung von Kläranlagen ist diese stichprobenmäßige Erfassung des Zustandes von zu geringer Aussagekraft. Hier bedient man sich der Mischprobe. In bestimmten Zeitabständen werden dazu Einzelproben entnommen und diese in einem besonderen Gefäß zu einer einheitlichen Probe vereinigt, die dann untersucht wird. Die Zeitdauer der Mischprobe kann unterschiedlich sein. Es können Tages-, Nacht- und Mehrstundendurchschnitte gewählt oder es kann eine Mischung aus Entnahmen innerhalb von 24 h hergestellt werden.

Bei diesen Proben werden die beim Abwasseranfall vorhandenen Unterschiede in der Konzentration mit erfaßt, auch wenn sie nicht einzeln in ihrer Höhe ausgewiesen werden. Besonders für die sogenannten Düngewertanalysen, bei denen Art und Menge der landwirtschaftlich interessanten Abwasserinhaltsstoffe erfaßt werden, ist die Mischprobe von Vorteil.



### Korrespondierende Probe

Bei der Untersuchung der Reinigungswirkung von Anlagen bedient man sich der korrespondierenden Proben. Dabei wird der Kläranlage zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Stufen des Reinigungsvorganges Abwasser entnommen.

Diese Untersuchungen ermöglichen Aussagen sowohl über die Reinigungswirkung einzelner Anlagenteile als auch über das ganze System.

Bei den korrespondierenden Proben muß die Aufenthaltszeit des Abwassers in den einzelnen Stufen bekannt sein. Diese Zeiten können durch Zusatz von Farbstoffen (Fluorescein, Methyleneblau), Kochsalz oder Tonaufschwemmungen, aber auch durch radioaktive Materialien getestet werden.

Alle zugesetzten Substanzen müssen eine durch den Reinigungsvorgang des Abwassers nicht berührte, unveränderliche Größe darstellen. So können sie beim Durchlaufen der Anlage zeitlich leicht verfolgt werden.

*Die Probenahme aus Kanälen erfolgt an den Stellen, die eine gute Durchmischung des Abwassers aufweisen.*

Strecken mit Rückstau verfälschen den Schlammanteil im Abwasser. Das Problem der richtigen Durchmischung tritt auch bei der Probenahme aus Vorflutern auf. Es ist sehr oft zu beobachten, daß sich in Flußläufen kilometerlange „Abwasserfahnen“ bilden, die sich mit dem Flußwasser nur schwer vermischen. Ursache für diese schlechte Durchmischung können Konzentrationsunterschiede (Salzgehalt), aber auch unterschiedliche Temperaturen beider Wasserkörper sein. Das Abfüllen der Proben muß sorgfältig vorgenommen werden.

Entnahmegерäte und Transportgefäße müssen frei von Verunreinigungen sein und sollen vor der Benutzung mehrmals mit dem zu untersuchenden Wasser ausgespült werden.

Für den Transport sind am besten Glasflaschen mit Schliffstopfen geeignet, die luftblasenfrei gefüllt werden. Manche Stoffe werden während des Transports der Proben und der Zeit bis zur Untersuchung durch biologische und chemische Vorgänge beeinflusst. Der Nachweis ist dann gestört, da diese Stoffe verändert werden oder ganz verschwinden können. Beeinflusst werden vor allem Nitrate, Nitrite, freies Chlor, Cyanverbindungen, Schwefelwasserstoff, Phenole u. a. Diese Vorgänge können durch Zusatz von Konservierungsmitteln (Chloroform, Schwefelsäure, Natronlauge) vermieden werden.

#### 6.3.2. Physikalische und chemische Untersuchungen

Es gibt kein bestimmtes Schema, nach dem die Abwässer untersucht werden können.

Der Umfang der Untersuchungen muß ebenso wie die Probenahme von Fall zu Fall entschieden werden und hängt ab von

- der Art des Abwassers

- dem Zweck der Untersuchung
- den örtlichen Verhältnissen

Nur bei der laufenden Untersuchung einer bestimmten Abwasserart oder der ständigen Kontrolle bestimmter Abwasserbehandlungsanlagen bedient man sich zweckmäßigerweise eines bestimmten Schemas. Im folgenden werden die physikalischen und chemischen Untersuchungen wichtiger Abwasserinhaltsstoffe behandelt. Am Ort der Probenahme werden Untersuchungen über die äußere Beschaffenheit des Abwassers, wie Temperatur, Farbe, Trübung und Geruch, sofort durchgeführt.

### Temperaturmessung

Die Messung der Temperatur ist bei Abwässern aus Gewerbe und Industrie sowie bei Kühl- und Kondenswässern von Bedeutung und besonders bei Vorfluteruntersuchungen wichtig.

▮ *Hobe Temperaturen beschleunigen die chemischen und biologischen Umsatzprozesse im Abwasser.*

Ein Erwärmen von Gewässern durch Einleiten heißer Abwässer wird sich daher wie eine zusätzliche Verschmutzung auswirken.

Die Temperaturmessung erfolgt am Ort der Probenahme mit einem sich schnell einstellenden Thermometer. Das Ergebnis wird auf halbe Grade abgerundet. Bei Einleitung in die Kanalisation soll das Abwasser den Richtwert von 35 °C nicht übersteigen.

### Bestimmung der Farbe

Die Farbe des Abwassers wird meist nur qualitativ bestimmt. Eine quantitative Erfassung ist nur in Ausnahmefällen erforderlich.

▮ *Frisches, den Haushalten entstammendes Abwasser ist grau, angefaultes schwarz gefärbt (Bildung von Schwefeleisen).*

Angaben wie gelblich, grünlich, rötlich oder in Zwischentönungen, wie gelblich-braun, gelblich-grün usw., genügen, wenn das Abwasser besonders durch Schmutzstoffe aus der Industrie anderweitig gefärbt ist.

### Bestimmung der Trübung

Die Trübung des Abwassers wird ebenfalls nur durch qualitative Kennzeichnung, wie klar, fast klar, opaleszierend, schwach und stark getrübt, charakterisiert.

In bestimmten Behandlungsstufen oder bei Vorfluteruntersuchungen setzt man die *Sichtscheibe* ein – eine weiße Scheibe, die mit einer Schnur in das zu untersuchende Wasser hinabgelassen wird.

▮ *Die Tiefe, bei der die Scheibe für das Auge gerade entschwindet, wird als Sichttiefe in Metern angegeben.*

### Bestimmung des Geruches

Der Geruch gibt über den Zustand des Abwassers Aufschluß und läßt Rückschlüsse auf bestimmte Inhaltsstoffe zu. Die Prüfung erfolgt mittels einer mit Abwasser gefüllten, geschlossenen Flasche nach Lüften des Stopfens.

■ *Frisches Abwasser aus Haushaltsabflüssen riecht dumpfig, aber nicht belästigend.*

Erst beim Einsetzen von Fäulnisprozessen nimmt das Abwasser einen ekelerregenden Geruch an (Schwefelwasserstoffbildung). Die gewerblichen Abwässer haben teilweise einen ganz charakteristischen Geruch (Fischverarbeitung, Brauereien, Schlachthöfe, Lackfabriken usw.). Die Qualitätsbeurteilung erfolgt nach chemischen Stoffen, wie Phenol, Chlor, Amine, Fettsäuren u. dgl., und nach der Intensität, z. B. stark, schwach, ohne Besonderheit.

### Bestimmung des pH-Wertes

Als pH-Wert wird der negative Logarithmus der Wasserstoffionen-Konzentration einer wäßrigen Lösung bezeichnet.

Reines neutrales Abwasser hat einen pH-Wert von 7,0. Bei Werten unter 7,0 spricht man von einer sauren, bei Werten über 7,0 von einer basischen Reaktion.

■ *Die Reaktion ist um so stärker, je mehr der Wert vom Neutralpunkt 7,0 abweicht.*

Freie Säuren oder Alkalien im Abwasser bewirken einen unterschiedlichen Verlauf der biologischen Vorgänge und können diese bei starken Konzentrationen völlig zum Stillstand bringen. Dies tritt ein, wenn der pH-Wert unter 5,5 sinkt oder über 8,5 steigt. Der günstigste pH-Wert für die Lebenstätigkeit der Mikroorganismen liegt zwischen 7,0 und 7,6.

Die Bestimmung des pH-Wertes kann nach zwei verschiedenen Methoden erfolgen:

- durch eine näherungsweise Messung mittels bestimmter Farbstoffe (Indikatoren), die in Lösung eine vom pH-Wert abhängige Färbung aufweisen
- durch elektrochemische Messung, bei der die elektromotorischen Kräfte der positiv geladenen Wasserstoffionen ( $H^+$ ) und der negativ geladenen Hydroxytionen ( $OH^-$ ) ausgenutzt werden.

Die elektrochemische Messung ist genauer und wird außerdem von der Färbung und Trübung des Abwassers nicht beeinflußt.

### Bestimmung der absetzbaren Stoffe

Die absetzbaren Stoffe sollen im Verlauf der Abwasserbehandlung in den Absetzanlagen abgeschieden werden. Bei ihrer Bestimmung bedient man sich der trichterförmigen Absetzgläser nach Imhoff [6]. Diese Litergläser haben an ihrem spitzen Ende eine Milliliter-Einteilung für 100 ml gleich 100 cm<sup>3</sup>. Das Abwasser wird in das

Absetzglas gefüllt und bleibt 2 Stunden darin stehen. Nach dieser Absetzzeit wird die Menge der Sinkstoffe abgelesen. Die Angabe erfolgt in *ml/l*.

Die nicht absetzbaren Schwebstoffe können aus der überstehenden Flüssigkeit durch Filtration und anschließende Trocknung bestimmt werden.

### Bestimmung des Abdampf- und Glührückstandes

■ *Durch Verdampfen des Wassers der unfiltrierten Probe bestimmt man den Abdampfrückstand.*

Nach dem Verdampfen wird die Probe im Trockenschrank bei 105 °C bis zur Massekonstanz behandelt und gewogen. Die Masseangabe erfolgt in *mg/l*.

■ *Ein Glühen des Gesamtabdampfrückstandes bei 600 bis 700 °C ergibt den Glührückstand.*

Da die organischen Stoffe während des Glühvorganges verbrennen, ergibt die Masse des Glührückstandes in *mg/l* den ungefähren Gehalt des Abwassers an ungelösten und gelösten mineralischen Stoffen. Der Wert ist deshalb ungenau, weil beim Glühen sich auch ein geringer Teil der mineralischen Stoffe verflüchtigt (Zinkoxid) und Kohlendioxid entweicht. Die Differenz zwischen Gesamtabdampfrückstand und Gesamtglührückstand wird als *Glühverlust* bezeichnet.

### Bestimmung der Fäulnisfähigkeit

Bei der Bestimmung der Fäulnisfähigkeit wird auf die bei biologischen Vorgängen im Abwasser entstehende Schwefelwasserstoffentwicklung zurückgegriffen.

Die Probe wird in einer verschlossenen Glasflasche unter Lichtabschluß bei 22 °C aufbewahrt. In den Luftraum zwischen Wasseroberfläche und Flaschenhals wird nach bestimmten Zeitabständen ein Streifen feuchtes Bleiacetatpapier gehalten. Bei Vorhandensein von Schwefelwasserstoff zeigt der eingehängte Papierstreifen eine Schwärzung. Die Zeitspanne zwischen Untersuchungsbeginn und auftretender Schwärzung, wird angegeben, z. B. Faulfähigkeit sofort, Faulfähigkeit nach 2 d usw. Diese Untersuchung wird auf maximal 10 d ausgedehnt. Für eine abschließende Beurteilung eines organisch verunreinigten Abwasser ist diese Methode unentbehrlich. Sie kann sowohl für Abwasser als auch für Schlamm angewendet werden. Es werden Aussagen über die Reinigungswirkung einer biologischen Abwasserbehandlungsanlage oder über die Zulässigkeit der Einleitung von Abwässern in den Vorfluter gewonnen.

Bei städtischen oder gewerblichen Abwässern mit viel organischen Stoffen (Nahrungsmittelindustrie) finden wir immer Fäulnisfähigkeit vor, bei industriellen Abwässern (z. B. chemischen Fabriken) kann sie geringer sein oder vollkommen fehlen (Kohlenwaschwässer). Die Schwefelwasserstoffentwicklung kann bei stark saurer oder alkalischer Reaktion des Abwassers ausbleiben; auch die Bindung des Schwefelwasserstoffs an bestimmte Abwasserinhaltsstoffe ist möglich.

### Bestimmung des Kaliumpermanganat-Verbrauchs

Die Bestimmung des Kaliumpermanganat-Verbrauchs oder des chemischen Sauerstoffverbrauchs (CSV) gibt einen Überblick über die Abwasserinhaltsstoffe, die chemische Reaktionen mit Sauerstoff eingehen.

Kaliumpermanganat gibt bei Anwesenheit von Schwefelsäure Sauerstoff frei, der zur Oxydation bestimmter Stoffe erforderlich ist. Bei diesem Prozeß wird Kaliumpermanganatlösung verbraucht.

Im wesentlichen findet die Oxydation bei organischen Stoffen statt, erfaßt aber auch anorganische Komponenten auf einer höheren Oxydationsstufe (Schwefelwasserstoff, Nitrit u. a.). Da der Grad der Oxydation von der Art und Konzentration der organischen Stoffe, der Konzentration des Kaliumpermanganats, dem pH-Wert, der Reaktionstemperatur und der Reaktionszeit abhängig ist, müssen die Untersuchungsbedingungen streng eingehalten werden.

Der chemische Sauerstoffbedarf ist als Näherungswert für die Bestimmung des Gehalts an organischen Verschmutzungen im Abwasser wichtig. Für eine endgültige Beurteilung des Verschmutzungsgrades ist er jedoch nicht zu verwenden, da er den Sauerstoffbedarf für biologische Vorgänge unberücksichtigt läßt. Aussagen über die Abbaubarkeit in biologischen Reinigungsanlagen liefert der *biochemische Sauerstoffbedarf (BSB)*, der in Abschn. 6.3.3. näher erläutert wird.

Die Stickstoffverbindungen im Abwasser umfassen den Stickstoff, der in Form von *Ammoniak*, *Nitrit*, *Nitrat* oder organisch gebunden vorliegt. Neben Phosphor ist Stickstoff der wichtigste Pflanzennährstoff.

Die Menge und die Art der im Abwasser enthaltenen Stickstoffverbindungen gestatten Aussagen über den Grad der Zersetzung organischer Inhaltsstoffe.

Frisches häusliches Abwasser enthält verhältnismäßig viel *organisch gebundenen Stickstoff*, wenig *Ammoniak* und ist frei von *Nitraten* und *Nitriten*.

Der organisch gebundene Stickstoff wird nach der *Kjeldahl-Methode* bestimmt.

Durch ein Gemisch von konzentrierter Schwefelsäure und Kaliumsulfat wird er unter katalytischer Wirkung von Quecksilberionen oder dem Reaktionsgemisch entsprechend bei etwa 350 °C in *Ammoniak* übergeführt und in dieser Form bestimmt.

Zur Konservierung der Probe nach Entnahme empfiehlt sich für die Bestimmung des gelösten organisch gebundenen Stickstoffs die Zugabe von 2 bis 4 ml Chloroform je Liter filtrierter Wasserprobe.

Im angefaulten Abwasser hat der Gehalt an organisch gebundenem Stickstoff durch den einsetzenden Abbau abgenommen, der Gehalt an *Ammoniak* ist gestiegen. Auch hier fehlen *Nitrat* und *Nitrit*. Die Bestimmung des *Ammoniaks* wird auf kolorimetrischem Wege, z. B. mit Hilfe eines *Pulfrich-Kolorimeters* oder eines *Lange-Kolorimeters* vorgenommen. Unter aeroben Bedingungen in biologischen Reinigungsanlagen verliert das Abwasser seine Fäulnisfähigkeit. Der Stickstoff des *Ammoniaks* und der organischen Verbindungen wird über das *Nitrit* in die höchste Oxydationsstufe, das *Nitrat*, übergeführt.

*Nitrat stellt das Endprodukt des als Nitrifikation bezeichneten Vorganges dar (Abschn. 7.3.3. Tropfkörper) und ist ein Zeichen der Abbauwirkung von biologischen Abwasserbehandlungsanlagen.*

Das Abwasser ist in diesem Zustand arm an organisch gebundenem Stickstoff und Ammoniak. Nitrit und Nitrat werden ebenfalls kolorimetrisch (durch Farbvergleich) bestimmt, indem man die Intensität eines mit bekannter Konzentration gebildeten Farbkomplexes mit der zu untersuchenden Probe vergleicht.

*Der Gesamtstickstoffgehalt ist die Summe aller einzelnen Stickstoffkomponenten.*

Der Gehalt an Ammoniak, Nitrit und Nitrat wird in mg Stickstoff/l umgerechnet und der organisch gebundene Stickstoff in mg/l hinzugerechnet.

### Bestimmung des Phosphors

Phosphor wird von allen Organismen zum Aufbau der Körpersubstanz benötigt.

Phosphor kann im Abwasser vorhanden sein in Form von

- gelöstem Orthophosphat
- anorganischen kondensierten Phosphaten
- gelösten und ungelösten organischen Phosphorverbindungen

Während Bakterien beim Abbau der organischen Substanz Phosphor in organisch gebundener Form aufnehmen können, sind Algen und höhere Wasserpflanzen auf die Gegenwart des gelösten Orthophosphats angewiesen. Unter bestimmten Bedingungen ruft Orthophosphat beträchtliche Massentwicklungen von Organismen hervor, die nach ihrem Absterben eine zu beachtende sekundäre Verschmutzung des Wassers verursachen. Die Einleitung von Abwasser in reine Gewässer, Talsperren, Seen u. dgl. führt zu einer bedeutenden Verschlechterung der Wasserqualität.

Im häuslichen Abwasser sind reichliche Mengen an Phosphor enthalten, die aus den abgebauten Nahrungsstoffen, aber auch aus den immer häufiger verwendeten modernen Waschmitteln stammen können.

*Phosphorverbindungen werden selbst bei einer biologischen Abwasserbehandlung nur zu einem geringen Teil entfernt.*

Während bei einer landwirtschaftlichen Abwasserverwertung oder beim Abwasserfischteichverfahren Phosphor als Düngestoff geschätzt ist, führt das Einleiten von phosphorhaltigem Abwasser in stehende Gewässer zu den erwähnten unangenehmen Folgeerscheinungen.

Um die Nährstoffbedingungen eines Gewässers festzustellen, muß neben der Bestimmung seines Orthophosphatgehaltes auch die Erfassung der anderen Phosphorkomponenten in mg/l erfolgen. Die kondensierten und organischen Phosphorverbindungen werden dazu durch Aufschluß quantitativ in Orthophosphat übergeführt. Sein Gehalt wird erneut kolorimetrisch bestimmt. Die Differenz beider Messungen gibt den Gehalt in mg/l der in den kondensierten und organischen Verbindungen vorhandenen Phosphorsäure an.

## Bestimmung des Phenols

Besondere Aufmerksamkeit muß dem *Phenol* und seinen Derivaten im Abwasser zugewendet werden. Dieser vornehmlich aus industriellen Abwässern stammende Giftstoff (Phenol entsteht z. B. bei Fäulnisvorgängen des Laubes) fällt bei Kokereien, Schwelereien, Teerdestillationsanlagen, Hydrierwerken, Mineralölfabriken und vielen Betrieben der chemischen Industrie an. Ein Einleiten von phenolhaltigem Wasser in Vorfluter kann neben der allgemein schädlichen Sauerstoffzehrung auch gezielte Giftwirkung auf die niederen Wasserorganismen und Fische mit sich bringen. So kann es schon bei geringen Konzentrationen von Phenol (ab 0,2 mg/l) zu Abwanderungen der Fische oder zu Geschmacksbeeinträchtigungen des Fischfleisches durch Phenolspeicherung kommen; bei höheren Konzentrationen (3 bis 5 mg/l) treten akute Vergiftungserscheinungen (Fischsterben) auf, wobei Phenol als Nervengift wirkt.

Das Einleiten von phenolhaltigem Wasser in Gewässer, die der Trinkwassernutzung dienen, ist auch für Menschen gesundheitsgefährdend. Bei einer Chlorung des Trinkwassers, das Phenol enthält, tritt ein widerlicher Geschmack auf, der schon bei sehr großen Verdünnungen wirksam wird.

Die Beseitigung des Phenols und seiner Verbindungen aus dem Abwasser kann sowohl durch die Rückgewinnung über Entphenolungsanlagen als auch durch seine Zerstörung über Abbauvorgänge erfolgen. Die *Rückgewinnung des Phenols* wurde bereits in Abschn. 6.1. kurz erläutert.

Zur *Zerstörung der Phenole* können biologische Abbauprozesse, Adsorptionsmethoden oder vollständige Verbrennung angewendet werden.

Beim *biologischen Abbau* von Phenolabwässern erhalten die Mikroorganismen durch die einseitige Zusammensetzung des Abwassers nicht die entsprechende Nahrung. Deshalb mischt man die industriellen mit häuslichen Abwässern, um die fehlenden Nährstoffe zu ergänzen.

*Phenole können sowohl in Tropfkörpern als auch in Belebtschlammanlagen abgebaut werden.*

*Die kolorimetrische Phenolbestimmung erfolgt ebenfalls durch Farbvergleich mit einer Probe bekannter Konzentration.*

Um Verluste durch Abbau während des Transports und der Aufbewahrungszeit bis zur Untersuchung zu vermeiden, wird der Probe nach der Entnahme festes Ätznatron (4 g/l) zugesetzt.

## Bestimmung der Detergenzien

In den letzten Jahren hat sich der Gehalt an Detergenzien im Abwasser beträchtlich erhöht. Als *Detergenzien* werden synthetisch hergestellte Waschmittel bezeichnet, die wie die Seifen wasserlöslich sind und die Oberflächenspannung herabsetzen. Im Gegensatz zu den üblichen Seifen sind sie gegen pH-Wert-Änderung beständig und bilden keine unlöslichen Kalzium- und Magnesiumsalze.

*Die Anwesenheit von größeren Mengen an Detergenzien in Wäscherei- und Haus-*

*abwässern macht sich durch Schäumen in Belüftungsbecken von Kläranlagen und in Fließgewässern störend bemerkbar. Eine erhöhte Schaumbildung zerstört den Belebtschlamm und liefert bei der Schlammfäulung weniger Gas.*

Je nach ihrer Abbaubarkeit durch Mikroorganismen spricht man von *harten* oder von *weichen* Detergenzien.

*Während die harten Detergenzien in biologischen Reinigungsanlagen nur zu 20 bis 30 Prozent abgebaut werden, läßt sich der Abbaueffekt bei den weichen Detergenzien bis zu 80 Prozent und darüber steigern.*

Durch Einleiten von detergenzienhaltigen Abwässern in Vorfluter treten bei Konzentrationen über 5 mg/l Schäden an Fischen und Fischnährtieren auf [24]. Durch Ansammlung der Detergenzien auf den Kiemen und der Körperoberfläche der Fische kommt es zu einer Schädigung des Schleimschutzmantels der Haut, der sich in Flocken ablöst.

*Analytisch können die Detergenzien entweder nach einer Extraktion durch Chloroform über die Bildung eines Farbkomplexes mit Methylenblau oder durch Titration erfaßt werden.*

Nach der Probenahme erfolgt eine Fixierung mit 1 ml konzentrierter Schwefelsäure, um Verluste bis zur Bestimmung zu vermeiden.

### 6.3.3. Biochemische Untersuchungen

Bereits bei der Erläuterung des Kaliumpermanganatverbrauchs im vorangegangenen Abschnitt wurde hervorgehoben, daß zwischen dem Sauerstoffbedarf bei chemischen und dem bei biologischen Reaktionen organischer Stoffe ein grundsätzlicher Unterschied besteht. Der *biochemische Sauerstoffbedarf* (BSB) gibt die Sauerstoffmenge an, die von den Mikroorganismen beim Abbau der organischen Substanz verbraucht wird. Dieser Wert gibt am besten über die Höhe der Verschmutzung des Abwassers Auskunft, da die gleichen organischen Stoffe, die unter Laborbedingungen von den Mikroorganismen infolge Sauerstoffverbrauchs abgebaut werden, unter natürlichen Bedingungen den gleichen Abbauvorgängen unterliegen.

Die auf diese Weise meßbare Tätigkeit der Organismen bildet die beste Grundlage zur Bemessung biologischer Reinigungsanlagen oder zur Festlegung des Verdünnungsgrades für Abwasserleitungen. Aus den ermittelten Werten des zu reinigenden Abwassers lassen sich Kennziffern für Größe, Aufenthaltszeit und Luftbedarf von Belüftungsbecken u. dgl. ableiten.

*Die Methode der Bestimmung des biochemischen Sauerstoffbedarfs geht davon aus, daß die Mikroorganismen die in einer bestimmten Abwassermenge enthaltene organische Substanz unter aeroben Bedingungen abbauen und dazu eine bestimmte Sauerstoffmenge benötigen, die direkt ermittelt werden kann.*



Der Sauerstoff zum Abbau stammt aus einem sauerstoffreichen Verdünnungswasser, in das eine bestimmte Abwassermenge gegeben wird. Das Verdünnungswasser muß neben Sauerstoff eine genügende Menge Nährstoffe und Bakterien enthalten. Die Abwasserzugabe muß so gewählt werden, daß nach Beendigung des Versuches immer noch Sauerstoff im Wasser enthalten ist.

■ *Als Standarduntersuchung gilt eine Versuchsdauer von 5 d.*

Der Sauerstoffbedarf in 5 d wird deshalb als BSB<sub>5</sub> bezeichnet. Die Proben werden bei 20 °C und im Dunkeln aufbewahrt. Vor Beginn und nach Ablauf der 5 d wird der Sauerstoffgehalt bestimmt. Aus der Differenz beider Werte sowie der eingesetzten Abwassermenge wird der BSB<sub>5</sub> in mg/l errechnet.

Giftige Substanzen im Abwasser können die Bestimmung des BSB stören, indem sie den Abbau der organischen Stoffe hemmen oder ganz unterbinden.

In bestimmten Fällen kann die Versuchsdauer auch variiert werden (z. B. 2 d, 20 d usw.).

Der Abbau der organischen Substanz durch Mikroorganismen verläuft unter aeroben Bedingungen zeitlich in zwei Stufen:

- Zuerst werden die Kohlenstoffverbindungen (Kohlenhydrate, Eiweißstoffe) abgebaut; die Endprodukte dieses Abbaus sind Kohlensäure und Wasser. Dieser Prozeß nimmt mehrere Tage in Anspruch.
- Danach erfolgt die Nitrifikation der Stickstoffverbindungen, die beim BSB-Flaschenversuch nach etwa 10 d beginnt und bis zu mehreren Monaten dauern kann.

■ *Unter natürlichen Bedingungen überschneiden sich diese Vorgänge und laufen teilweise parallel ab, da sich durch die ständige Abwasserzufuhr die organische Substanz in den unterschiedlichsten Abbaustufen befindet.*

Nach 5 d Untersuchungsdauer ist aber bereits ein großer Teil der organischen Stoffe abgebaut, so daß dieser Zustand als Richtwert dienen kann.

### 6.3.4. Bakteriologische und biologische Untersuchungen

Während bei der Trinkwasseruntersuchung die bakteriologischen Methoden sehr wichtig sind, ist ihre Bedeutung bei der Abwasseruntersuchung geringer.

Im Abwasser sind die Bakterien, bedingt durch die intensiven Zersetzungsprozesse, in großer Anzahl vorhanden. Gehäuft sind im häuslichen Abwasser auch die Darmbakterien vorhanden, deren typischer Vertreter das *Bacterium coli* ist. Mit dem Nachweis dieses Bakteriums befaßt sich die Untersuchung des *Colititers*.

Als Colititer wird die kleinste Wassermenge bezeichnet, bei der während der Bestimmung noch Colikeime nachgewiesen werden (z. B. Colititer = 100: in 100 ml Untersuchungswasser noch Colibakterien nachweisbar; Colititer = 0,1: noch in 0,1 ml Wasser nachweisbar usw.). Die Bakterien werden in besonderen Nährlösungen bei

37 °C bebrütet und können nach der Koloniebildung während einer bestimmten Bebrütungszeit an ihrer charakteristischen Färbung erkannt werden.

■ *Der Colititer für häusliches Abwasser liegt unter  $10^{-6}$  m, d. h., daß sich noch in einem Millionstel Millimeter Probe bereits ein Colikeim befindet.*

Die Untersuchung des Abwassers auf krankheitserregende Bakterien (Typhus-, Cholera-, Ruhr- oder Tuberkulose-Erreger) ist nur den Bakteriologen möglich und wird normalerweise bei routinemäßigen Wasser- oder Abwasseruntersuchungen nicht vorgenommen.

Bei einer biologischen Reinigung des Abwassers oder bei der Gewässerüberwachung machen sich biologische Untersuchungen erforderlich, da neben den Bakterien auch zahlreiche Gruppen von höheren Organismen an den Stoffumsetzungen beteiligt sind.

Verschiedene Pflanzen und Tiere sind Fäulnisbewohner. Sie benötigen für ihre Entwicklung bestimmte Umweltbedingungen. Es sind also charakteristische Organismen, sogenannte Leitformen oder Indikatoren, bei einer bestimmten Stufe des Abbaus bzw. der noch bestehenden Verunreinigung vorhanden. Die unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber der Wasserverunreinigung ist auf den unterschiedlichen Sauerstoffbedarf der Organismen zurückzuführen.

Im Rahmen des *Saprobien-systems* werden diese Leitformen ausgenutzt, um bestimmte Wassergüteklassen zu charakterisieren. Nach *Liebermann* werden vier Wassergüteklassen unterschieden [25].

- Die *polysaprobe* Stufe (Wassergüteklasse IV) ist außerordentlich stark verunreinigt und durch das Vorherrschen von Fäulnisprozessen gekennzeichnet.

Neben der hohen Sauerstoffzehrung ist die Bildung von Schwefelwasserstoff charakteristisch. Sauerstoff fehlt oder wird nur in Spuren gefunden; die Prozesse laufen im anaeroben Bereich ab. Da in dieser Stufe der Abbau der komplizierten organischen Substanzen beginnt, sind die Bakterien die vorherrschende Organismengruppe. Die extremen Lebensbedingungen dieser Stufe haben zu einer hohen Anpassungsfähigkeit der Organismen an wechselnden pH-Wert, niedrigen Sauerstoffgehalt, Schwefelwasserstoff und Ammoniak geführt. Außer Bakterien haben sich in größerer Artenzahl noch die Geißel- und Wimpertierchen sowie die Amöben angepaßt. Algen und höhere Pflanzen oder Tiere fehlen.

- Die *α-mesosaprobe* Stufe (Wassergüteklasse III) ist ebenfalls noch stark verunreinigt.

Der durch Massenentwicklungen von Algen entstehende Sauerstoff löst intensive Oxydationsprozesse aus. Am Tage kann er teilweise die Sättigungsgrenze im Wasser überschreiten, während er in der Nacht stark absinkt. Der vorhandene Sauerstoff oxydiert auch den Schwefelwasserstoff, so daß die Geruchsbelästigungen wegfallen und das schwarze Schwefeleisen im Bodenschlamm in braunes Eisenoxidhydrat übergeführt wird. Neben den noch zahlreich vorhandenen Bakterien treten schon viele Gruppen von Algen, teilweise auch einige höhere Tiere und Pflanzen auf. Die Pflanzen und Tiere

bieten für manche schon in dieser Stufe vorhandenen Fische (Karpfen, Aal, Schleie) eine gute Nahrungsquelle.

- Die  $\beta$ -mesosaprobe Stufe (Wassergüteklasse II) ist nur noch mäßig verunreinigt.

Der fortschreitende Mineralisationsprozeß benötigt nicht mehr so große Sauerstoffmengen, so daß die Zehrung nur noch geringer ist. Das Abklingen der Spaltprozesse läßt auch die hohen Bakterienzahlen zurückgehen; Pflanzen sowie Tiere nehmen ihre Stelle ein. Charakteristisch sind die vielen Algenarten, die besonders den Gruppen der Kiesel-, Grün- und Jochalgen angehören. Neben den Algen kommen u. a. höhere Wasserpflanzen, Schnecken, Muscheln, Kleinkrebse, Insektenlarven und Fische vor. Alle Organismen dieser Stufe sind gegen geringen Sauerstoffgehalt, pH-Wert-Schwankungen und Fäulnisgifte (Schwefelwasserstoff, Ammoniak) empfindlich.

- Die oligosaprobe Stufe (Wassergüteklasse I) weist kaum noch Verunreinigungen auf.

Die organische Substanz ist abgebaut, die Mineralisation und Oxydation der Abbauprodukte sind beendet. Der Schlamm ist weitgehend oxydiert. Die Bakterien und damit die Bakterienfresser (Wimpertierchen u. a.) sind nur noch in geringer Anzahl vorhanden; auch die Algen gehen zurück. Das Wasser ist klar, sauerstoffreich und beherbergt viele Insektenlarven, die den vorhandenen Fischen (besonders Forellen) als Nahrung dienen. Die meisten Organismen dieser Stufe sind gegen Sauerstoff- und pH-Wert-Schwankungen sowie das Auftreten von Fäulnisgiften sehr empfindlich.

Den einzelnen Stufen sind bestimmte Leitorganismen zugeordnet, die mengenmäßig erfaßt werden können.

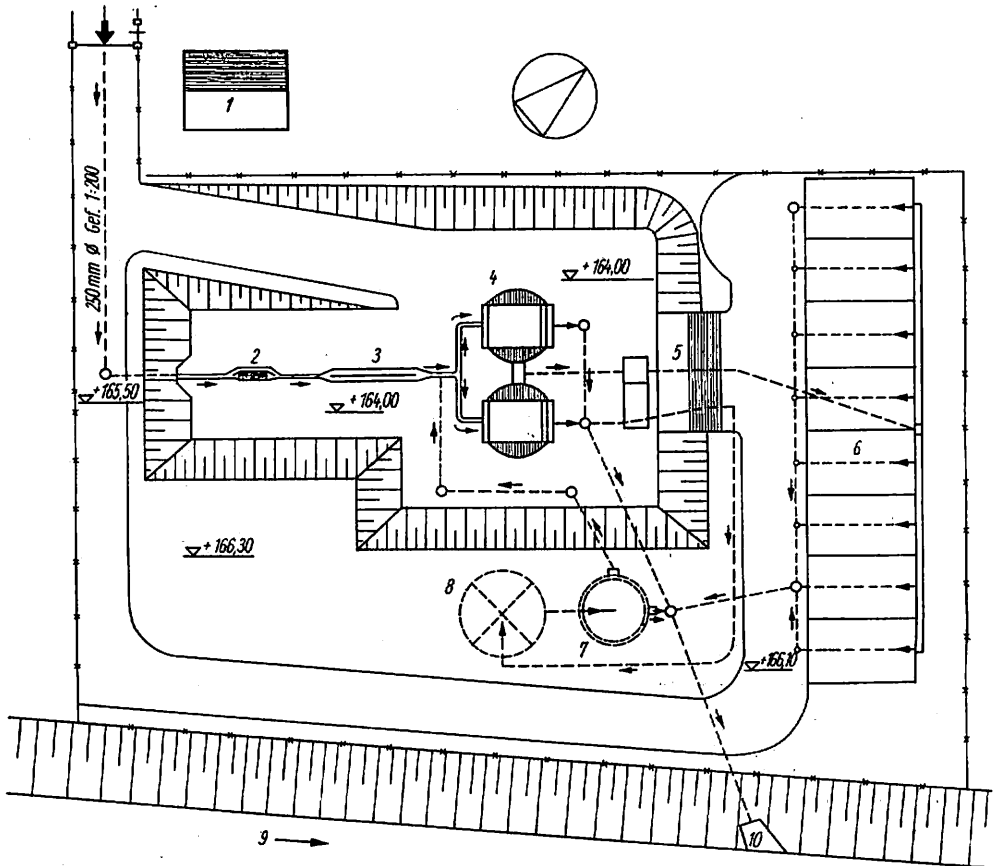
Nach einem besonderen Berechnungsschlüssel kann der sogenannte *Saprobienindex* berechnet werden, der den zahlenmäßigen Wert der einzelnen Stufen darstellt. Ein Index zwischen 1,0 und 1,5 charakterisiert die oligosaprobe, 1,5 bis 2,5 die  $\beta$ -mesosaprobe, 2,5 bis 3,5 die  $\alpha$ -mesosaprobe und 3,5 bis 4,0 die polysaprobe Stufe.

### Aufgaben

1. Nennen Sie die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale zwischen der Neutralisation und der chemischen Fällung!
2. Welche Faktoren sind ausschlaggebend für ein einwandfreies Funktionieren der Reinigungsprozesse (biologische und biochemische Vorgänge)?
3. Beschreiben Sie die Messung
  - a) der Temperatur
  - b) der Farbe
  - c) der Trübung
  - d) des Geruchs
 des Abwassers bei der physikalischen und chemischen Untersuchung!
4. Erklären Sie die Untersuchung des pH-Wertes von Abwasser und die Bestimmung der absetzbaren Stoffe!
5. Wie ermitteln Sie den Verschmutzungsgrad des Abwassers?

## 7. Verfahren der Abwasserbehandlung

Mit der weiteren Entwicklung unseres gesellschaftlichen Lebens und zunehmender Industrialisierung nehmen die im Abwasser enthaltenen Schmutzstoffe in den Siedlungsgebieten immer mehr zu. Um unsere Gewässer vor diesen Ballaststoffen zu schützen bzw. den Gebrauchswert des Wassers wieder herzustellen, sind viele kosten-



**Bild 17. Lageplan einer Kläranlage**

1 Wärterwohnhaus, 2 Rechen, 3 Sandfang, 4 Emscherbrunnen, 5 Pumpenhaus, 6 Schlamm-trockenbeete, 7 Nachklärung, 8 Tropfkörper, 9 Vorfluter, 10 Ablauf

aufwendige Reinigungsverfahren notwendig. Je nach Verschmutzung und gefordertem Reinigungsgrad des Abwassers werden in einer Kläranlage verschiedene Bauwerke und Maschinen verwendet.

Zur Abwasserreinigung sind im wesentlichen folgende Anlagen notwendig: Rechen, Sandfang, Absetzbecken oder Emscherbrunnen, Pumpstation, Tropfkörper oder Belüftungsbecken, Nachklärbecken, Schlammfau Räume und Schlamm-trockenbeete (Bild 17).

## 7.1. Mechanische Verfahren

Bei mechanischen Reinigungsverfahren handelt es sich um rein physikalische Vorgänge des Siebens, Absetzens und Aufschwimmens. Es werden nur einige Eigenschaften der Stoffe verändert, nicht aber die Stoffe selbst.

### 7.1.1. Absiebverfahren

*Im Abwasser verteilte, schwimmende Stoffe, die größer sind als die Öffnungen der Siebvorrichtungen, werden herausgenommen.*

Das Rechen- und Siebgut wird durch Vergraben, Verbrennen, Ausfalten oder Kompostieren beseitigt.

Durch entsprechende Vorrichtungen kann grobes Siebgut auch zerkleinert und dem Abwasserstrom wieder zugegeben werden. Seine Beseitigung erfolgt dann zusammen mit dem Abwasserschlamm.

*Grobrechen* haben einen weiten Stababstand (bis zu 100 mm) und sind schwach (etwa 20°) gegen die Horizontale geneigt. Das Rechengut wird mit einer Handharke auf den schrägen Stäben in eine Querrinne heraufgezogen. Zur Sicherheit ist ein höherliegendes Umlaufgerinne mit senkrechten Stäben angeordnet, das bei verstopften Rechen durchflossen wird (Bild 18).

*Feinrechen* haben einen Stababstand bis zu 30 mm und sind bis zu 60° geneigt. Das Rechengut wird überwiegend maschinell entfernt, da die Menge bedeutend größer ist, z. B. bei 20 mm Stababstand 5 bis 10 l/E a (Liter pro Einwohner in einem Jahr).

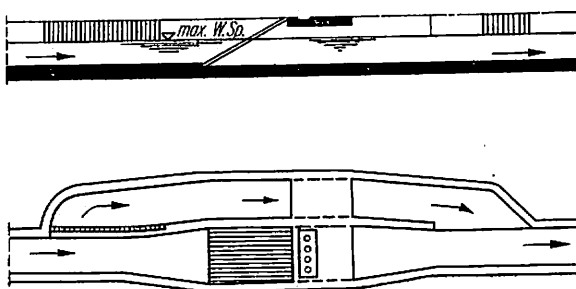
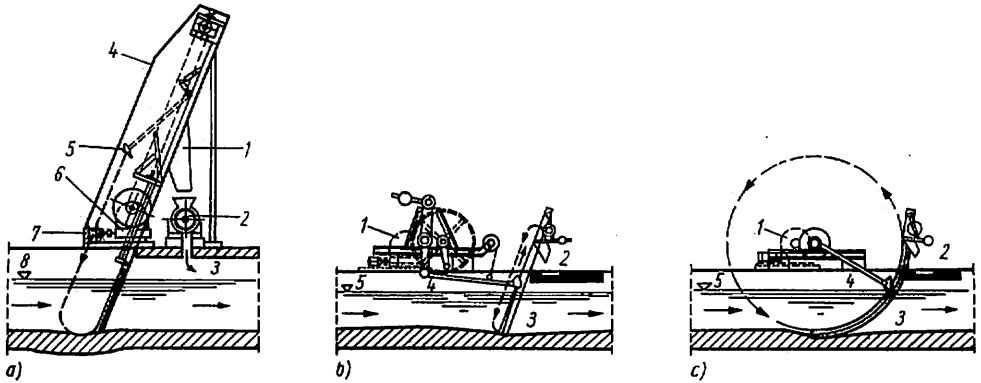


Bild 18. Grobrechen mit Umlauf

Je nach der Form des Stabrechens werden folgende Räumungsarten angewendet:

- durch einen hakenartigen Abstreifer, der am Stielende durch eine endlose Kette gesteuert wird (Bild 19),
- durch einen Kamm, der zwischen zwei Ketten geführt wird,
- durch kan.martige Abstreifer für kreisbogenförmige Rechen (Bild 19 b und c),



**Bild 19. Feinrechen mit maschineller Beräumung**

**a) Geräterechen mit Zerkleinerer**

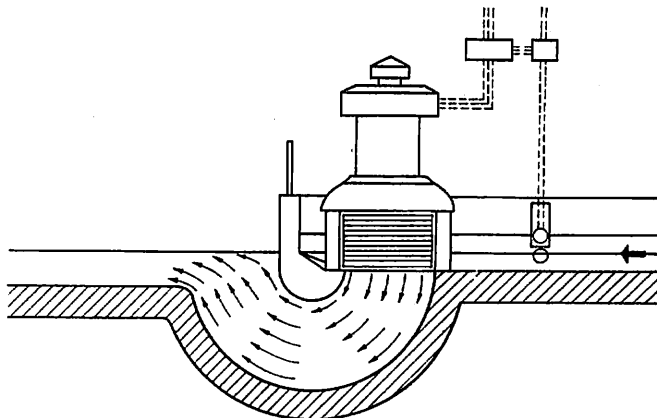
1 Abwurfschurre, 2 Zerkleinerer, 3 zerkleinertes Rechengut, 4 Blechverkleidung, 5 Greifer in Leerfahrt, 6 Räumfahrt, 7 Rechenantrieb, 8 Wasserspiegel

**b) Pendelrechen**

1 Antrieb, 2 Abstreifer, 3 Rechen, 4 Harke, 5 Wasserspiegel

**c) Bogenrechen**

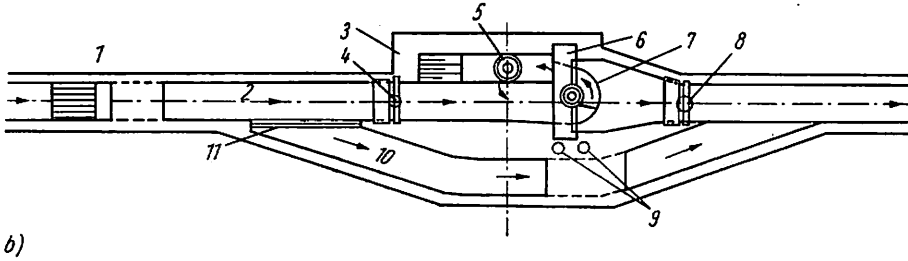
1 Antrieb, 2 Abstreifer, 3 Rechen, 4 Harke, 5 Wasserspiegel



a)

**Bild 20. Zerkleinerungsmaschine mit Rechen**

**a) Schlitztrommelrechen**



b)

**b) Rotorzerkleinerer**

1 Grobrechen 80 m/m, 2 Zulaufgerinne, 3 Schrägfläche zur Beseitigung von Schwerstoffen, 4 Handschütz, 5 Rotorzerkleinerer, 6 Steg, 7 Radialrechen, 8 Handschütz, 9 Wasserspiegel-Differenzschaltung, 10 Notumlauf, 11 Grobrechen 40 m/m

- durch einen um eine vertikale Achse kreisenden Kamm für waagerechte halbkreisförmige Rechenstäbe.

Die *Zerkleinerung* kann über Wasser durch Messerwalzen oder Hammermühlen mit horizontaler Welle und unter Wasser durch Schlitztrommelrechen (Comminutor, Bild 20a) oder durch Rotorzerkleinerer (Bild 20b) erfolgen.

Der *Schlitztrommelrechen* ist als rotierende Rechenanlage mit vertikal eingebauter Rechentrommel ausgebildet. Das Abwasser fließt von außen in die Trommel hinein. Die verzahnten Stege und Kämmen zerkleinern bei der Rotation der Rechentrommel das angeschwemmte Grobgut. Größere Schwimmstoffe werden von den dicht über dem Siebmantel arbeitenden Kämmen abgestreift und so lange von den Reißzähnen zerkleinert, bis die Flüssigkeit sie durch die Schlitze spült.

Der *Unterswasserrotorzerkleinerer* (URZ) besteht aus einem stabilen, festen Schlitzkorb, in dem ein beweglich aufgehängter Hammer rotiert. Durch die Rotation wird der Hammer nach außen gegen den Schlitzkorb gedrückt. Dabei werden die dazwischen befindlichen Stoffe zertrümmert. Das Grobstoff-Wasser-Gemisch durchfließt den Schlitzkorb von innen nach außen.

Beide Zerkleinerer können auch in geschlossenen Rohrleitungen eingebaut werden.

Alle mechanischen Rechen und Zerkleinerungsmaschinen können automatisch betrieben werden. Die Ansammlung von Grobstoffen an der Rechensperre ruft ein Ansteigen des Wasserspiegels hervor, so daß durch die in verschiedenen Höhen hängenden Tauchkontakte die Maschinen ein- bzw. wieder ausgeschaltet werden.

**7.1.2. Flotationsverfahren**

*Stoffe, die leichter sind als Wasser oder künstlich leichter gemacht werden, steigen an die Wasseroberfläche auf und werden abgestreift.*

Ole, Fette und andere Leichtstoffe schwimmen in ruhendem Wasser obenauf. Schwere Teilchen werden durch künstliches Anhaften von Luft- oder Gasbläschen leicht gemacht. Durch den Einsatz geeigneter schaumbildender Flotationsmittel kann der Vorgang noch gesteigert werden.

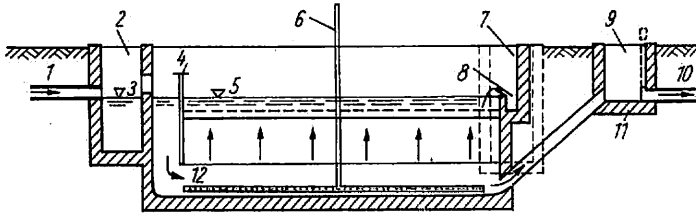


Bild 21. Belüfteter Leichtstoffabscheider

1 Zulauf, 2 Sandfang, 3 Wasserspiegel, 4 Tauchwand, 5 Überfallkante, 6 Druckluftzuleitung, 7 Sammel-schacht für Öl und Fett, 8 Ölabbauflrinne, 9 Kontrollschacht, 10 Ablauf, 11 Absperrschieber, 12 Belüf-tungsrohr

Man berechnet einen belüfteten Leichtstoffabscheider für 3 bis 5 min Aufenthaltszeit und den Luftbedarf auf  $0,2 \text{ m}^3$  für  $1,0 \text{ m}^3$  Abwasserdurchfluß.

Bei normalem Anfall von Leichtstoffen werden Typenbauwerke verwendet. Bei größeren Fett- und Ölmengen werden individuelle Anlagen (Bild 21) gebaut.

### 7.1.3. Absetzverfahren

Beim Absetzverfahren wird die Schleppkraft des fließenden Wassers so herabgemindert, daß sich die schwebenden Stoffe infolge ihrer Eigenlast absetzen und nicht wieder aufgewirbelt werden.

Zu diesem Zweck wird die Fließgeschwindigkeit durch Erweiterung des durchflossenen Querschnitts stufenweise herabgesetzt.

Die schweren Sandkörnchen sollen im Sandfang abgesetzt werden. Dazu ist eine Fließgeschwindigkeit von rund  $0,3 \text{ m/s}$  erforderlich. Schwebende organische Bestandteile des Abwassers werden im Absetzbecken ausgeschieden. Dazu ist eine weitere Verringerung der Fließgeschwindigkeit erforderlich. Wenn im Nachklärbecken noch abgestorbene Belebtschlammflocken vorhanden sind, funktioniert die Anlage nicht.

### Sandfänge

Am gebräuchlichsten ist der *Essener Langsandfang*. Er besteht aus mehreren zusammengesetzten etwa  $20 \text{ m}$  langen Gerinnen, die rechteckige und trapezförmige Querschnitte aufweisen. Dadurch wird bei unterschiedlichen Durchflussmengen die kritische Fließgeschwindigkeit von  $0,3 \text{ m/s}$  annähernd erreicht. Bei dieser Fließgeschwindigkeit lagert sich noch Sand von genügend kleiner Körnung ab, während die leichteren Schlammteilchen durch die Schleppkraft des Abwassers weitergespült werden.

Zur Beräumung werden die Absperrschütze einer Kammer geschlossen und die der benachbarten geöffnet (Bild 22a). In der Sohle des Bauwerkes befindet sich eine Drainage, damit der im darüberliegenden Speicherraum sich absetzende Sand trocknen kann.



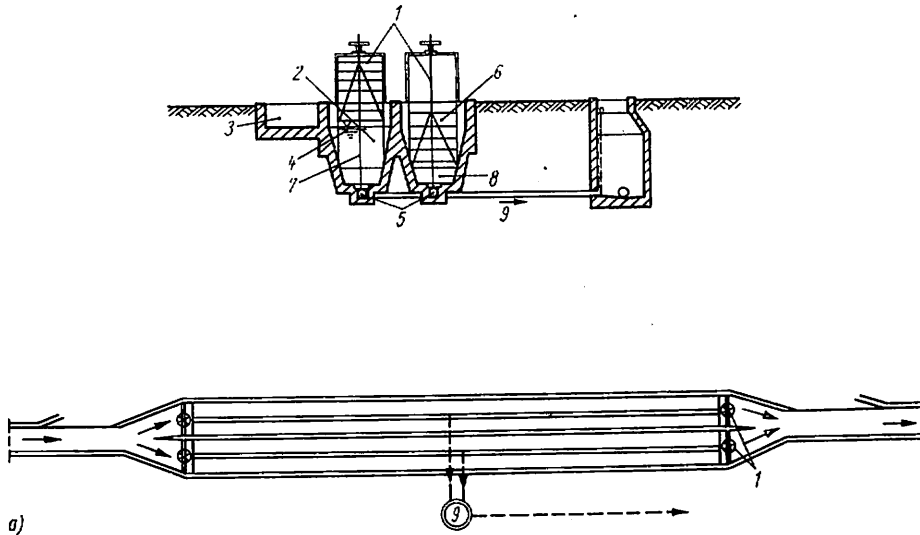
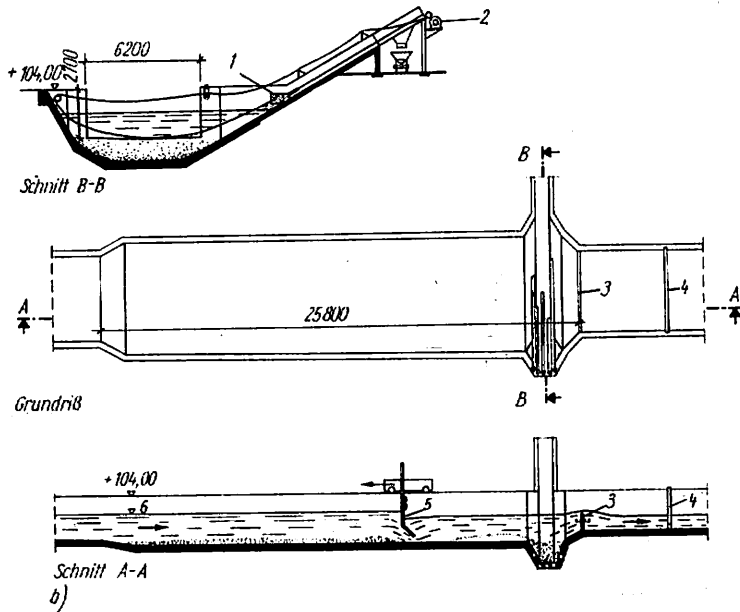


Bild 22. Sandfänge

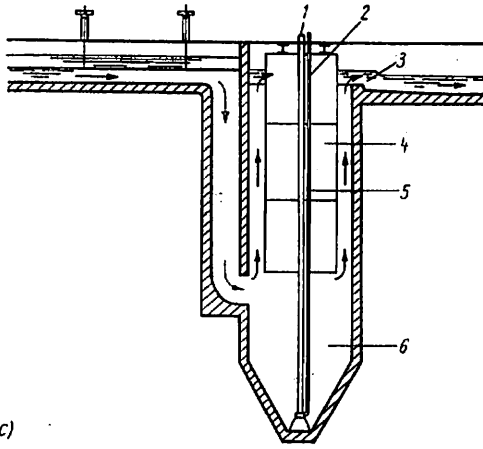
a) Langsandfang, Querschnitt und Grundriß

1 Absperrschütze, 2 im Betrieb, 3 Umlaufgerinne, 4 max. Trockenwetterwasserspiegel, 5 Drainage, mit Ziegelflachsicht abgedeckt, 6 außer Betrieb, 7 Durchflußquerschnitt, 8 Sandkammer, 9 Entleerung

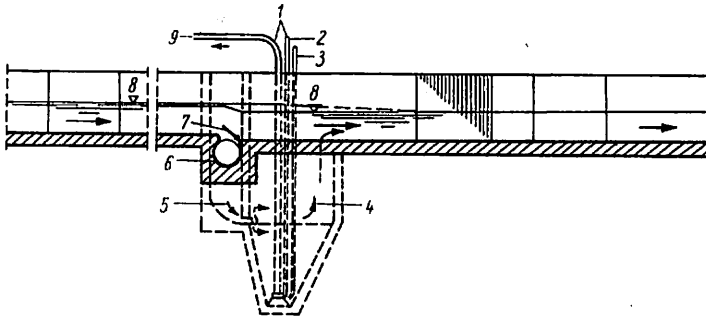


b) Spülsandfang

1 Schrapper, 2 Seiltrommel und Motor, 3 verstellbare Wehrklappe, 4 Schütz, 5 Stauschild, 6 Niedrigwasser



c)



d)

### c) Tiefsandfang

1 Sandableitung, 2 Druckluftleitung, 3 Überfallschwelle, 4 Blechzylinder, 5 Druckluftheber, 6 Sandraum, 7 verstellbare Horizontalzunge, 8 Hochwasserspiegel

### d) Schlitzsandfang, Längsschnitt und Querschnitt

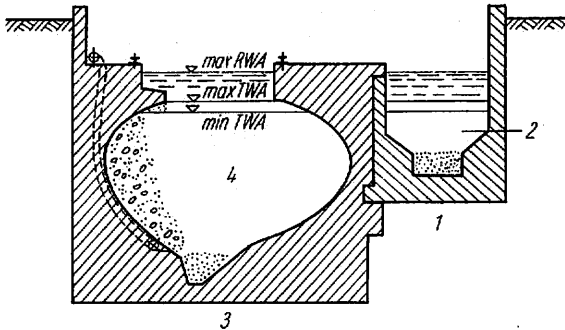
1 Druckluftheber, 2 Druckluftleitung, 3 Druckluftspüleleitung, 4 Absetztrichter für Sand, 5 Zulauftrinne, 6 Quereinne, 7 verstellbare Klappe, 8 Wasserspiegel, 9 Sandableitung

Der Sandstapelraum soll den Sandanfall von etwa einer Woche aufnehmen. Die Beräumung erfolgt nur noch selten durch Hand unter Zuhilfenahme von gebräuchlichen Fördermitteln, wie Kübelaufzug, Muldenkipper- oder LKW-Transport (Bild 22b). Bei der maschinellen Räumung durch Eimerkettenbagger, Pumpen und Druckluftheber sind sehr tiefe Bauwerke mit steilen Wänden erforderlich.

*Da ein Sandgemisch erst bei einer Zusammensetzung von einem Teil Sand und etwa 5 Teilen Wasser pumpfähig wird, ist bei der Räumung eine fünf-fach größere Menge zu bewegen.*

Das geförderte Sand-Wasser-Gemisch muß, falls keine Spülhalde vorhanden ist, häufig erst auf Trockenflächen oder in Speicherbehältern zwischengelagert werden.

Tiefsandfänge (Bild 22c) und Schlitzsandfänge (Bild 22d) werden zur Grobent-sandung angewandt, in neuen Anlagen finden sie jedoch keine Anwendung mehr. Ihre



e)

e) belüfteter Sandfang

1 altes Bauwerk, 2 Langsandfang, 3 neues Bauwerk, 4 belüfteter Sandfang

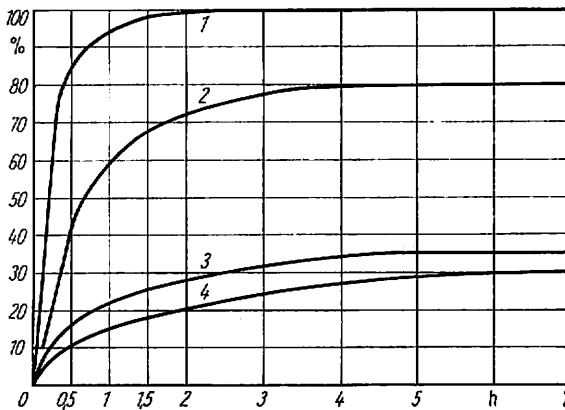


Bild 23. Absetzkurve nach Stierp

1 absetzbare Stoffe, 2 Gesamt-Schwebstoffe, 3 biochemischer Sauerstoffbedarf, 4 KMnO<sub>4</sub>-Verbrauch

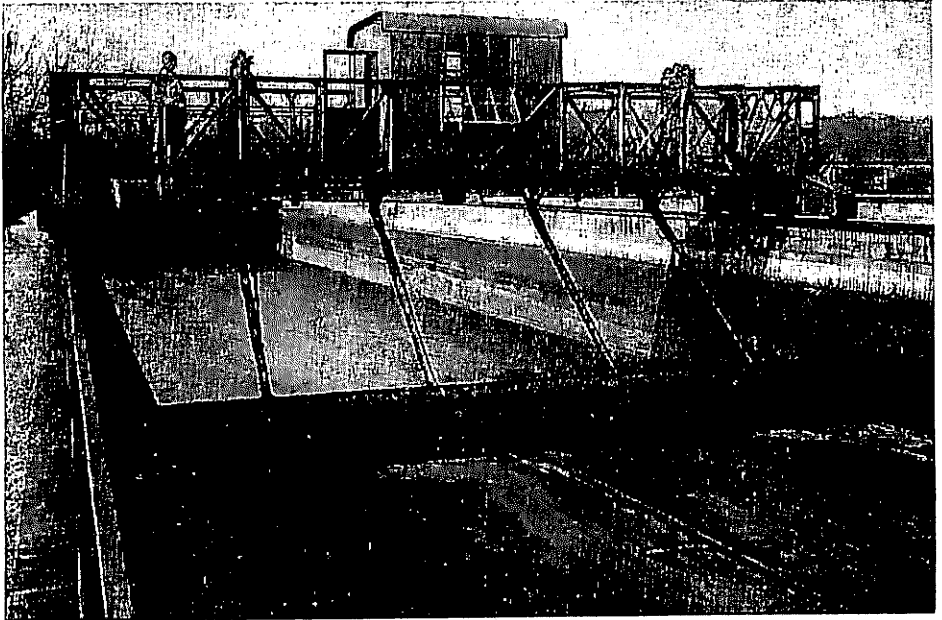
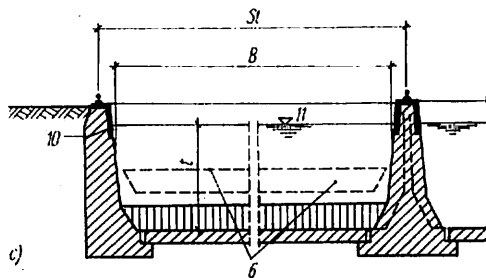
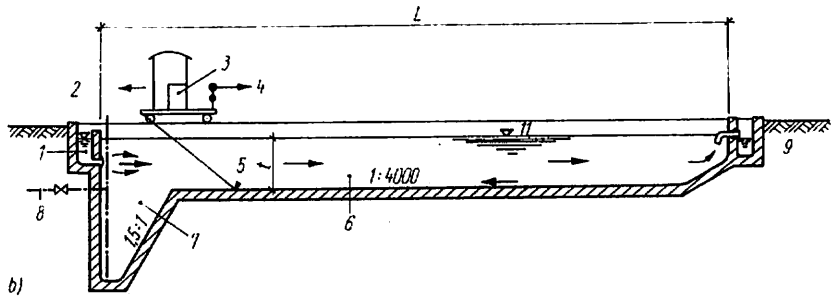


Bild 24. Rechteckiges Absatzbecken mit Schlammräumer  
a) Ansicht



b) Längsschnitt

c) Querschnitt

- 1 Zulauf, 2 Räumfahrt, 3 Räumwagen,  
4 Leerfahrt, 5 Räumschild, 6 Absatzraum,  
7 Schlammraum, 8 Schlammablaßleitung,  
9 Ablauf, 10 Klinkerverblendung,  
11 Wasserspiegel,  $L$  nutzbare Länge,  
 $B$  nutzbare Breite,  $t$  nutzbare  
Tiefe,  $St$  Stützweite des Räumwagens

Beräumung erfolgt durch Druckluftpumpen. In Kläranlagen mit biologischer Reinigung kann von der für die Belüftungsbecken erforderlichen Druckluft ein belüfteter Sandfang (s. Bild 22 e) mitbetrieben werden.

### Absetzbecken

Die nach Anwendung des bisher beschriebenen Verfahrens noch im Abwasserstrom enthaltenen absetzbaren und schwebenden Stoffe werden in rechteckigen oder runden Absetzbecken abgesondert. Den Wirkungsgrad von Absetzanlagen zeigt Bild 23.

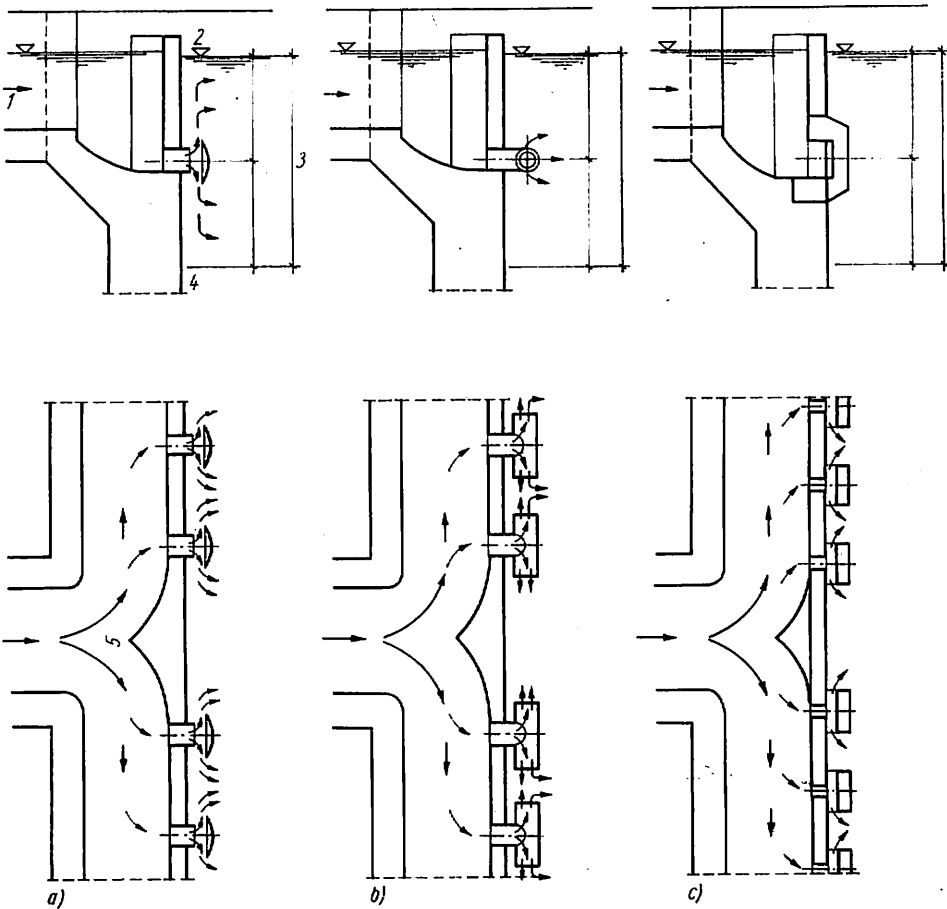


Bild 25. Einläufe für Absetzbecken

a) Prallstellereinläufe

b) Robreinläufe

c) überdeckte Einläufe

1 Umfang, 2 Wasserspiegel, 3 Höhe, 4 Sohle, 5 Verteilungserinne

In der Regel beträgt die Absetzzeit für Vorklärbecken 1,5 h. *Rechteckabsetzbecken* werden horizontal in Längsrichtung durchströmt (Bild 24). Die Beckeneinläufe werden so ausgebildet, daß sie das Abwasser schnell und gleichmäßig über den gesamten Querschnitt verteilen (Bild 25).

An der Einlaufseite des Beckens befindet sich ein Schlammammeltrichter. Durch einen Räumwagen mit einem auf der Beckensohle entlangleitenden Schild wird der gesamte abgesetzte Schlamm in diesen Trichter geschoben.

Im Gegensatz zu den Rundbecken wird bei *Langbecken* nur ein Räumwagen benötigt, der mit einer Querfahrtbühne von Becken zu Becken transportiert werden kann (Bild 26).

Ist eine kontinuierliche Beräumung des Schlammes erforderlich, dann können anstelle des Räumwagens in jedes Becken Bandkratzer eingebaut werden.

*Bandkratzer* sind zwischen zwei endlosen Ketten geführte Schlammsschilde, die sich ständig bewegen (Bild 27).

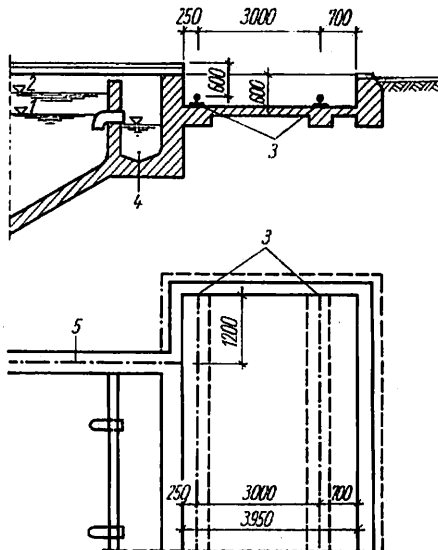


Bild 26. Anordnung der Grube für Querfahrtbühne (Schnitt und Draufsicht)

1 Wasserspiegel, 2 Höchstwasserspiegel, 3 Gleis für die Schiebebühne zur Querfahrt des Räumwagens, 4 Ablaufgerinne, 5 Gleis für den Räumwagen

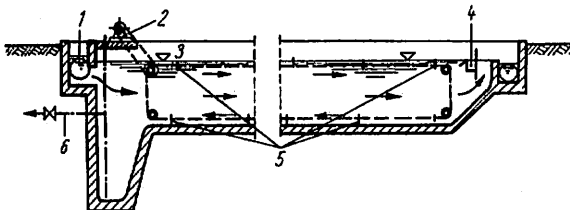


Bild 27. Rechteckiges Absetzbecken mit Bandkratzer

1 Zulauf, 2 Antrieb, 3 Wasserspiegel, 4 Schwimmschlammabfluß, 5 Bandkratzer, 6 Schlammablaß

Da die Absetzbecken eine ziemlich große Wasseroberfläche haben und die Fließgeschwindigkeit des Wassers gering ist, bildet sich trotz vorgeschalteter Leichtstoffabscheider eine Schwimmschicht. Diese wird mit einem zweiten Schild am Räumwagen oder mit den Bandkratzern, die entlang der Oberfläche in ihre Ausgangsstellung zurückgleiten, in eine gesonderte Abflußrinne geschoben.

Von der Trichterspitze aus wird der Grundschlamm beim Öffnen des Abflußschiebers durch die darüberstehende Wassersäule herabgedrückt. Bei großen Anlagen, in denen ein hoher Anteil von zerriebenen Sandteilchen die Dichte des Schlammes erhöht, ist es zweckmäßig, in die Trichterspitzen eine Druckluftleitung zu führen. Der festgesetzte Schlamm kann dann ohne besondere Schwierigkeiten mit Druckluft aufgewirbelt werden, so daß ein störungsfreier Abzug möglich ist.

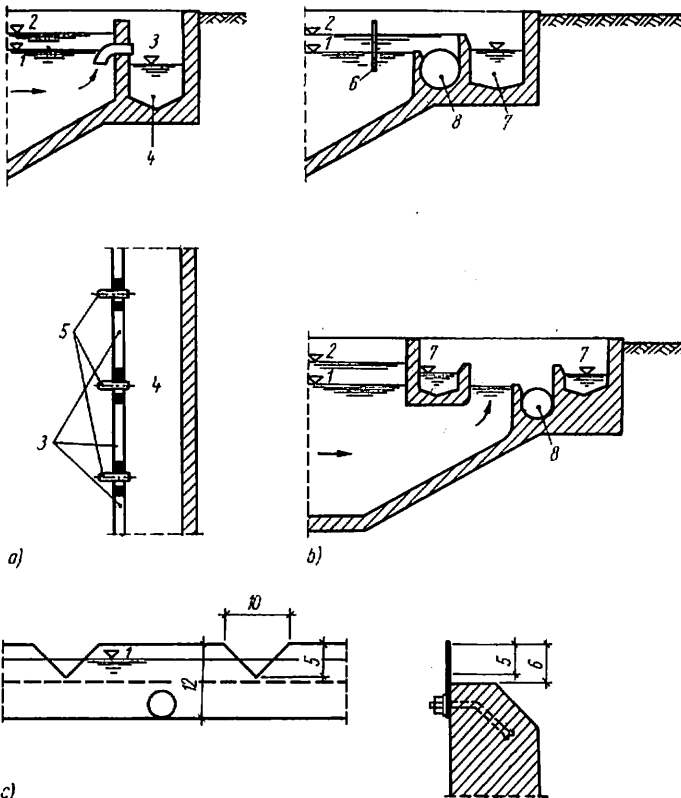


Bild 28. Abläufe für Absetzbecken

a) Ablauf durch Überlaufrohre

b) Ablauf mit Trockenwetter- und Regenwasserablauf

c) Zahnschwellenüberlauf

1 Wasserspiegel, 2 Höchstwasserspiegel, 3 Überlaufschlitz, 4 Ablaufgerinne, 5 Überlaufrohre, 6 Tauchwand, 7 Regenwasserablauf, 8 Trockenwetterablauf

Die Ausläufe der Absetzbecken sollen so ausgebildet sein, daß bei unterschiedlichen Durchflüssen der Abwasserspiegel möglichst konstant gehalten wird.

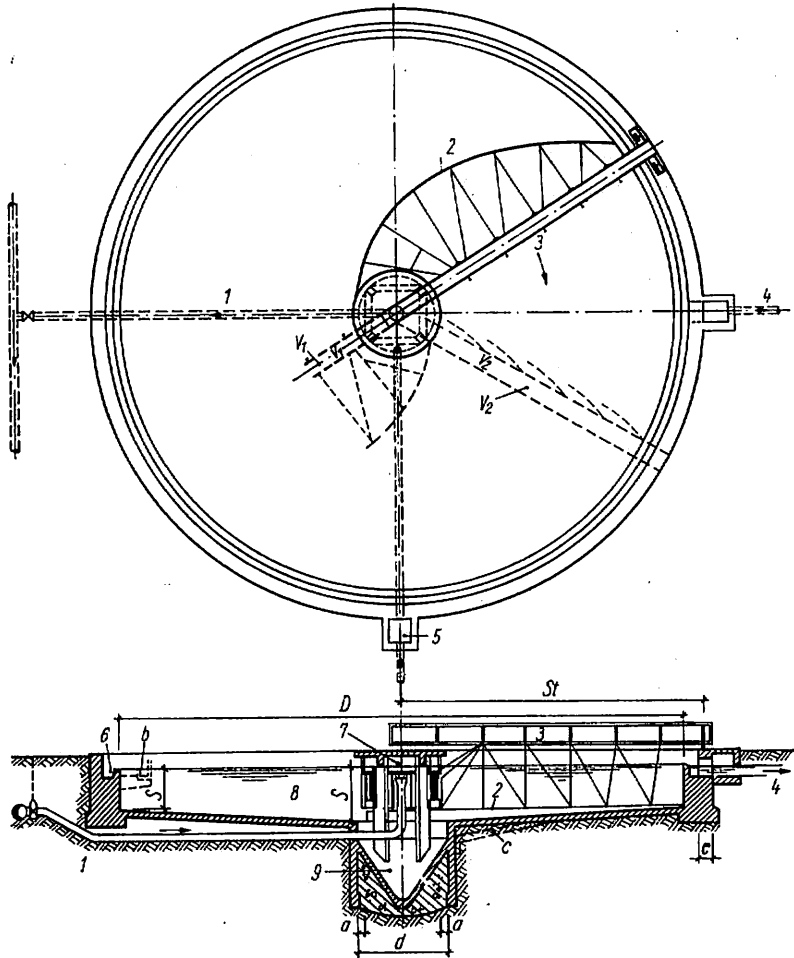


Bild 29. Rundes Absetzbecken mit Schlammräumer

1 Zulauf, 2 Räumerschild, 3 Räumbrücke, 4 Ablauf, 5 Schlammablaßschacht, 6 Überlauftrinne, 7 Einlauf-turm, 8 Absetzraum, 9 Schlammraum

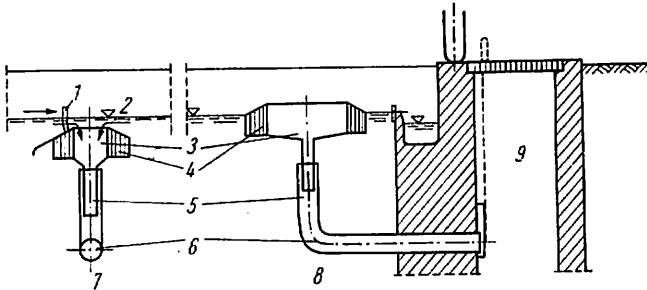
$D$  lichter Beckendurchmesser,  $St$  Stützweite der Räumbrücke  $= \frac{D}{2} + 1,00$  m,  $t_1$  Beckentiefe am Einlauf-turm bis etwa 4,00 m,  $t_2$  Beckentiefe am äußeren Beckenrand 2,0 ... 3,0 m,  $a$  Zwischenraum zwischen Tauchwand und Schlammräumer (Mindestmaß 0,2 ... 0,4 m),  $b$  eingehängte Überlauftrinne,  $c$  Sohle mit Gefällknick,  $d$  Schlammraumdurchmesser,  $e$  Kronenbreite der Umfassungsmauer (Mindestmaß 0,3 ... 0,5 m),  $V_1$  Räumbrücke mit Vorräumerschild,  $V_2$  Räumbrücke mit Jalousie- oder Streifenräumerschild



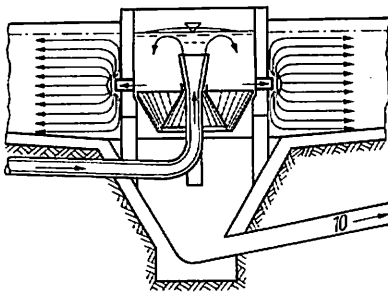
Dies ist besonders bei automatisch betriebenen Räumwagen erforderlich, da diese nicht selbständig die Höhe des Schwimmschlammschildes regulieren können. Der Ablauf muß also mit steigender Menge seinen Durchflußquerschnitt vergrößern, z. B. durch eine Zahnschwelle mit Dreieckkerben oder durch zusätzliche Abflußöffnungen, die bereits bei geringer Spiegelerhöhung durchflossen werden (Bild 28).

Bei *Rundbecken* (Bild 29) wird das Abwasser über ein im Kreiszentrum liegendes Einlauf- und Schlammablaßbauwerk eingeleitet. Dieser Mittelturm dient gleichzeitig als Auflager des Räumwagens. Da jedes Becken ein Rundräumgerät hat, ist ein kontinuierlicher Schlammabzug möglich. Die Grundsätze für die Ausbildung des Rundbeckenein- und -ablaufs sind die gleichen wie bei den Langbecken.

Man verwendet Rundbecken auch zur Vor- und Nachklärung in biologischen Kläranlagen. Die Schwimmschlammabseitung erfolgt über ein in Spiegeloberfläche kreisendes Schild zur Peripherie, wo ein sich der Schlammschildhöhe anpassender Schlammtrichter (Bild 30 a) überfahren wird. Der Grundschlamm wird in den Trichter des Mittelbauwerkes geschoben (Bild 30b) und von dort wie bei den Langbecken abgeblasen.



a)



b)

Bild 30. Schlammablaß

a) Schwimmschlamm

b) Grundschlamm

1 Schwimmschlammrütumschild, 2 Wasserspiegel, 3 Einlauf, 4 Schwimmkörper, 5 Teleskoprohr, 6 Abfließleitung, 7 Abfließstellung, 8 Ruhestellung, 9 Schlammablaßschacht, 10 Schlamm

Bei den runden Absetzbecken wird die Durchflußgeschwindigkeit zum Rand hin immer geringer (Bild 31).

*Trichterbecken* (Bild 32) werden besonders zum Ansetzen von flockigem Schlamm in biologischen Kläranlagen angeordnet. Das Abwasser wird durch ein Rohr in einen im Zentrum befindlichen Tauchzylinder eingeleitet. Dieser Zylinder erzwingt eine vertikale Wasserbewegung nach unten, da er über den Spiegel hinausragt. Am unteren Ende tritt das Abwasser in den Trichter ein und muß zum oberen äußeren Rand des Beckens aufsteigen.

Da am Rand des Beckens die Fließgeschwindigkeit geringer ist, setzen sich hier die meisten Stoffe ab, so daß sich die absinkenden Flocken wie ein Filter über das aufsteigende schlammhaltige Abwasser legen.

Die in der Trichterspitze ankommenden Schlamnteilchen werden dann wie bei den anderen Absetzbecken abgelassen (Bild 32).

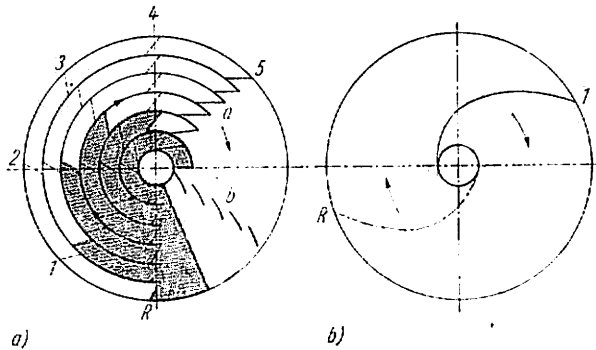


Bild 31. Räumungsvorgang im Rundbecken

a) Streifenräumer

b) Spirälräumschild

R Anfangsstellung, 1 bis 5 Anzahl der Räumfahrten, a und b Räumchildformen bei Streifenräumern

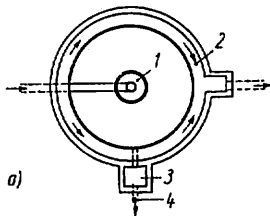


Bild 32. Trichterabsetzbecken

a) Grundriß

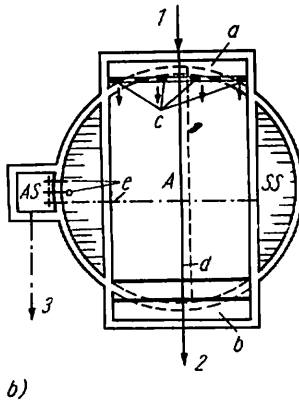
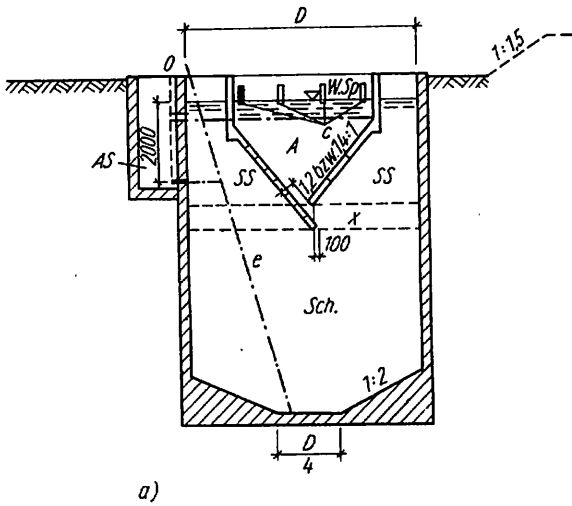
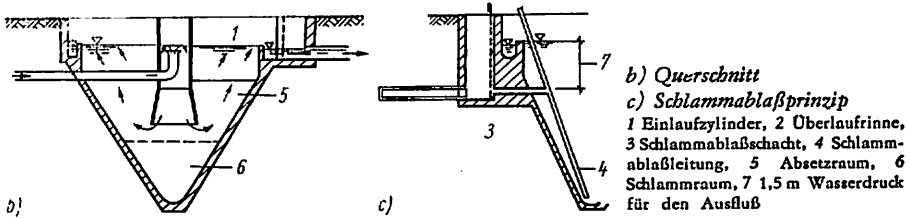


Bild 33. Zweistöckiges Absetzbecken

a) Querschnitt

b) Grundriß

1 Umlauf, 2 Ablauf, 3 Schlammablaßleitung  
 A Absetzraum, SS Schwimmschlammraum,  
 X nicht zu rechnender toter Raum, a Zulauf-Ver-  
 teilungsrinne, c Zulaufschlitze, e Schlammablaß-  
 rohre, Sch Schlammfaulraum, AS Schlammablaß-  
 schacht, b Überlaufrinne, d Tauchwand,  
 S Schlammchlitze

Trichterbecken, häufig auch Dortmundbrunnen genannt, werden vorzugsweise nach Tropfkörpern oder Belebtschlammanlagen zum Auffangen der abgestorbenen biologischen Flocken verwendet.

*Zweistöckige Absetzbecken (Emscherbrunnen, Bild 33)* werden bei der Abwasserreinigung von mittleren Städten häufig angewandt. Diese Becken bestehen aus einem Absetzraum mit stark geneigten Sohlwänden, der von dem Abwasser durchflossen wird, und einem darunter befindlichen Schlammfaulraum. Die etwa  $50^\circ$  gegen die Horizontale geneigten Sohlwände überlappen sich, ohne miteinander verbunden zu sein, so daß über die gesamte Absetzbeckenlänge ein 0,25 m breiter Schlitz entsteht, der einen kontinuierlichen Schlammabfluß in den darunter befindlichen Faulraum ermöglicht. Der Schlitz ermöglicht ferner, daß keine senkrecht aufsteigenden Gasblasen oder Blähschlammwolken in den Absetzraum zurückgelangen können, sondern seitlich vom Absetzraum an die Oberfläche gleiten. Von dort können sie, ohne Störungen im Absetzraum hervorzurufen, aus dem Schwimmschlammraum entfernt werden.

Häufig wird durch Hauben, die diesen Raum fest verschließen, das anfallende Faulgas aufgefangen.

Die Ausbildung der Ein- bzw. Abläufe ist ähnlich wie bei den anderen Absetzbecken. Als Bemessungsgrundlage dient der gesamte durchflossene Absetzraum, da der Schlammammelraum völlig abgetrennt ist.

Die Schlammberäumung erfolgt selbständig durch Abfluß in den Faulraum und von der trichterförmigen Sohle aus durch Steigleitungen und den darüber anstehenden Wasserdruck.

Die zweistöckigen Absetzbecken sind mannigfaltig geformt, da häufig unterschiedliche Platz- und Gründungsverhältnisse vorliegen.

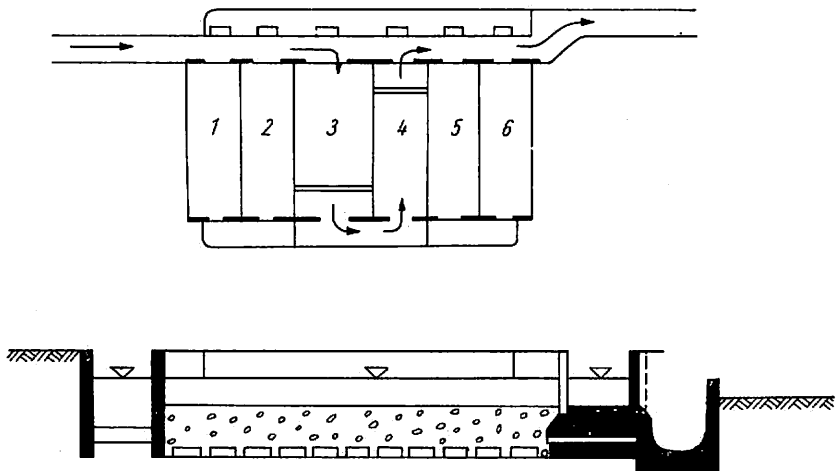


Bild 34. Sickerbecken

*Sickerbecken oder Auflandungsteiche* werden meist bei plötzlich notwendiger Abwasserreinigung angelegt. Diese Behelfsanlagen, bei denen die Gefahr der Grundwasserunreinigung vorliegt, nähern sich stark den Vorgängen in der Natur.

Sickerbecken (Bild 34) sind flache Sammelräume, die nach unterschiedlicher Betriebszeit stillgelegt werden, damit die abgesetzten Stoffe trocknen und dann ausgeräumt werden können. Um die Trockenzeit zu verkürzen, wird in der Beckensohle eine Drainage verlegt. Es müssen also für die Räumzeit eines Beckens mehrere andere zur Verfügung stehen. Diese Behelfsanlagen können später nach dem Vorschalten von intensiven Reinigungsverfahren als Schlamm-trockenbeete fester Bestandteil einer Kläranlage werden.

Noch einfacher sind Auflandungsteiche angelegt. Als natürliche Geländemulden abgegrenzt, werden sie, ähnlich wie Müllkippen, ständig neu gefüllt, bis die Trockensubstanz das Geländeniveau erreicht hat.

## 7.2. Chemisch-mechanische Verfahren

Chemisch-mechanische Verfahren sind Kombinationen von physikalischen und chemischen Vorgängen, bei denen sowohl die Eigenschaften der Stoffe als auch die Stoffe selbst verändert werden.

### 7.2.1. Flockungs- und Fällungsverfahren

Schwebstoffe und gelöste Stoffe im Abwasser werden durch die mechanischen Reinigungsverfahren nicht restlos erfaßt und entfernt.

*Diese Reste werden durch Flockungsmittel (Eisen- und Aluminiumsalze) angeregt, sich zusammenzuballen, so daß sie in den Absetzanlagen als Flocken entfernt werden können.*

Die Chemikalien werden in Reaktionsbecken dem Abwasser zugegeben und durch Rührwerke oder Mischgerinne (Bild 35) gleichmäßig verteilt.

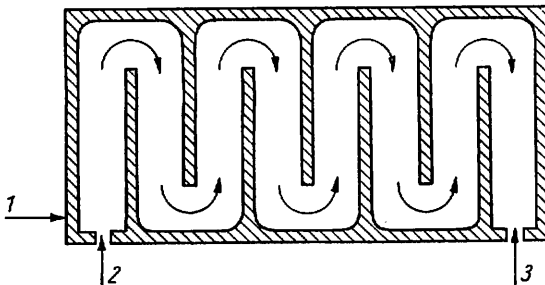


Bild 35. Mischgerinne  
1 Kalkmilch, 2 Zulauf, 3 Ablauf

Bei der Fällung werden gelöste Stoffe durch Zugabe einer Chemikalie in unlösliche Verbindungen übergeführt und aus der Lösung abgeschieden.

### 7.2.2. Neutralisationsverfahren

In Industriebetrieben fallen aus verschiedenen Produktionsvorgängen saure bzw. alkalische Abwässer an. Damit die klärtechnischen Verfahren und Bauwerke durch das chemische Verhalten des Abwassers nicht beeinflusst werden, muß das Abwasser neutralisiert werden.

Saure Abwässer werden meist durch Kalkzusatz, die übrigen über Filter behandelt.

Als Füllmaterial für die Filter werden Kreide, Marmor, Kalkstein, Dolomit verwendet.

Eine Neutralisationsanlage (Bild 36) besteht aus folgenden Einrichtungen:

- Sandfänge zum Abscheiden grober Sedimente
- Behälter zum Mischen saurer und alkalischer Abwässer
- Vorratsraum für ungelöschten Kalk
- Anlage zum Kalklöschen
- Lösungsbehälter
- Dosierungsvorrichtung

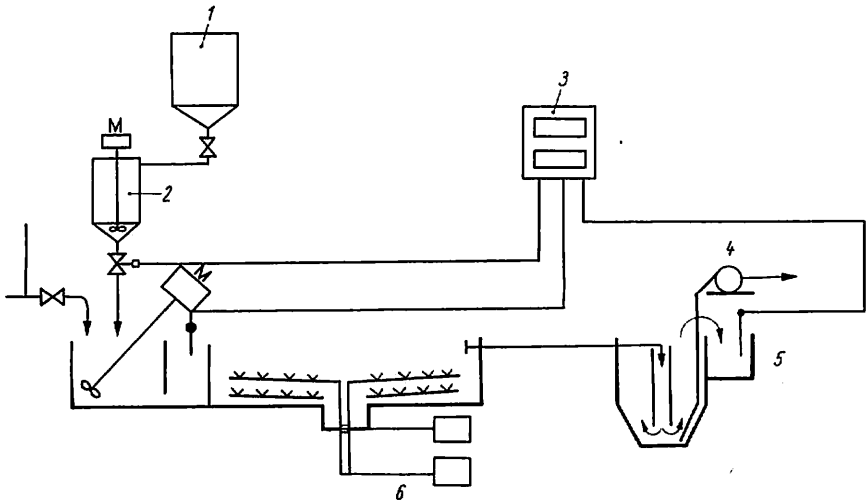


Bild 36. Neutralisationsanlage

1 Kalksilo, 2 Kalkmischbehälter, 3 pH-Meß- und Regelanlage, 4 Schlammpumpe, 5 Klarwasser zum Vorfluter, 6 zwei voneinander unabhängige Drucksysteme

- Mischer
- Neutralisationsbecken
- Absetzanlagen für die behandelten Abwässer oder Sammelbecken
- Schlammplätze

Die Dosierungsanlage wird durch selbsttätige pH-Meßgeräte automatisch gesteuert. Die Kontaktzeit der Chemikalien mit dem Abwasser bestimmt die Größe der Reaktionsbauwerke und ist sehr unterschiedlich (5 bis 30 min).

### 7.2.3. Abwasserdesinfektion

Da Bakterien und andere Krankheitserreger durch mechanische Verfahren zwar teilweise aus dem Abwasserstrom entfernt, aber nicht abgetötet werden, ist oftmals eine Sonderbehandlung in Form der Desinfektion erforderlich.

*Das gebräuchlichste Desinfektionsverfahren in der Abwasserreinigung ist die Oxydation durch Chlor.*

Da der Umgang mit Chlorgas sehr gefährlich ist, wird das Gas nicht direkt, sondern über einen Chlormischapparat (Bild 37) in das Abwasser gegeben.

Das Chlor wird in flüssiger Form in Behältern transportiert und gespeichert. Bei Bedarf wird dieser Behälter leicht auf Raumtemperatur erwärmt. Dabei geht das flüssige Chlor teilweise in den gasförmigen Zustand über und wird in einer Druckflasche gesammelt. Von hier aus wird es in der Mischröhre einem Wasserstrom zugegeben, so daß es sich wieder löst und als Chlorwasser in das Abwasser gelangt.

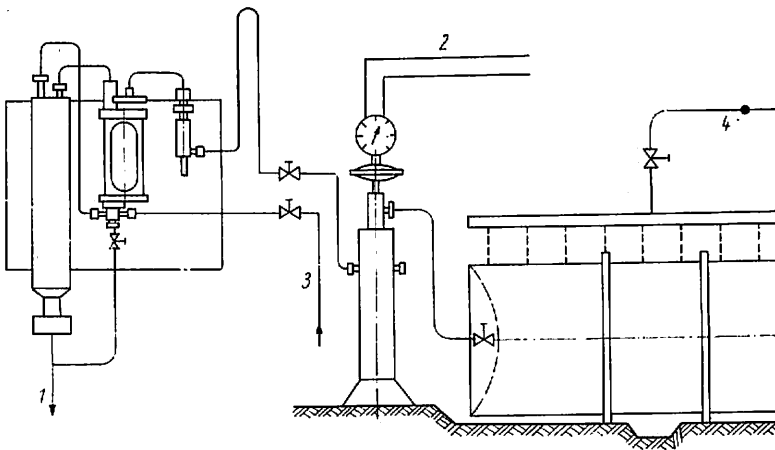


Bild 37. Chlormischapparat

1 Chlorwasser, 2 Signalleitung, 3 Reinwasser, 4 Berieselung

Außer als Desinfektionsmittel wird Chlor noch verwendet zum

- Abtöten von Algen und ähnlichen Organismen im Abwasser bei unerwünschter Massenentwicklung
- Abtöten von Bakterien, die in Abwasserkanälen und in Abwasserreinigungsanlagen schleimartige Häute bilden, und Verhindern ihrer Entwicklung
- Abtöten der Tropfkörperfliege (*Psychoda*) und schleimartiger Bewüchse, die zur Verstopfung bei Tropfkörpern führen
- Verbessern der Flockung und Abscheiden von Fett aus dem Abwasser
- Geruchsbekämpfen bei der Behandlung von Rechengut und Abwasserschlamm
- Verhindern von Fäulnis durch Verzögerung oder Verhinderung der biochemischen Zersetzungsvorgänge
- Oxydieren von Schwefelwasserstoff und damit Schützen von Beton, Mörtel, Anstrichen vor dessen aggressiven Eigenschaften
- Decken des Sauerstoffbedarfs von Rücklaufschlamm bei dem Belebtschlammverfahren und des Faulwassers der Schlammfäulung
- Verzögern des biochemischen Abbaus von Abwasser, das in einen Vorfluter eingeleitet wird
- Herstellen von gechlortem Eisensulfat für die Flockung des Abwassers.

### 7.3. Biologische Verfahren

Neben den ungelösten Sink- und Schwebestoffen sind im Abwasser noch kolloidal und echt gelöste anorganische, organische gärungs- und fäulnisfähige sowie pilzbildende Substanzen enthalten. Bei ungenügender Verdünnung im Vorfluter wirken sich diese Stoffe sehr schädlich auf Selbstreinigungsvorgänge und Fischerei aus. Ihre Beseitigung muß durch natürliche und künstliche biologische Abwasserreinigungsverfahren erfolgen.

#### 7.3.1. Natürliche biologische Verfahren

Zu den natürlichen biologischen Reinigungsverfahren gehören die landwirtschaftliche Abwasserwertung, das Abwasserfischteich-Verfahren und das Oxydationsteich-Verfahren.

Bei der *landwirtschaftlichen Abwasserwertung* wird berücksichtigt, daß die Abwässer aus Haushalten, Industrie und Gewerbe große Mengen an verwertbaren Stoffen für Landwirtschaft und Fischerei enthalten.

Stickstoff, Phosphate und Kali sind die wichtigsten, aber auch Spurenelemente, Humusstoffe, Bakterien und Fermente spielen eine große Rolle. *Sierp* nennt als Düngestoff im Abwasser folgende Werte [3]:



| Art des Abwassers          | Stickstoff | Phosphate (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | Kali (K <sub>2</sub> O) | Organische Stoffe in g/E d |
|----------------------------|------------|--|-------------------------|----------------------------|
| rohes Abwasser             | 12,8       | 5,3  | 7,9                     | 55                         |
| biol. gereinigtes Abwasser | 10,9       | 2,8  | 6,7                     | 19                         |
| Klärschlamm, angefault     | 1,3        | 0,7  | 0,2                     | 20                         |

Die Pflanzennährstoffe werden allerdings nicht in einem optimalen Verhältnis auf die Flächen gebracht, so daß meist eine mineralische Zusatzdüngung erforderlich ist. Die düngende Wirkung des Abwassers sollte daher auch nicht überschätzt werden.

Zu den verwertbaren Stoffen kommt noch der *Wasservwert* des Abwassers hinzu, der in Dürrezeiten besonders hoch zu bewerten ist.

Obgleich bei der weiträumigen Abwasserverwertung große Flächen benötigt werden und deren Anlage teurer wird als die Anlage von Rieselfeldern, ist sie vom landwirtschaftlichen Standpunkt aus günstiger. Bei hochbelasteten Rieselfeldern wird meist viel mehr Wasser aufgebracht, als die Pflanzen verbrauchen können.

Neben der landwirtschaftlichen Seite der Abwasserverwertung ergibt sich auch eine gemeinwirtschaftliche, da Abwässer dauernd anfallen und untergebracht werden müssen. Selbst bei einer nur zeitweisen Ableitung in Vorfluter muß das Abwasser weitgehend vorgereinigt werden. Darüber hinaus ist noch die hygienische Seite der Abwasserbehandlung zu betrachten. Durch Industrieabwässer können schädliche Metallsalze, starke Säuren oder Gifte mitgeführt werden. Weiterhin ist das Auftreten von krankheitsserregenden Bakterien und tierischen Parasiten möglich.

Daraus leiten sich folgende *Grundsätze* für das Anlegen einer landwirtschaftlichen Abwasserverwertung ab:

- Eine landwirtschaftliche Abwasserverwertung soll weiträumig angelegt werden und für die Perspektive Erweiterungsflächen mit einbeziehen. Tritt sie an die Stelle einer erforderlichen biologischen Nachreinigung anderer Art, muß eine ganzjährige Unterbringung gewährleistet sein. Dies ist durch die Schaffung ausreichender Entlastungsanlagen (Staurieselflächen, Bodenfilter usw.) möglich.
- Das Abwasser ist vor seiner Unterbringung unbedingt einer vollmechanischen Reinigung zu unterziehen (Rechen, Sandfang, Absetzbecken), da neben den hygienischen Belangen auch abwasserwirtschaftliche, bodenkundliche und betriebstechnische Belange dafür sprechen. So wird ein großer Teil von Krankheitserregern (rund 80 Prozent) und Eingeweidewurmeiern (fast 100 Prozent) abgeschieden. Das Zurückhalten von Fetten und Papierfasern verhindert ein Verschlicken und Verfilzen des Bodens, und die Entfernung des Unkrautsamens löst das Problem der Verkräutung. Das Abwasser soll außerdem möglichst frisch auf das Verwertungsgelände gelangen, um Nährstoffverluste und Geruchsbelästigungen zu vermeiden.

- Es ist nicht zulässig, Abwässer landwirtschaftlich auf Flächen zu verwerten, die in der Nähe von Quell- oder Grundwasserfassungen liegen, weil sonst die Gefahr der Verunreinigung des Trinkwassers besteht.
- Infektiöse Abwässer aus Infektionskrankenhäusern, Tierkörperbeseitigungsanstalten und solche aus der Felle, Häute und Borsten verarbeitenden Industrie sind von der Verwertung auszuschließen.  
Abwässer aus Gewerbebetrieben sind erst auf ihre Eignung hinsichtlich des Gehaltes an Giftstoffen und deren Anreicherungsmöglichkeit im Boden zu untersuchen.
- Auf Flächen mit Gemüse und Erdbeeren ist eine Düngung mit Abwässern unzulässig.  
Beerensträucher, Obstbäume und Kartoffeln dürfen nur vor der Blüte mit Abwässern beregnet werden. Futteranbauflächen einschließlich Dauergrünland dürfen zwei Wochen vor der Ernte bzw. Beweidung nicht mehr besickt werden.

Der ordnungsgemäßen landwirtschaftlichen Abwasserverwertung sind also einige Einschränkungen auferlegt. Dennoch ist sie ein wirksames Verfahren zur schadlosen Unterbringung mechanisch gereinigten Abwassers.

*Die landwirtschaftliche Abwasserverwertung muß sich in die örtlichen Verhältnisse einfügen.*

Das Verfahren ist nur dann brauchbar, wenn die Bodenart, die geographische Höhe und Oberfläche des Geländes, die Häufigkeit der Regenfälle, die für das Wachstum der Pflanzen entscheidenden klimatischen Faktoren, die Lage der Grundwasseroberfläche und die landwirtschaftlichen Erzeugnisse geeignet sind.

*Das Abwasser wird entweder in offenen Gräben oder in Rohrleitungen auf die Bewässerungsflächen geleitet und durch Berieseln oder Verregnen verteilt.*

Bei der *Untergrundverrieselung* ist eine landwirtschaftliche Verwertung der Dungstoffe des Abwassers im allgemeinen nicht möglich.

Bei der *Hangberieselung* (Bild 38a) fließt das Abwasser meist über bepflanztes Land. Ein Teil dringt in den Boden ein, ein Teil verdunstet, und ein großer Teil des Abwassers wird nach spärlicher Berührung mit dem Boden und den Pflanzen in Kanälen gesammelt. Die Wirkung dieses Verfahrens entspricht einer teilbiologischen Behandlung.

Bei der *Stauberieselung* (Bild 38b) wird das Abwasser über dem Land aufgestaut. Es sickert in den Boden ein und wird gegebenenfalls durch Drainagen gesammelt. Bei diesem Verfahren wirken mechanische und biologische Kräfte des Bodens, so daß ein höherer Reinigungsgrad erzielt wird. Manchmal erfolgt die Stauberieselung aus Furchen (Bild 38c), die zwischen den einzelnen Kulturen angeordnet sind.

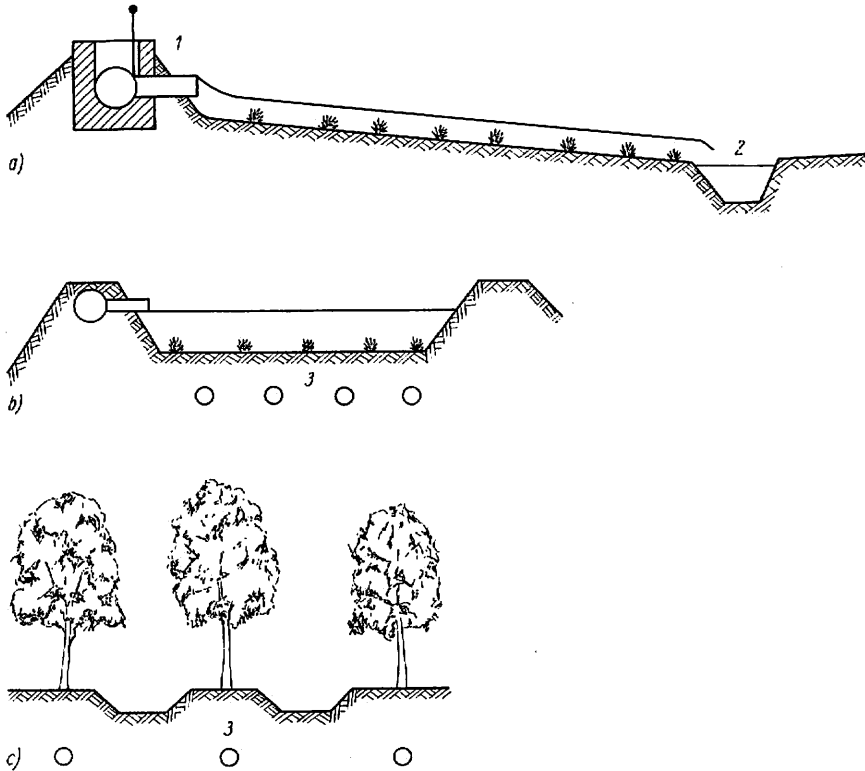


Bild 38. Versickerungsbeispiele

a) Hangberieselung

b) Stauberieselung

c) Furchenberieselung

1 Verteiler, 2 Sammelgräben, 3 Drainage

Bei der *Verregnung* sind ein transportables Druckleitungssystem und ein Wasserdruck von etwa 40 mWS erforderlich. Die sich durch das Rückstoßprinzip selbsttätig drehenden Weitstrahlregner werden nach bestimmten Verregnungszeiten an einen anderen Standort gesetzt, so daß eine weiträumige Verteilung des Abwassers möglich ist.

Besonders bei großem Flächenbedarf wird wegen der anfallenden Wassermenge verregnet, weil dabei weniger Wasserverluste auftreten.

Die aus verhältnismäßig feinkörnigem Material aufgebauten *Bodenfilter* stellen eine Weiterentwicklung der Rieselfelder dar. Sie werden angewendet:

- bei sandigem Boden, wenn die unmittelbare landwirtschaftliche Ausnutzung der Dungstoffe des Abwassers zugunsten einer besseren Abwasserreinigung zurückgestellt werden kann

- bei einer nicht ständigen Abwasserunterbringung im Verwertungsgebiet als Entlastungsflächen

Die Abwassergaben können erhöht werden bei Abwasser

ohne Vorbehandlung auf 20 bis 80 mm/d

mit Vorbehandlung auf 400 bis 800 mm/d

An der Oberfläche bildet sich eine Schicht aus aufgeschlämmten Stoffen des Abwassers, die von Zeit zu Zeit entfernt werden muß. Die biologischen Schleime, die zwischen den Sandkörnchen entstehen, werden im Laufe der Zeit zersetzt.

Zur Vermeidung anaerober Verhältnisse müssen Bodenfilter wechselweise betrieben werden.

### Abwasserfischteich-Verfahren

Das Abwasserfischteich-Verfahren setzt genau wie die landwirtschaftliche Verwertung eine vollmechanische Reinigung des Abwassers voraus. Beiden Verfahren ist ferner gemeinsam, daß das vorgereinigte Abwasser nicht über das ganze Jahr abgenommen werden kann.

Ist die landwirtschaftliche Abwasserverwertung an die Vegetationsperiode der Pflanzen gebunden, so ist die Reinigung des Abwassers über Fischteiche vom Lebenszyklus der Fische abhängig.

*Bei diesem Verfahren wird neben dem Abbau der organischen Substanz und der dadurch erfolgenden Reinigung des Abwassers wertvolles Fischfleisch (auch Entenfleisch) aufgebaut.*

Hierbei werden die Selbstreinigungsvorgänge der Gewässer bewußt ausgenutzt und intensiviert. Während die strömende Welle rasch fließender Gewässer arm an Lebewesen ist und die Selbstreinigungsvorgänge vorwiegend am Boden ablaufen, kommt im Abwasserfischteich die gewaltige Menge des freischwebenden Planktons hinzu. Der ganze Bereich der Wasserorganismen – von den Bakterien bis zu den Fischen – wird zum Abbau der Schmutzstoffe ausgenutzt.

Bei der Anlage von Abwasserfischteichen gelten folgende Bedingungen, die einen einwandfreien Ablauf des Verfahrens gewährleisten:

- Es muß eine gute mechanische Vorreinigung des Abwassers mit einem Wirkungsgrad von mindestens 70, besser 80 bis 90 Prozent – bezogen auf die absetzbaren Stoffe – erfolgt sein.
- Es muß ein gutes, sauerstoffreiches Verdünnungswasser vorhanden sein, das aus einem Fluß, Bach, See oder Schiffahrtskanal stammen kann. Grund- oder Quellwasser ist, da zu kalt und zu sauerstoffarm, nicht geeignet. Die Menge des Verdünnungswassers ist von der Konzentration und der Zusammensetzung des Abwassers abhängig; im allgemeinen genügt bei einer guten Vorklärung die 3- bis 5fache Menge, bei stark organisch verschmutztem Abwasser die 10- bis 20fache Menge.

- Abwasser und Verdünnungswasser müssen in einem besonderen Mischschacht und angeschlossener Mischrinne gleichmäßig vermischt werden. Durch Einsatz besonderer Sprüheinrichtungen oder Prellbrettchen kann der wichtige Sauerstoffgehalt im Wasser noch gesteigert werden.
- Teiche sind flach zu halten (Einlauf 0,5 m, Auslauf 1,0 m) und sollen grätenartig verlaufende Entwässerungsgräben mit Gefälle zum Ablauf enthalten.
- Über eine besondere Art von Ablaufvorrichtungen, die Ablaufmönche, gelangt das biologisch gereinigte Abwasser in den Vorfluter.

Am biologisch-biochemischen Stoffumsatz in Abwasserfischteichen ist eine Vielzahl von Organismengruppen beteiligt.

Die Gruppe der *Bakterien* ist in verschiedenster Art und Anzahl vertreten und ernährt sich entweder direkt von den gelösten organischen Stoffen oder spaltet sie bis zu mineralischen Substanzen auf. Die Spaltprodukte oder die entstandenen anorganischen Grundbausteine dienen dann der Entwicklung anderer Organismen (z. B. Algen).

Die *Abwasserpilze* entwickeln sich primär in den Zulauftrinnen und gelangen erst sekundär in die Teiche. Arten wie *Leptomitus* und *Fusarium*, aber auch Bakterien, wie *Beggiatoa* und *Sphaerotilus*, ernähren sich direkt von gärungsfähigen Zuckerarten und fäulnisfähigem, organisch gebundenem Stickstoff und von Schwefel enthaltenden Substanzen.

Die *Grünalgen* (einzellige und fädige Algen) nehmen bestimmte organische Substanzen (vorwiegend Eiweißspaltprodukte) direkt aus den gelösten Nährstoffen auf und verarbeiten diese weiter (besonders bedeutend: ihre Sauerstoffproduktion).

Die Gruppe der *Protozoen* (z. B. Wimpertierchen), *Rädertierchen* und *Moostierchen* nimmt die Nahrung zum Teil in Form von gelösten organischen Stoffen auf, zum Teil sind es typische Bakterien- und Algenfresser.

Die *Würmer*, *Kleinkrebse* und *Weichtiere* (Schnecken, Muscheln) sind als Schlammfresser vor allem an der Aufzehrung von schlammbildenden ungelösten Stoffen beteiligt. Kleinkrebse (Wasserflöhe u. a.) und Insektenlarven ernähren sich von den anderen kleinen Lebewesen, wie Bakterien, Protozoen, Würmer usw.

■ *Die Fische als oberstes Glied des biologischen Stoffumsatzes sind Allesfresser.*

Ihre Nahrung kann sowohl aus Wurmern, Wasserflöhen und Insektenlarven als auch aus Bruchstücken höherer Wasserpflanzen bestehen.

Schleie, Karpfen und Regenbogenforellen haben sich als besonders geeignet erwiesen.

### Oxydationsteich-Verfahren

Ein weiteres natürliches biologisches Verfahren ist die Reinigung des Abwassers in einer Oxydationsteich-Anlage. Merkmale des Verfahrens sind, genau wie beim Ab-

wasserfischteich-Verfahren, gegenüber der Selbstreinigung von verschmutzten Gewässern:

- eine stark verlängerte Aufenthaltszeit
- eine größere Fläche zur Sauerstoffaufnahme
- eine bessere Absetzzeit der mitgeführten Feststoffe

Die Kontaktzeit des Abwassers mit dem bakterienreichen, biochemisch sehr aktiven Schlamm ist stark verlängert, und den Organismen steht eine längere Zeit zur Verarbeitung von Schmutzstoffen zur Verfügung.

Beim Oxydationsteich-Verfahren ist kein Verdünnungswasser (wie in Abwasserfischteichen) nötig, da dieses zwar für die Lebenstätigkeit der Fische, nicht aber für die Selbstreinigung erforderlich ist.

Im Ausland ist es schon länger üblich, Teiche mit unverdünntem Abwasser zu beschicken [26]. Auch in der DDR, z. B. in Christgrün/Vogtl., existieren derartige Anlagen.

*Das System der Oxydationsteiche besteht aus mehreren hintereinandergeschalteten Stufen, in denen die einzelnen Organismen ihre spezifischen Abbauleistungen entfalten.*

- Als erste Stufe ist ein anaerobes Vorbecken vorhanden, in dem eine mechanische Klärung stattfindet. In dieser Stufe ohne Sauerstoff spielen sich neben den Absetzvorgängen intensive bakterielle Spaltungsprozesse ab.

Bei Anwesenheit von Sauerstoff liefern diese Prozesse mehr Energie als Spaltungen im sauerstofffreien Milieu. Da die Bakterien einen bestimmten Energiebedarf haben, muß in der anaeroben Stufe mehr Abbauarbeit für die gleiche Energiemenge geleistet werden. Der dabei abgelagerte Schlamm wird absichtlich nur in größeren Zeitabständen beräumt, damit das Abwasser über eine möglichst bakterienreiche, biochemisch sehr aktive Schlamm-Kontaktschicht hinwegfließen kann. Das anaerobe Vorbecken soll nicht tiefer als 1,5 m sein, da sonst die Möglichkeit einer Schichtung und damit die Gefahr verstärkter Schwefelwasserstoffbildung besteht.

*Der Reinigungseffekt, ausgedrückt im BSB<sub>5</sub>-Rückgang, ist größer als bei normalen Absetzbecken.*

Es wurden Werte bis zu 60 Prozent festgestellt [26], denen Abnahme von 25 bis 40 Prozent in normalen Absetzbecken gegenüberstehen [6].

Der Schlamm des anaeroben Vorbeckens ist schwarz, hat einen hohen pH-Wert und kann leicht getrocknet werden. Die Räumung erfolgt meist in Abständen von 4 Jahren.

- In der nächsten Stufe des Teichsystems beginnen die aeroben Prozesse.

Alle chemischen Veränderungen (BSB<sub>5</sub>-Rückgang, zunehmende Klarheit usw.) sind Ausdruck der Lebenstätigkeit bestimmter Bakteriengruppen. Während sie im Vorbecken in größeren Mengen frei im Wasser vorkommen, sind sie in den weiteren Stufen mehr substratgebunden (vorwiegend an Schlammpartikel mit Krümelstruktur) und schaffen eine große adsorbierende Oberfläche (mehrere km<sup>2</sup>/ha). Auf diese Weise

entsteht ein natürlich belebter Schlamm, der dem Belebtschlamm künstlicher biologischer Prozesse ähnlich ist.

Durch ihre Sauerstoffproduktion sind Algen die Hauptförderer der aeroben Abbauprozesse. Nicht selten werden Sauerstoffübersättigungen bis zu 300 Prozent festgestellt. Dies erklärt sich aus der großen Oberfläche der Algen. Durch die Einbeziehung von Abwasserinhaltsstoffen in die Körpersubstanz (Kohlendioxid, Stickstoffverbindungen, Phosphorverbindungen, zeitweilig auch gelöste Kohlenhydrate und Salze organischer Säuren) erfolgt eine weitere Verringerung der Schmutz- und Nährstoffe.

Hier sei noch einmal auf die flache Auslegung (1,0 bis 1,5 m Tiefe) der Teiche hingewiesen. Dringt das Licht nicht bis zum Grund durch, kann in der untersten Zone keine Sauerstoffproduktion durch Algen stattfinden, und Fäulnis ist die Folge.

- In einer weiteren Stufe sind die Kleintiere vom Typ der Strudler und Filterer zu finden. Wasserflöhe, Rädertierchen oder rote Zuckmückenlarven nehmen einen großen Einfluß auf die Selbstreinigungsvorgänge, indem sie einen beträchtlichen Teil der feinen Feststoffe aufzehren. Die Beseitigung der Bakterien und Kleinalgen während des Fressvorganges hat ebenfalls wesentlichen Einfluß auf die Klarheit des biologisch gereinigten Abwassers. Ein großer Teil des anfallenden Feinschlammes wird in der Körpersubstanz von Insektenlarven festgelegt. Wenn diese Larven, deren Zahl nach *Uhlmann* bis zu 100 000 Exemplaren je  $m^2$  betragen kann (rote Zuckmückenlarven), als erwachsene Tiere das Wasser verlassen, wird eine nicht unbedeutende Menge organischer Substanz aus dem System entfernt [27].

Bei schwachbelasteten Oxydationsteichen ist auch der Einsatz von Nutzfischen in der letzten Stufe des Teichsystems möglich. In den reichlich vorhandenen Kleinkrebsen und Insektenlarven finden sie eine ausreichende Futtergrundlage.

Die *Abbauleistung* von Oxydationsteichen wird an folgenden Zahlen deutlich:

- Der BSB<sub>5</sub>-Rückgang liegt im Mittel bei 87 Prozent, der von Stickstoff- und Phosphorverbindungen bei 50 Prozent [26].
- Die Bakterienrückhaltung ist oft besser als bei künstlichen Anlagen. So verringert sich die Anzahl von 100 000 Colibakterien je  $ml$  im Zulauf bis auf 50 je  $ml$  im Ablauf.

### 7.3.2. Künstliche biologische Verfahren

#### Tropfkörper-Verfahren

Beim Tropfkörper-Verfahren findet eine ständige Belüftung und eine Durchrieselung des Körpers mit Abwasser ohne Aufstau statt.

Die Reinigungswirkung dieses Verfahrens beruht auf biologischen und biochemischen Vorgängen. Der biologische Rasen bildet sich während der Einarbeitungszeit

auf der porösen Oberfläche des Tropfkörpermaterials aus und enthält neben ausgeflockten Kolloiden und Bakterien eine vielfältige Organismenwelt. *Liebermann* nennt 82 Organismenarten in einem schwachbelasteten Tropfkörper: Bakterien, Algen, Abwasserpilze, Protozoen, Rädertierchen, Würmer, Kleinkrebse und Insektenlarven [25].

Bei hochbelasteten Spültropfkörpern sind im biologischen Rasen Bakterien und Protozoen, aber keine nennenswerte Anzahl höherer Organismen vorhanden.

Allgemein gilt: *Bei steigender Belastung des Tropfkörpers sinkt die Artenzahl der beim Abbau beteiligten Organismen, die Masse der wenigen Arten dagegen nimmt zu.*

Tropfkörper verarbeiten gelöste Stoffe und erfordern eine gute Vorreinigung des Abwassers, da sie sonst verstopfen.

Sie dürfen nicht mittels Gurtbandförderern gefüllt, sondern müssen gepackt werden.

Als Füllmaterial werden verwendet:

- gebrochener Stein (Granit, Kalkstein, Basalt usw.)
- Steinkohle
- Koks
- Sintersteine

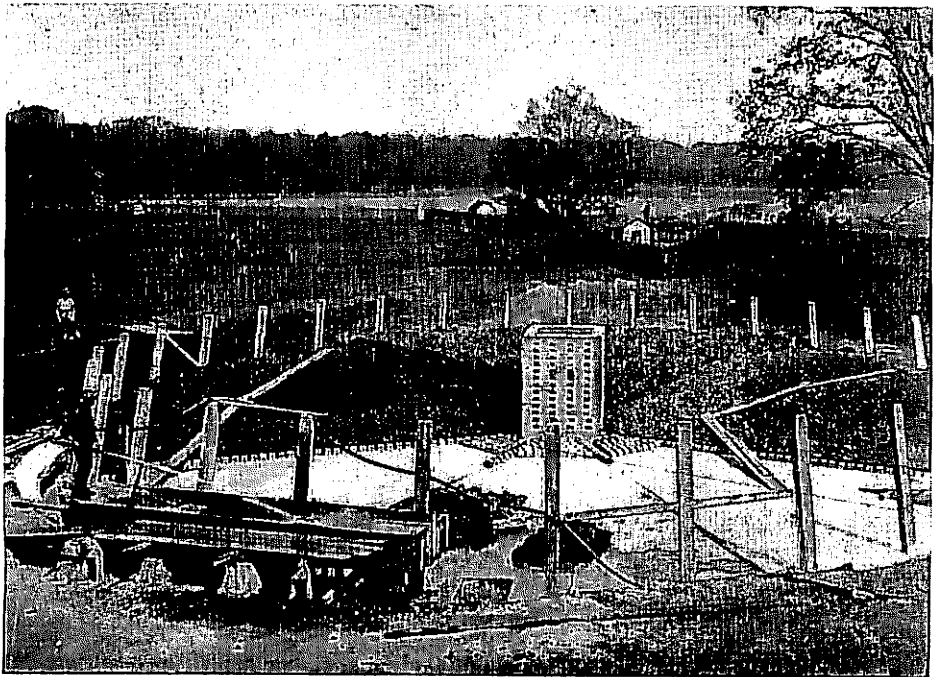
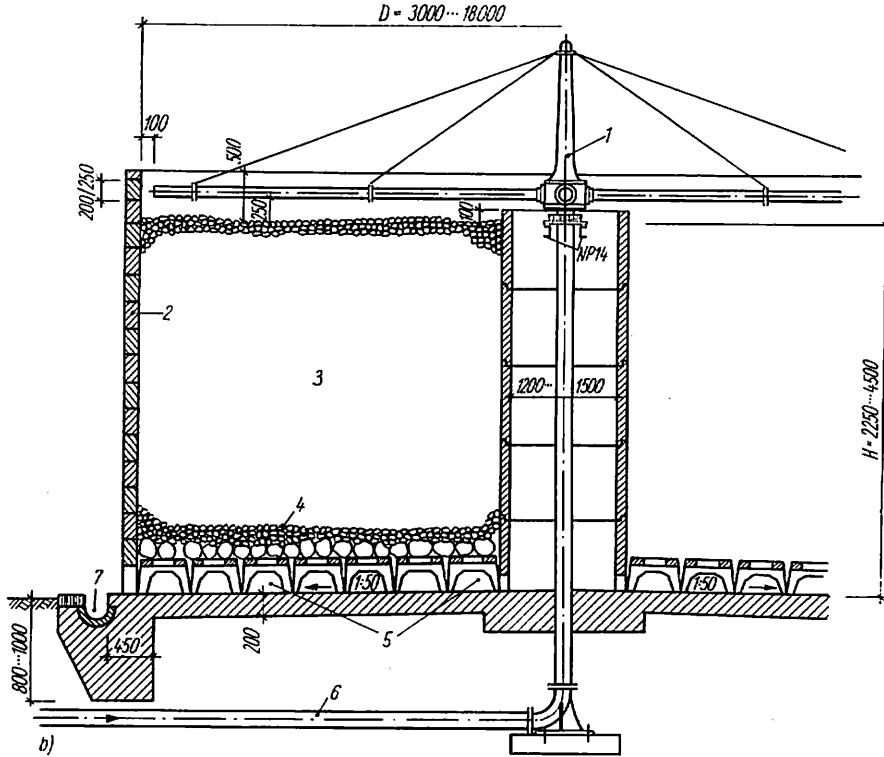


Bild 39. Tropfkörper  
a) im Bau befindlich





b) Querschnitt

- 1 Drehsprenger, 2 Tropfkörpermaul aus Segmentsteinen 51/24/15, 3 Brockenfüllung, 40 ... 60 mm Dmr.,  
4 Stützschiicht, 5 Fertigt beton-Sohlsteine, 6 Zuleitung, 7 Ablaufrinne

künstliche und natürliche Schlacken

Holz

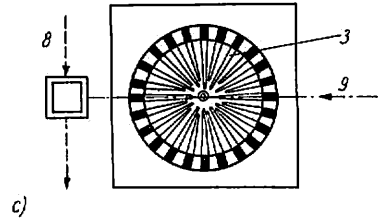
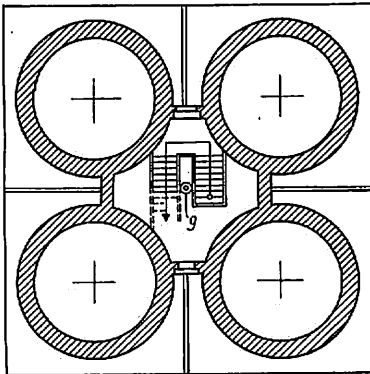
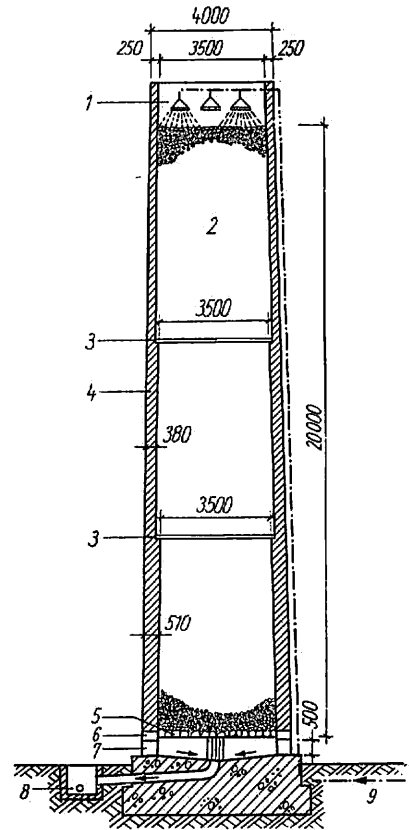
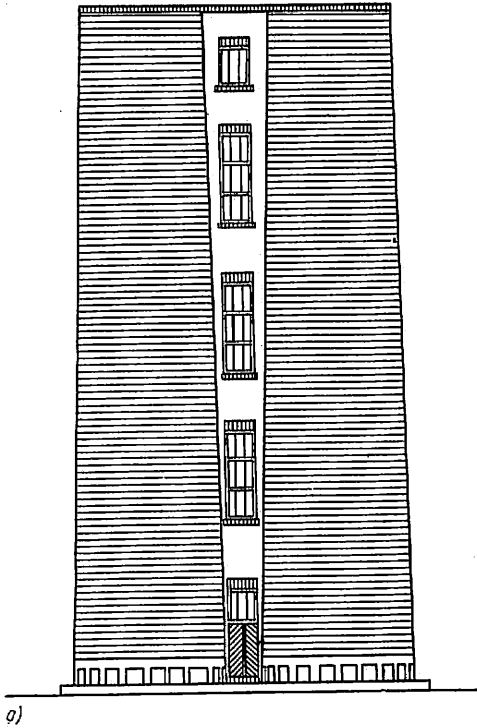
keramisches Material

Körnungen zwischen 40 und 80 mm Durchmesser haben sich bewährt.

Das Material muß in Schichten gleicher Körnung eingebracht werden, die großen Durchmesser unten und die kleineren darüber.

Das Abwasser wird an der Oberfläche versprüht, möglichst gleichmäßig auf die gesamte Tropfkörperoberfläche verteilt und vor Eintritt in das Brockenmaterial mit Luftsauerstoff angereichert.

Es werden bewegliche Verteiler (Drehsprenger) verwendet (Bild 39). Sie haben zwei oder mehr horizontale, gelochte Verteilerarme, die von der Mitte aus beschickt werden. Ihre Achse liegt 25 bis 30 cm über dem Tropfkörpermaterial. Der Drehsprenger wird durch den Rückstoß des austretenden Abwassers in Bewegung gehalten, hierbei ist ein Austrittsdruck von 0,5 bis 1,0 mWS erforderlich.



**Bild 40. Turmtropfkörper**

a) Ansicht

b) Grundriß

c) Querschnitt

1 Abwasserverteilung, 2 Brockenmaterial 8 ... 100 mm Dmr., 3 Stützrost, 4 Ummantlung, 5 Stützsicht, 6 Verstärkungsring, 7 Lufteintrittsöffnung, 8 Ableitung, 9 Zuleitung

Ist kein kontinuierlicher Zufluß vorhanden, wird ein Beschickungsbehälter als Ausgleich zwischengeschaltet, der das Abwasser so lange speichert, bis der Druck ausreicht, den Drehsprenger in Bewegung zu setzen. Wenn biologisch gereinigtes Abwasser zurückgeführt wird, reicht der Zufluß im allgemeinen aus, die Drehsprenger ständig in Bewegung zu halten.

Zur Ableitung des gereinigten Abwassers und des ausgespülten biologischen Rasens sowie zur Unterstützung der Durchlüftung des Tropfkörpers muß sich zwischen Tropfkörperboden und Füllmaterial ein Hohlraum befinden. Der Boden erhält ein Gefälle von 1 Prozent, damit der biologische Rasen vom gereinigten Abwasser mitgespült werden kann.

*Da das Abwasser eine andere Temperatur als die Tropfkörperumgebung hat, entstehen unterschiedliche Lufttemperaturen.*

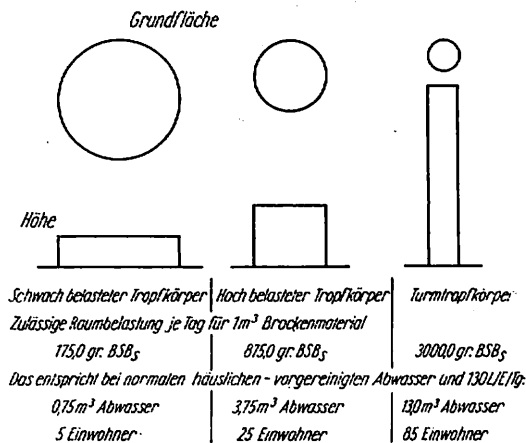
*Der Temperaturunterschied verändert auch die Dichte der Luft, so daß eine thermische Luftströmung entsteht.*

Bei warmem Wetter kommt es darauf an, daß möglichst viel Luft durch den Körper strömt, denn der Sauerstoffbedarf des biologischen Rasens ist groß.

Bei kaltem Wetter soll der Luftzug möglichst gering sein, damit das Abwasser und der biologische Rasen nicht zu sehr abkühlen.

Es schadet, wenn die Tropfkörper im Winter an den Seitenflächen vereisen.

Die Höhe der Tropfkörper ist von Bedeutung für die Reinigungsleistung. Ein 3 m hoher Körper leistet 8- bis 10mal soviel wie ein 1,2 m hoher. Nach diesem Prinzip entstand in der DDR der Turmtropfkörper (Bild 40). Bei ihm soll das Verhältnis von Durchmesser zu Höhe 1 : 6 betragen. Aus der Gegenüberstellung der Größenverhältnisse läßt sich die Weiterentwicklung der Tropfkörper erkennen (Bild 41). Mannigfaltige Kombinationen von Tropfkörpern mit anderen Anlagenteilen, die uns noch



**Bild 41. Größenverhältnisse und Belastungen von Tropfkörpern**

heute begegnen (Bild 42), haben ihre Ursache darin, daß früher die Bewirtschaftung des Wassers und der Bau entsprechender Anlagen den Städten und Gemeinden selbst überlassen war.

### Belebtschlamm-Verfahren

Beim Belebtschlamm-Verfahren werden hauptsächlich die gelösten organischen Inhaltsstoffe des Abwassers durch einen flockigen Schlamm umgewandelt, der vorwiegend aus ausgeflockten Kolloiden und Mikroorganismen, besonders Bakterien, Pilze und Protozoen, besteht.

Der Belebtschlamm entwickelt sich aus dem Abwasser selbst, wobei die kolloidal ge-

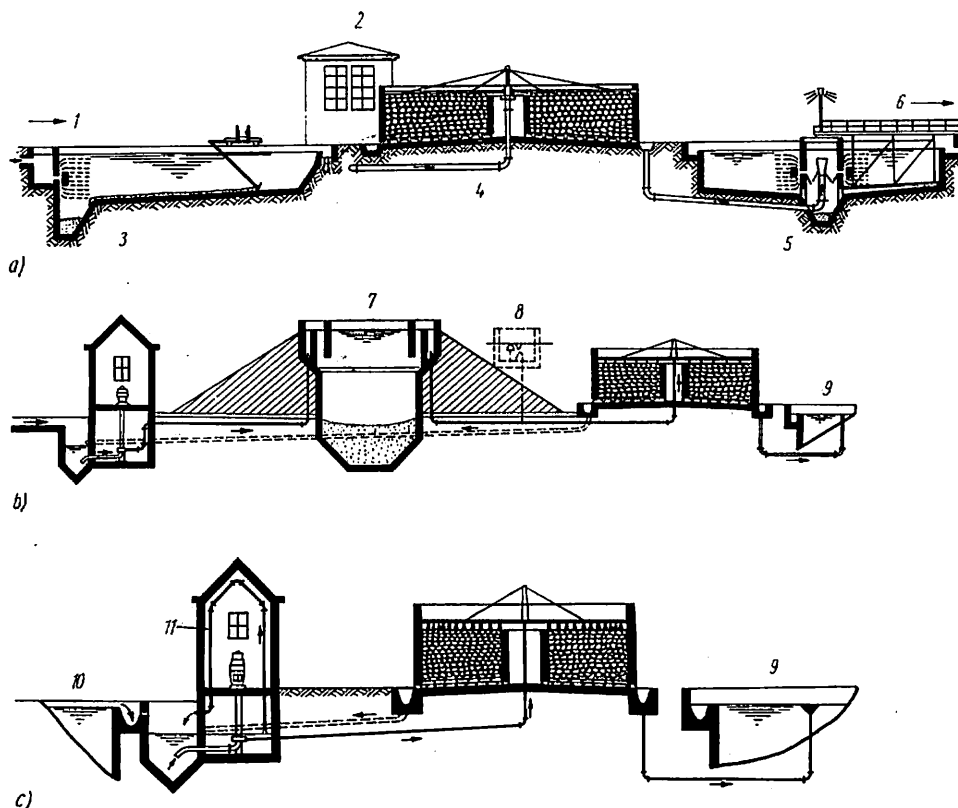


Bild 42. Kombinationen von Tropfkörpern mit anderen mechanischen Anlagen

a) Tropfkörperanlage mit Pumpbetrieb

b) Tropfkörperanlage mit hochliegendem Vorbecken

c) Abwasserreinigungsanlage mit hochbelastetem Tropfkörper

1 Einlauf, 2 Pumpenhaus, 3 Längsbecken als Vorklärbecken, 4 Hochlasttropfkörper, 5 Rundbecken als Nachklärbecken, 6 Auslauf, 7 Emscherbrunnen, 8 Beschickungskammer, 9 Nachklärbecken, 10 Absetzbecken, 11 Notüberlauf

lösten organischen Stoffe in Gegenwart von Mikroorganismen durch intensive Belüftung und Bewegung des Abwassers in den ungelösten Zustand übergehen. Sie flocken aus.

Die im frischen Abwasser mitgeführten Schmutzstoffe werden direkt durch die adsorptiven Eigenschaften des Belebtschlammes festgehalten und durch die an der Oberfläche der Schlammflocken befindlichen Mikroorganismen abgebaut.

Auch für dieses Verfahren ist eine mechanische Vorreinigung des Abwassers notwendig. Die ständige Belüftung garantiert eine gute Sauerstoffversorgung des Belebtschlammes; gleichzeitig werden die Flocken durch die künstliche Bewegung ständig in der Schwebe gehalten, mit dem Abwasser gemischt und mit neuen Nahrungsstoffen versorgt.

- Die erste Phase des Reinigungsprozesses besteht aus der biologischen Adsorption der organischen Schmutzstoffe an die Flockensubstanz.
- Während der zweiten Phase wird die adsorbierte organische Substanz von den Mikroorganismen oxydiert. Hierbei wird die Schlammflocke regeneriert und erneuert ihre Adsorptionsfähigkeit.
- Bei längeren Belüftungszeiten tritt noch eine dritte Phase ein; der Vorgang der Nitrifikation.

Bei hochbelasteten Belebtschlammanlagen besteht der Schlamm überwiegend aus Bakterien.

Er setzt sich zwar gut ab, der Ablauf ist jedoch durch Bakterien und Kolloide meist getrübt. Durch Massentwicklungen von Fadenbakterien (*Sphaerotilus natans*) kann der biologische Schlamm sehr leicht werden und im Nachklärbecken auftreiben. Dieser sogenannte Blähschlamm hat schlechte Absetzeigenschaften.

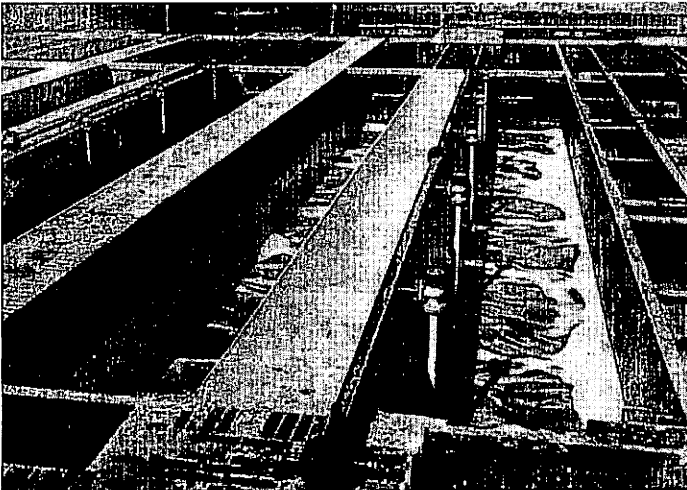
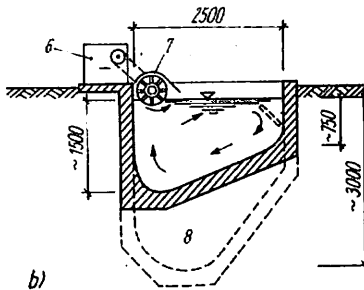


Bild 43. Belüftungsbecken  
a) Ansicht

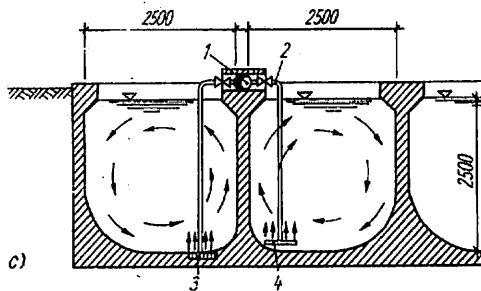
Beim Belebtschlamm-Verfahren wird die Luft künstlich in den Abwasserstrom eingeblasen oder eingeschlagen.

Die Belüftungsbecken haben einen rechteckigen Querschnitt mit dem Verhältnis Breite zu Tiefe wie 1,5 : 1. Die Länge der Becken richtet sich nach Qualität und Quantität des Abwasseranfalls.

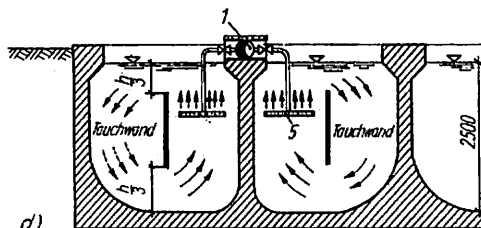
Der Durchfluß eines Wassertropfens soll auf einer Schraubenlinie zum Ablauf hin erfolgen. Die Geschwindigkeit darf nicht kleiner als 0,3 m/s sein, da sonst Schlammablagerungen entstehen, die schnell in Fäulnis übergehen. Da die Fließbewegung in Längsrichtung meist sehr gering ist, erzielt man die erforderliche Wassergeschwindigkeit durch das Umwälzen in Querrichtung des Beckens. Zu diesem Zweck wird entlang einer Seite auf der Beckensohle durch fein gelochte Rohre Luft eingedrückt, oder aber eine Käfigwalze rotiert in der Wasserspiegellhöhe (Bild 43).



b)



c)



d)

b) Querschnitt eines Belüftungsbeckens

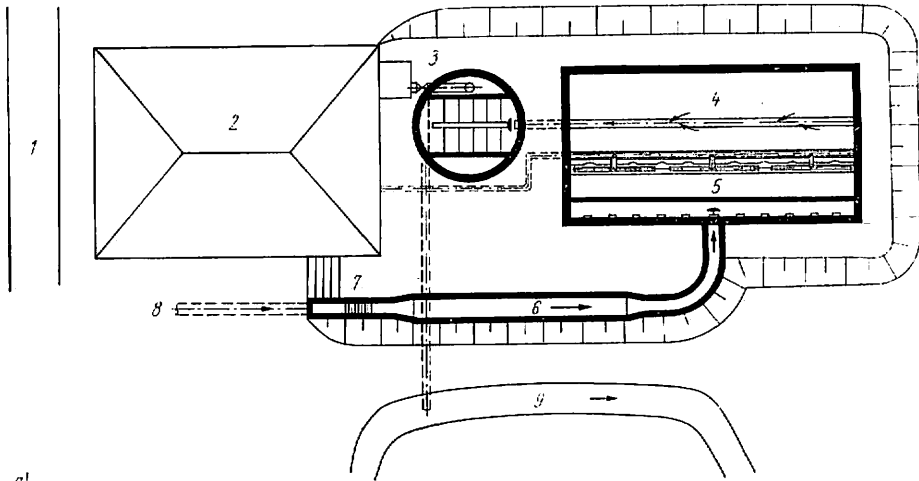
c) Querschnitt eines Belüftungsbeckens mit Tauchwand (Inka-Verfahren)

d) Querschnitt eines Belüftungsbeckens mit Stabwalzenbelüftung

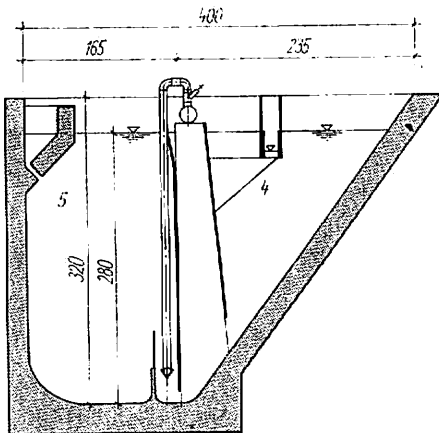
1 Druckluftleitung, 2 Druckluftleitung, 3 Belüftungskästen, 4 gelochte Belüftungsröhre, 5 Belüftungsgitter aus gelochten Rohren, 6 Antrieb, 7 Stabwalze, 8 frühere Beckenform

Durch Ausrunden der Beckenkanten bzw. durch Einbau von Leitwänden wird die kreisende Bewegung unterstützt. Die intensivste Belüftung erfolgt durch die von der Sohle aufsprudelnden Luftbläschen.

Die Funktion der Belebtschlammanlage läßt sich am einfachsten durch ständige Kontrolle der Schlammkonzentration nachweisen.



a)



b)

**Bild 44. Totalkläranlage**

a) Lageplan

b) Regelquerschnitt

1 Straße, 2 Betriebsgebäude, 3 Emscherbrunnen, 4 Schlammfalle, 5 Belebungsbecken,  
6 Sandfang, 7 Rechen, 8 Zulauf, 9 Vorfluter

Man läßt 1 l Belebtschlammbecken-Inhalt sich 30 min absetzen und kann dann je nach Bodensatzhöhe am Meßzylinder die Schlammkonzentration in mg/l ablesen.

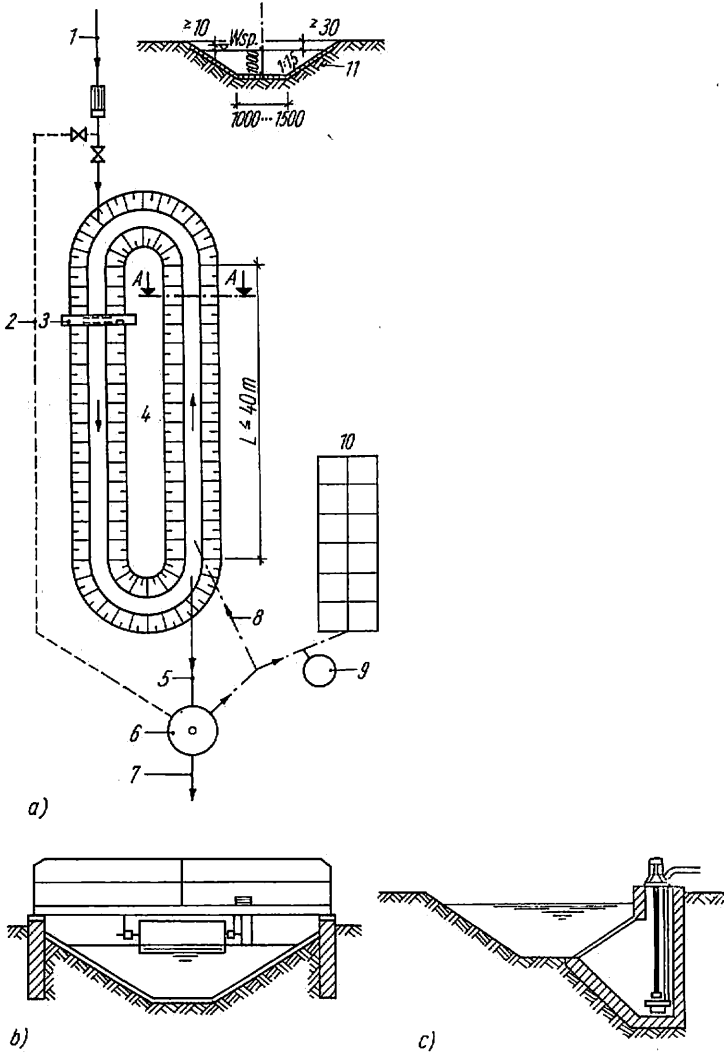


Bild 45. Oxydationsgraben

a) Lageplan einer Abwasserreinigungsanlage mit einfachem Oxydationsgraben und Nachklärung

b) Belüftungswalzenbrücke

c) Schlammfänge

1 Zulauf, 2 Umlauf, 3 Belüftungsbrücke, 4 Oxydationsgraben, 5 Ablauf, 6 Dortmundbrunnen, 7 Klarwasser, 8 Belebtschlammrückführung, 9 Überschussschlammfänge, 10 Schlammfängertrockenplätze, 11 Sohle und Böschung befestigt



*Beispiel:*

Sollen z. B. in einer Anlage 4000 mg Schlamm je Liter Beckeninhalte beibehalten werden und der Zufluß hat nur einen Schlammgehalt von 30 mg/l, dann müssen  $4000 - 30 = 3970$  mg/l Rücklaufschlamm aus dem Nachklärbecken zurückgepumpt werden.

Erst wenn die festgelegte Konzentration überschritten wird, d. h. wenn sich im Nachklärbecken mehr Schlamm sammelt, als zurückgepumpt werden kann, entsteht der Überschlamm, der weiter behandelt werden muß.

Diese Art der künstlichen biologischen Abwasserreinigung wird vorwiegend für große Abwassermengen angewendet, wo eine Konzentration von Arbeitskräften vorhanden ist, da die Überwachung der Vorgänge und die Wartung der Anlagenteile für dieses intensive Reinigungsverfahren entsprechend Zeit erfordern.

Die kombinierte Anwendung des Belebtschlamm-Verfahrens mit der Nachklärung in einem Bauwerk erfolgt in einer *Totalkläranlage* (Bild 44). Obwohl eine solche Anlage für kleine Abwassermengen gebaut wird, darf man die Kontrolle und Wartung, die ein intensives Belebtschlamm-Verfahren braucht, nicht vernachlässigen. Kompakt-Belebtschlammanlagen für weitgehende Schlammineralisierung bis zu einer Kapazität von 30 m<sup>3</sup> Abwasser pro Tag werden aus Stahlblech vorgefertigt und vollständig montiert zur Einbaustelle transportiert.

In ländlichen Gebieten werden zum biologischen Abbau organischer Abwässer häufig *Oxydationsgräben* (Bild 45) angelegt. Der Belebtschlammgraben ist zwar einfach und billig, erfordert aber ebenfalls eine gute Kontrolle der Schlammkonzentration.

Das aus der Trennkanalisation zulaufende Schmutzwasser wird je nach Erfordernis mechanisch vorgereinigt und in den ellipsenförmigen Graben eingeleitet. Die Beschickung des Grabens kann auch stoßweise erfolgen.

An einer Brücke hängt quer zur Fließrichtung eine Belüftungswalze (Bild 45 a), die den Grabeninhalte ständig in Bewegung hält, so daß sich keine Schlammablagerungen bilden können. Durch einen regulierbaren Abfluß kann die Wasserspiegelhöhe verstellbar werden, so daß die Eintauchtiefe der rotierenden Käfigwalze verändert wird und die eingeschlagene Luftmenge sowie die Fließgeschwindigkeit beeinflussbar sind. Das abfließende Wasser wird durch ein Nachklärbecken oder einen im Graben eingebauten Schlammfang (Bild 45 c) geleitet, damit sich der Schlamm absetzt.

Ein Teil des Schlammes wird wieder zurückgepumpt, um die Konzentration im Graben aufrechtzuerhalten. Der überschüssige Schlamm wird auf Trockenbetete abgelassen.

Die Rückführung soll über einen freien Ausfluß und mit Pumppausen bis zu 3 Stunden erfolgen.

Durch den freien Ausfluß ist die Kontrolle des Nachklärbeckenschlammes möglich, der nicht anfaulen darf. Wird das Schlammrückwälzen vernachlässigt, weil wenig Abwasser ankommt, dann sinkt die Schlammkonzentration unter 200 mg/l, und das Abfangen von geringen Schmutzanfallsschwankungen ist nicht mehr möglich.

Bei ordnungsgemäßem Betrieb einer solchen Anlage wird der Schlamm weitgehend mineralisiert, so daß er sein Wasser auf dem Trockenbeet schnell abgibt.

Um Schäden an den Belüftungswalzen zu vermeiden, müssen im Winter Eisschollen abgefangen, die Antriebe vor Spritzwasser geschützt und durch den ganzen Graben laufende Wellen, die ruckartige Belastungen an den Walzstäben hervorrufen, verhindert werden.

#### 7.4. Schlammfäulung

Die bei der mechanischen Vorreinigung in den Absetzbecken anfallenden Schlammstoffe werden innerhalb der Kläranlage weiterbehandelt, bis eine endgültige Unterbringung der Endprodukte möglich ist. Die Klärschlammbehandlung soll neben der Zersetzung der organischen Substanz auch eine Verminderung des Schlammvolumens bewirken.

Die Zersetzung erfolgt durch vorwiegend biologische Prozesse, während zur Konzentration der Feststoffe meist mehrere Verfahren hintereinander angewendet werden (z. B. Eindickung, Ausfäulung, Entwässerung). Beide Prozesse spielen sich meist in einem Behandlungsgang, der Schlammfäulung, ab.

#### Abbau der organischen Stoffe

Der Abbau der organischen Substanz kann sowohl unter aeroben Bedingungen (s. Belebtschlamm-Verfahren, Kompostierung) als auch im sauerstofffreien Milieu ablaufen.

Bei der Schlammfäulung erfolgt die anaerobe Zersetzung der Schlammstoffe.

Sie wird durch Bakterien unterschiedlicher Art ausgelöst, die alle organischen Stoffe angreifen und in ihre Grundbausteine zerlegen können.

- Die eine Gruppe dieser Bakterienflora lebt fakultativ anaerob, d. h., sie kann außer in sauerstoffreichen Verhältnissen auch wahlweise unter Bedingungen ohne Sauerstoff leben. Den für ihre Lebensvorgänge notwendigen Sauerstoff und Kohlenstoff entnehmen die Bakterien der organischen Substanz, die sie durch Enzyme aufgespalten haben. Als Abbauprodukte entstehen bei diesem Vorgang organische Säuren und Salze, Schwefelwasserstoff, Wasserstoff, geringe Mengen Methan und große Mengen Kohlendioxid. Diese Stoffe besitzen fast alle Säurecharakter, und man spricht aus diesem Grunde von der *saueren Schlammfäulung*.
- Die zweite Gruppe wird gebildet von den obligat anaerob lebenden oder Methanbakterien. Diese kann nur im sauerstofffreien Milieu leben. Im

Gegensatz zu den fakultativ anaerob lebenden sind die obligat anaerob lebenden Bakterien nicht in der Lage, die organischen Stoffe bis zu den kleinsten Abbauformen zu zersetzen. Sie sind auf die halbabgebauten Substanzen der fakultativ anaeroben Bakterien angewiesen. Als Abbauprodukte entstehen bei den Methanbakterien Ammoniak, Kohlendioxid, insbesondere aber Methan.

Wegen der Bildung des stark alkalischen Ammoniumhydroxids ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), das durch die Lösung des Ammoniaks im Schlammwasser entsteht, wird diese Art der Schlammfäulung auch als *alkalische Fäulung* bezeichnet.

- Die Phase der sauren Fäulung setzt schnell ein. Hierbei werden vor allem Zucker, lösliche Stärke, Zellulose und lösliche Stickstoffverbindungen angegriffen. Es erfolgt eine starke Gasentwicklung, und die organischen Säuren erreichen Werte bis zu einigen Tausend Milligramm je Liter. *Der Schlamm ist grau, schleimig und übelriechend (schwefelwasserstoffhaltig).*
- Im weiteren Verlauf der Fäulung werden nun die organischen Säuren und bestimmte Stickstoffverbindungen durch die Mikroorganismen angegriffen. Die Gasentwicklung sinkt etwas ab; neben dem Kohlendioxid entstehen Stickstoff, geringe Mengen Wasserstoff und Methan. Diese Phase gehört noch zum Bereich der sauren Fäulung. *Der Schlamm ist jetzt grau bis gelbbraun und neigt zum Schäumen.*
- In der letzten Phase setzt sich dann die alkalische Fäulung durch. Die widerstandsfähigsten Stickstoffverbindungen werden unter intensiver Zersetzung und starker Gasentwicklung zerlegt. Bei diesem Vorgang überwiegen die Methanbakterien; neben Methan finden wir noch geringe Mengen Kohlendioxid und Stickstoff. Der Gehalt an organischen Säuren sinkt unter 500 mg/l ab.

Ohne Steuerung der Schlammfäulung wird die Phase der alkalischen Fäulung häufig nicht ausgebildet. Der dann vorhandene schleimige Schlamm ist schwer zu entwässern und fault stinkend weiter, wenn er an die Luft gebracht wird.

Im Klärwerksbetrieb soll daher die vorherrschend starke saure Fäulung stets vermieden werden. Die einzelnen Phasen der Schlammfäulung spielen sich in den Faulbehältern gleichzeitig und nebeneinander ab. Der Prozeß muß so gelenkt werden, daß den sauren Spalt- und Stoffwechselprodukten der ersten Phase immer Methanbakterien in großer Menge gegenüberstehen, die dann den weiteren Abbau vornehmen.

■ *Es muß sich ein Gleichgewicht zwischen saurer und alkalischer Faulstufe ausbilden.*

Der durch Methanfäulung behandelte Schlamm ist einwandfrei ausgefault und läßt sich gut entwässern. Er sieht schwarz aus (Bildung von schwarzem Schwefeleisen) und riecht nicht mehr übel, sondern weist einen teerartigen Geruch auf.

### Volumenverminderung des Schlammes

Je nach Art des Abwasserreinigungsverfahrens muß man mit verschiedenen Schlamm-mengen rechnen (Tafel 4). Die meisten Schlämme bestehen aus verhältnismäßig losen Zusammenballungen einzelner Teilchen oder Flocken. Sie schließen in ihren Strukturen das Wasser mit ein. Der Hohlraum – und damit der Wassergehalt – ist im allgemeinen groß. Daher beträgt das Schlammvolumen ein Vielfaches des Volumens der eigent-lichen Trockensubstanz.

**Tafel 4 Liste für Schlammengen (nach Imhoff)**

| Art der Anlagen  | <i>a</i>                         | <i>b</i>                     | <i>c</i>                | <i>d</i>  |
|--|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|---|
|  | Feststoff-<br>gehalt in<br>g/E d | Feststoff-<br>gehalt in<br>% | Wassergehalt<br>in<br>% | Schlammmenge<br>in l/E d<br>$\left(\frac{a}{b} \cdot \frac{100}{1000}\right)$ |
| <i>A. Absetzanlagen mit Faulraum</i>   |                                  |                              |                         |   |
| 1. Frischer, unter Wasser abgepumpter Schlamm aus Absetzbecken                           | 54                               | 2,5                          | 97,5                    | 2,16  |
| 2. Frischer Schlamm, der beim Heraus-pumpen von dem überschüssigen Wasser getrennt wurde | 54                               | 5                            | 95                      | 1,08  |
| 3. Nasser ausgefauter Schlamm  | 34                               | 13                           | 87                      | 0,26  |
| 4. An der Luft getrockneter ausgefauter Schlamm (lufthaltig)                             | 34                               | 45                           | 55                      | 0,13  |
| <i>B. I. Schwach belastete Tropfkörper mit Faulraum</i>                                  |                                  |                              |                         |   |
| 5. Schlamm der Nachbecken  | 13                               | 8                            | 92                      | 0,16  |
| 6. Frischer gemischter Schlamm aus Vor- und Nachbecken                                   | 67                               | 5,5                          | 94,5                    | 1,22  |
| 7. Ausgefauter, nasser gemischter Schlamm  | 43                               | 10                           | 90                      | 0,43  |
| 8. Ausgefauter, getrockneter gemischter Schlamm (lufthaltig)                             | 43                               | 45                           | 55                      | 0,17  |
| <i>B. II. Hochbelastete Tropfkörper mit Faulraum</i>                                     |                                  |                              |                         |   |
| 9. Schlamm der Nachbecken  | 20                               | 5                            | 95                      | 0,40  |
| 10. Frischer gemischter Schlamm aus Vor- und Nachbecken                                  | 74                               | 5                            | 95                      | 1,48  |
| 11. Ausgefauter, nasser gemischter Schlamm   | 48                               | 10                           | 90                      | 0,48  |
| 12. Ausgefauter, getrockneter gemischter Schlamm (lufthaltig)                            | 48                               | 45                           | 55                      | 0,19  |
| <i>C. Belebungsanlage mit Faulraum</i>   |                                  |                              |                         |   |
| 13. Frischer, gepumpter Überschussschlamm  | 31                               | 0,7                          | 99,3                    | 4,43  |
| 14. Überschussschlamm, wie er sich nach halb-stündigem Stehen ausscheidet                | 31                               | 1,5                          | 98,5                    | 2,07  |
| 15. Frischer gemischter Überschuß- u. Vorbeckenschlamm                                   | 85                               | 4,5                          | 95,5                    | 1,87  |
| 16. Ausgefauter, nasser gemischter Schlamm   | 55                               | 7                            | 93                      | 0,79  |
| 17. Ausgefauter, getrockneter gemischter Schlamm (lufthaltig)                            | 55                               | 45                           | 55                      | 0,23  |

Bild 46 zeigt in der ersten Säule die Zusammensetzung von in Trichtern eingedicktem Schlamm mit 95 Prozent Wassergehalt, 2 Prozent mineralischen Stoffen und 3 Prozent organischen Stoffen, in der zweiten Säule die Zusammensetzung des Schlammes aus Faulräumen mit 87 Prozent Wassergehalt, 2 Prozent mineralischen und nur noch 1,5 Prozent organischen Stoffen – das Volumen beträgt nur noch etwa 27 Prozent vom Ausgangsvolumen aus dem Absetzbecken – und in der dritten Säule die Zusammensetzung des auf Trockenbeeten abgelagerten Schlammes mit 55 Prozent Wassergehalt und unverändertem Feststoffgehalt.

Aus dieser Darstellung ist besonders die Volumenabnahme durch Wasserabspaltung in der Schlammfäulung und -trocknung bis auf 8 Prozent des Ausgangsvolumens zu erkennen.

### Gasverwertung

Als Nebenprodukt fällt bei der Fäulung Gas an, das vielseitig in einer Kläranlage verwendet werden kann. Die Gasmenge ist abhängig von der Temperatur und der Zeit des Faulvorganges (Bild 47). Methan, das etwa einen doppelt so hohen Heizwert wie das Stadtgas hat, ist im Faulgas zu etwa 65 Prozent enthalten. Schwefelwasserstoff ist eine unangenehme Begleiterscheinung bei der Fäulung, da er sehr giftig ist.

Wie das Gas einer Faulanlage ausgenutzt werden kann, zeigt Bild 48.

### Wirkungsweise einfacher Schlammfäulanlagen

Die einfachste Form der Schlammfäulung erfolgt in durchflossenen *Mebrkammerfäulgruben* nach TGL 7762 (Bild 49). Die Gruben sind einfache Absetzbecken mit

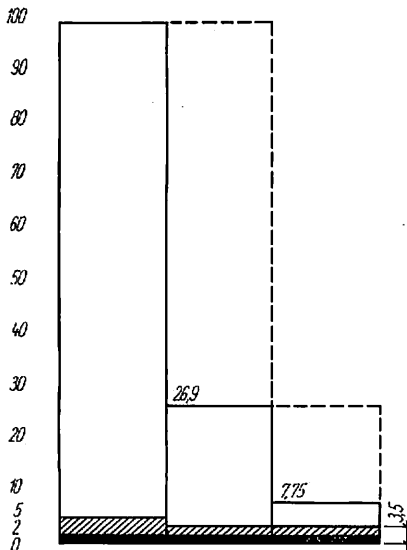


Bild 46. Darstellung der Abnahme des Schlammvolumens im Faulraum und auf dem Trockenplatz

einem Nutzraum von 200 l/Ed. In ihnen verweilt der Schlamm so lange, bis die fäulnisfähigen Stoffe ganz oder teilweise ausgefault sind.

Das Absetzen und Ausfauen des Abwasserschlammes verläuft jedoch unter Schwierigkeiten. Die anaeroben Prozesse, die im Schlamm vorherrschen, greifen nämlich auf

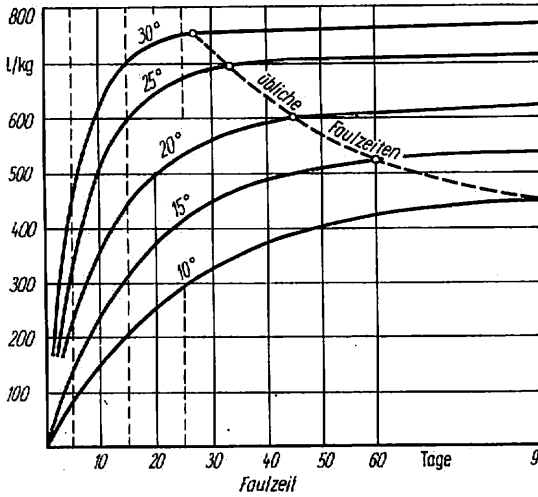


Bild 47. Darstellung des Einflusses der Temperatur auf die Faulzeit

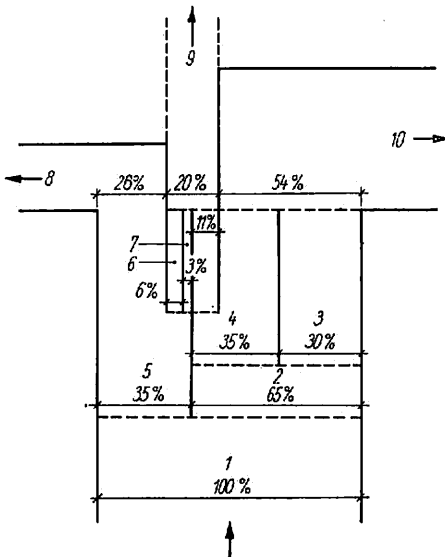


Bild 48. Darstellung der Ausnutzung von Energie in einer Faulgaskraftanlage

1 Gesamtenergie des Faulgases, 2 Abwärme, 3 Kühlwasser, 4 Auspuff, 5 nutzbare Energie, 6 Reibungsverluste, 7 Verluste im Generator, 8 nutzbare Leistung, 9 Energieverlust, 10 für Faulraumheizung verwertbar

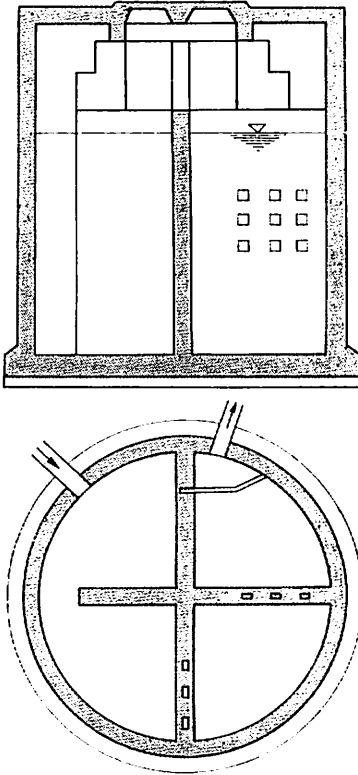


Bild 49. Dreikammerfäulgrube

das darüberstehende Wasser über, so daß der Ablauf des Abwassers häufig angefault ist und übel riecht. Infolge der Gasentwicklung auftreibende Schlammfladen können vom abfließenden Wasser mitgerissen werden. An der Oberfläche bildet sich dann eine Schwimmschicht, die nicht ausgefault und sehr unhygienisch ist. Diese Nachteile beschränken die Anwendung einfach durchflossener Fäulgruben als Kleinkläranlagen auf einzelne Grundstücke bis zu 200 Einwohnern.

Im *zweistöckigen Absetz- und Faulraum* rutschen die absetzbaren Schwebestoffe des Abwassers auf dem geneigten Boden des rinnenförmig ausgebildeten Absetzraumes ab und gelangen durch Schlitze, die am tiefsten Punkt des Beckenbodens angeordnet sind, in den darunter liegenden Faulraum (Bild 33). Die Fließrichtung des Abwassers durch den Emscherbrunnen wird von Zeit zu Zeit umgekehrt, damit sich bei langgestreckten Anlagen der Schlamm im Faulraum möglichst gleichmäßig verteilt.

Der Inhalt des Schlammfäulraumes muß je nach Betriebsweise als Speicher für die Winterzeit oder für die vollkommene Ausfäulung bemessen werden.

Der ausgefaulte Schlamm wird durch Rohre entnommen, die bis in die Spitze

der trichterförmig ausgebildeten Faulraumböden reichen. Die Schlammförderung erfolgt durch Druck, den das darüberstehende Wasser im Absetzraum erzeugt.

Da die Faulzeit mit steigender Temperatur kürzer wird und eine Beheizung des Emscherbrunnen-Faulraumes infolge großer Wärmeverluste sehr unwirtschaftlich ist, werden zur Behandlung großer Schlammengen *getrennte, geschlossene, beheizte Faulräume* errichtet (Bild 50).

Bei einer großen Faulmenge wird die Gasgewinnung umfangreicher, so daß ein getrennter Gasspeicher vorhanden sein muß. Die Gassammelrohre müssen gut abgedichtet sein, da Luft und Faulgas ein explosives Gemisch bilden.

Den Frischschlamm gibt man im allgemeinen in der Mitte des Faulraumes zu, damit er schnell mit den die Faulung herbeiführenden Organismen gegimpft wird.

Die Entnahme des ausgefaulten Schlammes erfolgt wie beim Emscherbrunnen.

Während der Zersetzung des Schlammes spaltet sich Faulwasser unterhalb der Schwimmdecke ab. Um dieses Wasser zu entfernen, werden in verschiedenen Höhen Auslässe angeordnet. Durch probeweises Öffnen wird die Schlammhöhe bzw. Schwimmschlammdecke kontrolliert und das dazwischen befindliche Faulwasser abgelassen.

Um den baulichen Aufwand geringer zu halten, muß die Faulung genau beobachtet, das Faulwasser frühzeitig abgezogen oder der Faulraum beheizt werden. Die uner-

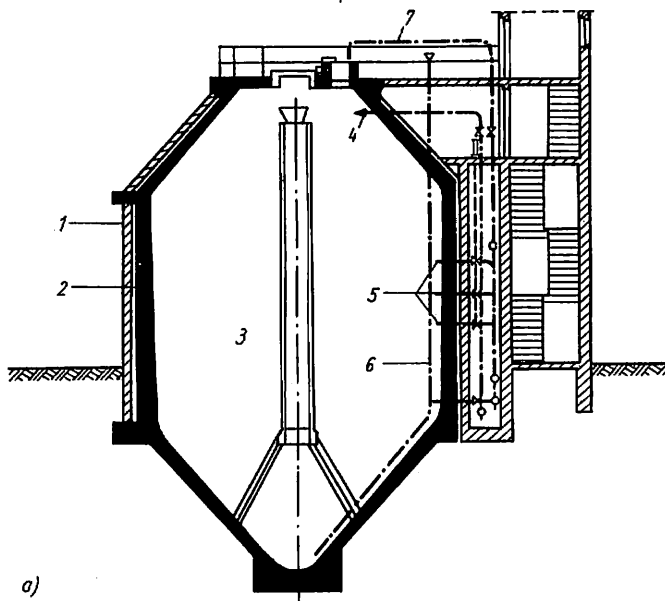
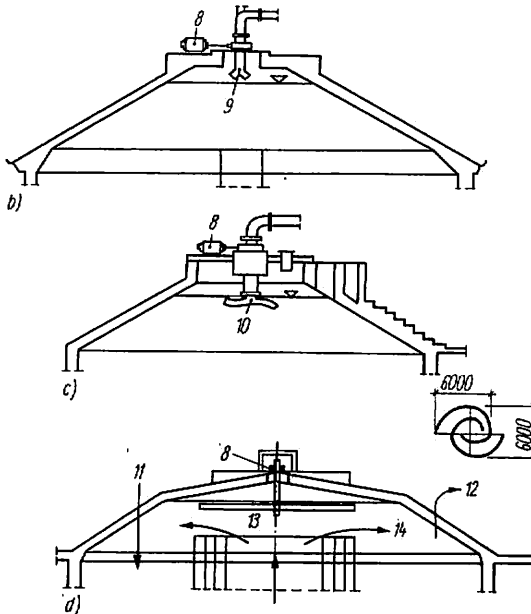


Bild 50. geschlossener Schlammfaulraum  
a) Querschnitt





- b) *Frischschlammführung und Schwimmdeckenzerstörung durch rotierendes Hosenrohr*  
 1 Schutzschicht, 2 Wärmedämmschicht, 3 Doppelmantelheizzylinder, 4 Schlammzuleitung, 5 Trübwasserablässe, 6 Schlammablaßleitung, 7 Gasableitung, 8 Antrieb, 9 Hosenrohr, 10 S-förmiges, rotierendes Verteilungsrohr, 11 Frischschlamm, 12 Faulschlamm, 13 Rührwerk, 14 Heizung
- c) *Faulraumbeschildung und Schwimmdeckenzerstörung durch S-förmiges, rotierendes Verteilungsrohr*
- d) *Schwimmdeckenzerstörung und Schlammumwälzung durch Rührvorrichtung*

wünschte Schwimmdecke soll so klein wie möglich sein. Die geschlossenen Faulbehälter werden deshalb nach oben hin im Bereich der Schwimmdecke konisch gestaltet.

Um in einem Faulraum ein gleichmäßiges Faulklima zu halten, ist es zweckmäßig, den Schlamm abzulassen und mit dem neuen Frischschlamm wieder in den Faulraum einzulassen. Wenn man dies in mehreren aufeinanderfolgenden Faulräumen (mehrstufig) durchführt, verlaufen Zersetzung und Gasentwicklung am intensivsten. Die Behälter müssen beheizt, mit Einrichtung für das Abfangen der Faulgase ausgerüstet sein, und der Schlamm muß umgewälzt werden.

*In Kläranlagen, in denen eine Gasgewinnung zu aufwendig bzw. nach dem geschlossenen Faulraum noch eine zweite Faulstufe erforderlich ist, wird häufig ein Erdbecken als Faulraum verwendet.*

Im *Erdfaulbecken* (Bild 51) wird nach dem Impfen des Frischschlammes ebenfalls ein alkalisches Methanfaulklima erreicht. Infolge von Temperaturschwankungen geht die Zersetzung langsamer vonstatten. Nach einigen Jahren bildet sich aus den Schwimmstoffen, wie Korken und Unkrautwurzeln, eine feste natürliche Schwimmdecke, die nur

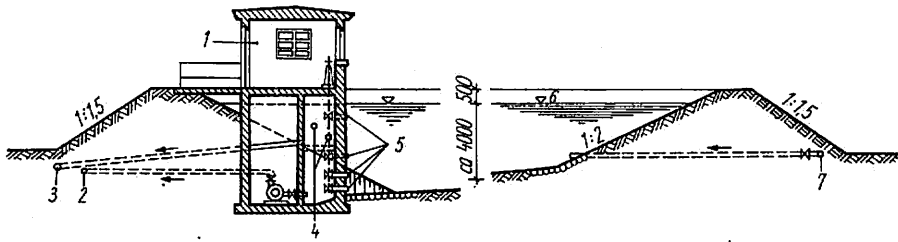


Bild 51. Erdfaulbecken

1 Schlammablaßbauwerk, 2 Schlammableitung, 3 Trübwasserableitung, 4 Trübwasserablässe, 5 Schlammableitung, 6 höchster Schlamm Spiegel, 7 Frischschlammzuleitung

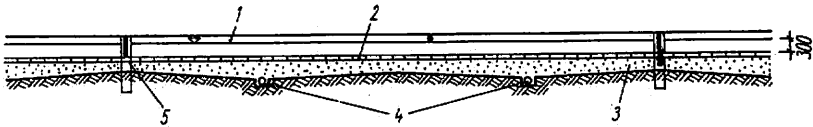


Bild 52 Schlamm-trockenbeete

1 Füllhöhe, 2 Ziegelflächsschicht, 3 Sickerschicht 0,30 m stark, 4 Drainagen, 5 Zementdielen zwischen Betonpfosten

geringe Temperaturschwankungen zuläßt, aber bei Beräumung eines Erdfaulbeckens sehr schwierig zu beseitigen ist.

Erdfaulbecken werden als Flachbecken mit einer mittleren Tiefe von 3,5 bis 4,5 m gebaut. Die Sohlneigung zum Entnahmeturm kann 1 : 20 bis 1 : 40 betragen.

Der Grundriß der Erdfaulbecken richtet sich meistens nach dem verfügbaren Gelände. Es muß aber angestrebt werden, daß der gesamte Beckeninhalte am Faulprozeß teilnimmt und sich auch ständig erneuert. Wenn sich die Einläufe auf der einen und das Entnahmebauwerk auf der anderen Seite des Beckens befinden, dann sind Toträume (Verlandungen) unvermeidlich. Die Einläufe sollen in Abständen bis zu 10 m über den gesamten Umfang des Beckens verteilt werden, und die Entfernung bis zur Entnahme sollte nicht größer als 30 m sein, da sonst trotz intensiven Umwälzens Sandbänke sehr groß werden können.

Die Einläufe gehen von einer Ringleitung im Damm ab und können verschieden weit in das Becken hineinragen. Bei der Inbetriebnahme ist unbedingt darauf zu achten, daß ein Faulraum zuerst mit Wasser betrieben wird, um ein wirkungsvolles Umwälzen zu gewährleisten. Erst später wird immer mehr Wasser gegen Schlamm ausgetauscht.

Nach der Faulung ist eine weitere Entwässerung des Schlammes notwendig. Dies erfolgt noch am häufigsten durch Versickern und Verdunsten auf *Schlamm-trockenbeeten* (Bild 52). Der Flächenbedarf wird aus der Einwohnerzahl und der ausgefaulten Schlammmenge berechnet. Als Mittelwert bei einer neunmaligen Beräumung im Jahr ergibt sich  $0,05 \text{ m}^2/\text{E}$  für mechanische Kläranlagen.

■ *Der Trockenbeetboden ist wie ein mehrschichtiger Filter aufgebaut.*

Die Versickerung wird durch eine gute Drainage unterstützt. Die Seitenwände bestehen aus Betonfertigteilen und sollten bis zu 50 cm über dem Beetboden hinausstehen.

Da ein maschinelles Räumen eine höhere Trockensubstanz erfordert, muß ein Beet mehrmals beschickt werden. Bei einem Trockenbeetversuch wurde z. B. in einem Zeitraum von 470 d 1,8 m nasser, schlecht ausgefauter Schlamm zu 0,4 m stichfestem Trockenschlamm von 55 Prozent Wassergehalt bei einem Niederschlag von 556 mm getrocknet.

Die Trockenflächen müssen zum Beräumen entsprechend vorbereitet werden. Bei Verwendung von Räumbrücken müssen die Wände stärker ausgebildet sein, und bei Laderberäumung sind eine Fahrspur im Beet und eine Transportstraße außerhalb anzulegen. Die landwirtschaftliche Verwertung des Trockenschlammes ist die zweckmäßigste Methode der Schlammbeseitigung. Der Trockenschlamm hat neben seinem Düngewert vor allem eine Humusstruktur, so daß er sich gut kompostieren läßt und im Ackerboden die Bildung einer guten Krümelstruktur (Bodengare) unterstützt. Ein Nachteil ist, daß bei der Fäulung nicht alle Samenkerne vernichtet werden (z. B. Tomatenkerne) und somit später Unkraut bekämpft werden muß.

Andere Schlammverwertungsverfahren, wie Verbrennung, maschinelle Trocknung durch Pressen und Zentrifugen, werden bisher nur für kleine Mengen und spezielle Schlämme angewendet, da sie noch zu teuer sind.

### Aufgaben

1. Charakterisieren Sie die wichtigsten mechanischen Verfahren der Abwasserbehandlung!
2. Nennen Sie den Unterschied zwischen saurem und alkalischem Abwasser!
3. Welche Organismen sind beim biologisch-biochemischen Stoffumsatz in Abwasserfischteichen beteiligt, und was bewirken sie?
4. Beschreiben Sie die biologische Flockung und Färbung!
5. Erläutern Sie die Nitrifikation!
6. Erklären Sie die Vorgänge und Bedingungen der sauren und der alkalischen Schlammfäulung!

## **8. Ortsveränderliche Maschinen, Geräte und Werkzeuge**

Um die Anlagen der Abwasserleitung, der Pumpwerke und Kläranlagen instand zu halten, sind für die entsprechenden Arbeiten bestimmte Maschinen, Geräte und Werkzeuge, im folgenden nur Geräte genannt, erforderlich.

Die Geräte sollen

- zweckmäßig für die entsprechende Arbeit
- pflege- und bedienungsarm (speziell die ortsveränderlichen Geräte)
- leicht zu transportieren

sein. Nicht in jedem Fall werden diese Forderungen von den vorhandenen Geräten erfüllt.

### **8.1. Ortsveränderliche Geräte für den Kanalnetzbetrieb (einschließlich der Abwasserpumpwerke und Kläranlagen)**

Die wichtigsten Kanaleinrichtungsgereäte wurden bereits in Abschn. 3.3. behandelt.

An ortsveränderlichen Geräten werden außerdem eingesetzt:

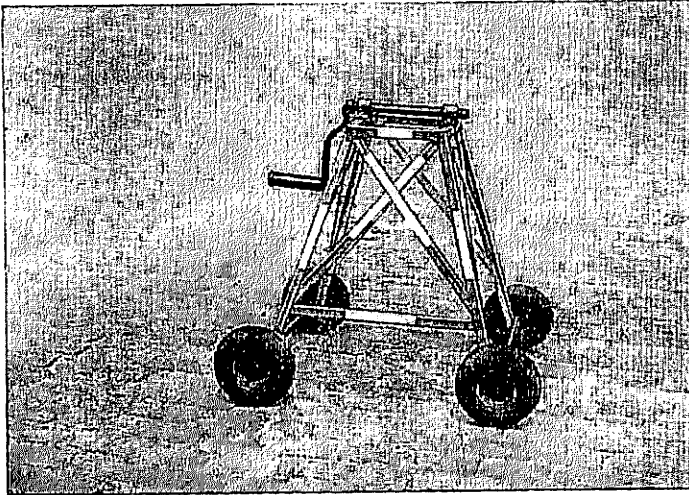
- Handwinde
- Motorwinde
- Membranpumpen (Diaphragmapumpen)
- Druckluftpumpen (Mammutpumpen)
- Schlamm- und Sandaugwagen

#### **8.1.1. Handwinde**

Die Handwinde (Bild 53) wird nur noch eingesetzt,

- wo mit der Motorwinde ein Arbeiten nicht mehr möglich ist, z. B. auf sumpfigem Gelände
- wo die Revisionsschächte 0,5 bis 1 m über Gelände liegen
- wo Arbeiten sehr vorsichtig ausgeführt werden müssen

Mit der Handwinde werden auch Wurzelschneider und Doppelscheibenapparate durch die Kanalleitung gezogen (s. Abschn. 3.3.).



*Bild 53. Handwinde*

Die Handwinde ist bestückt mit einer Seiltrommel, auf der sich etwa 100 m Drahtseil von 8, 10 oder 12 mm Durchmesser befinden. Sie hat eine Zahnradübersetzung von etwa 20 : 1. Die Kräfteinsparung wird durch einen längeren Weg erreicht. Um z. B. das Kanalreinigungsggerät mit einer Last von 200 kp 10 m durch den Kanal zu ziehen, sind an der Handkurbel 10 kp erforderlich.

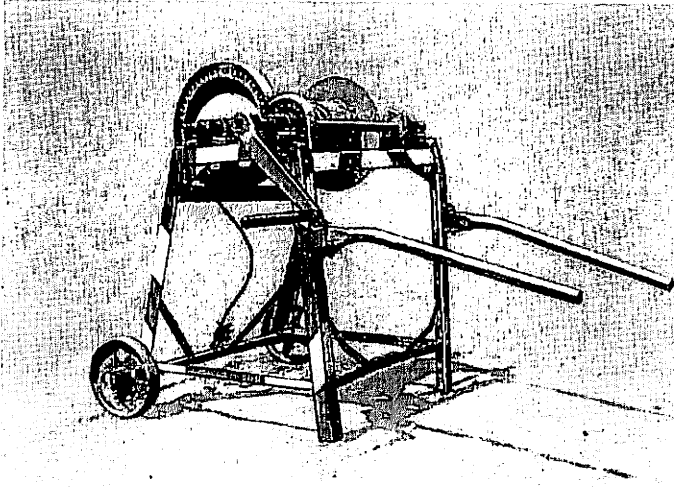
Eisen- oder luftbereifte Räder auf einer Achse erleichtern den Transport der schweren Winde. Die Seiltrommel mit der Zahnradübersetzung und den beiden seitlich angeordneten Handkurbeln ist zwischen einen Winkel montiert.

### **8.1.2. Motorwinde**

Mit der Motorwinde (Bild 54) können die gleichen Arbeiten wie mit der Handwinde ausgeführt werden, wobei menschliche Körperkraft gespart wird. Die Seiltrommel mit rund 100 m Drahtseil, 10, 12 oder 14 mm Dmr., wird durch einen Zweitaktmotor mit einer Leistung von 6 PS angetrieben. Zwischen dem Übersetzungsgetriebe der Winde und dem Motor ist eine Kupplung angebracht, um bei laufendem Motor die Drehbewegung der Seiltrommel zu unterbrechen.

Um ein Überlasten und damit ein Zerstören des Motors, des Durchzuggerätes bzw. der Kanalleitung zu verhindern, ist eine Rutschkupplung eingebaut. Bei zu großer Belastung wird der Motor automatisch ausgekuppelt.

Räder auf einer Achse und eine Anhängerkupplung Multicar erleichtern den Transport der Motorwinde.



*Bild 54. Motorwinde*

- Eine separate Seiltrommel ermöglicht das Entfernen von Ablagerungen aus den Einsteigschächten mittels Eimer. Bei der Eimerförderung muß die Zahnradkupplung der Hauptseiltrommel ausgekuppelt sein.
- Ist der Eimer am Seil befestigt, wird die Sperrklinke an der kleinen Seiltrommel gelöst und gibt diese frei, so daß der Eimer nach unten gleiten kann. Um einen schnellen Abwärtslauf zu vermeiden, ist auf der entgegengesetzten Seite der Zahnradkupplung zur Hauptseiltrommel eine Kegelbremse angebracht, mit der die Bewegung der Seiltrommel reguliert werden kann.
- Nachdem der Eimer gefüllt ist, kann durch Einlegen der Klauenkupplung der Eimer hochgezogen werden. Sobald der Eimer die gewünschte Höhe erreicht hat, wird die Klauenkupplung gelöst. Ein Herabgleiten des Eimers ist unmöglich, da die Sperrklinke die Trommel feststellt.
- Mittels schwenkbaren Auslegers kann der Eimer neben dem Schacht abgesetzt und dort entleert werden.

### 8.1.3. Membranpumpe

Die Membran- oder Diaphragmapumpe (Bild 55) als Handpumpe oder mit Verbrennungs- bzw. Elektromotorantrieb ist robust und universell verwendbar. Selbst grobe Verunreinigungen führen kaum zum Versagen.

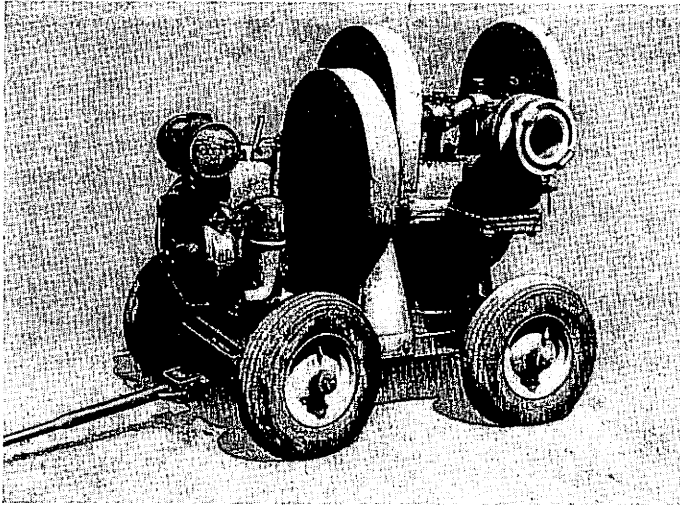


Bild 55. Membranpumpe

Die Membran der Pumpe ist das einzige empfindliche Teil. Sie unterliegt einem verhältnismäßig hohen Verschleiß. Es werden Gummi- oder Ledermembranen verwandt.

Die Kugelventile (Vollgummi) sind gegen Sand, kleine Steine und Lumpen unempfindlich. Die großen Querschnittsöffnungen verhindern ein Verstopfen und Versetzen der Pumpe.

#### Funktion der Pumpe:

- Über den Pumpenkörper ist eine Membran gespannt. Durch einen Hebelarm wird die Membran auf und ab bewegt. Dadurch vergrößert bzw. verkleinert sich das Volumen im Pumpenkörper.
- Das Fördermedium tritt durch das Saugventil in den Pumpenkörper und gelangt über das Druckventil durch Verringerung des Pumpenkörpervolumens durch das Druckventil. Bei Vergrößerung des Pumpenvolumens durch Anheben der Membran tritt ein Unterdruck ein.
- Das Druckventil oder Auslaßventil wird durch den atmosphärischen Druck auf den Sitz gepreßt und verschließt den Pumpenkörper druckseitig.
- Das Einlaßventil oder Saugventil wird durch das vom atmosphärischen Luftdruck in den Pumpenkörper strömende Abwasser geöffnet.
- Wird die Membran in entgegengesetzter Richtung bewegt, verringert sich das Volumen im Pumpenkörper. Das Einlaßventil wird geschlossen, das Fördermedium tritt durch Anheben des Auslaßventils druckseitig aus.

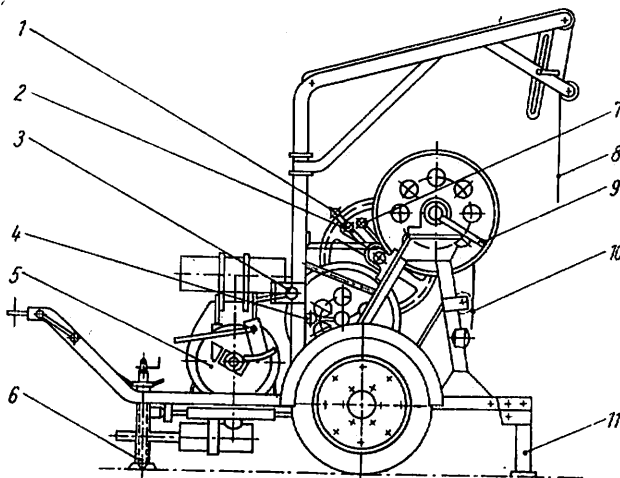
Die mögliche Saughöhe wird durch den atmosphärischen Luftdruck bestimmt. Theoretisch beträgt sie bei einem Luftdruck von 760 Torr 10,30 m. Praktisch ist aber nur eine Saughöhe von 6 bis 7 m erreichbar. Sind auf beiden Seiten der Membran Pumpenkörper angeordnet, so handelt es sich um eine doppelt wirkende Diaphragmapumpe. Die Anordnung mehrerer Membranen, die über eine Kurbelwelle bewegt werden, ist möglich. Damit entstehen Zwillings- oder Drillingspumpen, die eine entsprechende Leistung aufweisen.

#### 8.1.4. Mammutpumpe

Die Wirkung der Mammut- oder Druckluftpumpe beruht auf der unterschiedlichen Wichte der Medien (Abwasser und Abwasser-Luft-Gemisch).

Die Pumpe hat keine beweglichen Teile. Dadurch ist sie besonders geeignet zum Fördern von Sand und schlammigen Stoffen.

- In ein Mantelrohr wird von unten Preßluft eingeleitet. Das im Mantelrohr entstehende Wasser-Luft-Gemisch steigt durch den Gewichtsunterschied auf. Dieses sehr einfache Prinzip eignet sich besonders für geringere Förderhöhen. Ein Verstopfen der Pumpe ist praktisch ausgeschlossen. Der geringe Wirkungsgrad führt zu erheblichen Kosten gegenüber anderen Pumpenarten. Da die Pumpe zum Betrieb Preßluft benötigt, ist sie als ortsveränderliche Maschine wenig verbreitet, denn das Mitführen eines fahrbaren Kompressors verursacht Kosten, die nicht in jedem Fall gerechtfertigt sind.



**Bild 56. Schlamm-saugwagen**

1 Klauenkupplung für Eimerwinde, 2 Zahnradkupplung für Hauptseilwinde, 3 Motorkupplung, 4 Zahnradkupplung zum Auskuppeln des Motorenantriebes, 5 Ottomotor, 6 Feststellspindeln, 7 Sperrklinke für Eimerwinde, 8 Seil für Eimerwinde, 9 Sicherheitskurbel, 10 Hauptseil, 11 Klappfüße



### 8.1.5. Schlammsaugwagen

Um Ablagerungen aus dem Kanalnetz oder aus den Straßeneinläufen zu entfernen, können Schlammsaugwagen (Bild 56) eingesetzt werden.

- Ein 3 bis 5 m<sup>3</sup> fassender geschlossener Behälter ist auf LKW-Chassis montiert.
- Durch eine Vakuumpumpe, die vom Motor des Wagens betrieben wird, wird im Behälter ein Vakuum erzeugt. Über den Saugschlauch gelangt das zu fördernde Medium, z. B. Schlamm oder Sand, infolge des atmosphärischen Luftdrucks in den Behälter.
- Die Wagen werden z. B. auch in der kommunalen Wirtschaft zum Entleeren der Fäkalienruben in nicht kanalisierten Gemeinden oder Stadtteilen verwendet.

### 8.1.6. Bedienung, Wartung, Arbeitsschutz

*Wichtig für den Betrieb und für die Wartung der Geräte ist das sorgfältige Beachten der Hinweise, die in der Bedienungsanleitung für das betreffende Gerät vom Hersteller gegeben werden.*

Die verwendeten Fette und Öle müssen die im Schmierplan der Bedienungsanleitung genannten Qualitäten haben.

*Die einschlägigen Arbeitsschutzanordnungen, besonders die ASAO 144/2 für Abwasserbehandlungsanlagen, sind unbedingt einzuhalten.*

Bedenken Sie, daß durch Faulvorgänge im Abwasser giftige Gasverbindungen, z. B. Schwefelwasserstoff, in allen Anlagen der Abwasserbehandlung entstehen können!

*Schon geringe Schwefelwasserstoffkonzentrationen können für die dort Beschäftigten tödlich wirken.*

Die bei den Faulvorgängen frei werdenden Gase sowie das Einleiten brennbarer Flüssigkeiten in die Kanalisation machen die Anlagen der Abwasserbehandlung zu explosionsgefährdeten Anlagen.

Vorsicht, befahren Sie diese Anlagen nicht mit brennender Zigarette oder offenem Feuer!

Beachten Sie immer, daß Ihnen durch Ihren Meister, wenn Sie an diesen Anlagen arbeiten müssen, ein Befahrerlaubnisschein ausgestellt wird!

*Ortsveränderliche Geräte werden überwiegend auf öffentlichen Straßen eingesetzt. Beachten Sie die notwendige Verkehrssicherheit der Geräte und die Sicherheitsmaßnahmen auf den Straßen gemäß der Straßenverkehrsordnung!*

## 8.2. Fahrzeuge für die Abwasserbehandlung und Abwasserableitung

In den Betrieben der Abwasserbehandlung sind die unterschiedlichsten Fahrzeugtypen im Einsatz. Um die Einsatzbereitschaft der Fahrzeuge technisch und ökonomisch zu verbessern, ist eine Typenbereinigung notwendig. Deshalb wird hier nur auf die gebräuchlichsten Fahrzeugtypen eingegangen. Es sind:

- Elektrofahrzeuge
- Multicar (Dieselameise)
- Barkas B 1000
- PKW-Kombi
- LKW-Garant
- LKW-Robur
- LKW W 50

Die Instandhaltung und Instandsetzung der Fahrzeuge obliegt besonders ausgebildeten Kraftfahrern bzw. Kraftfahrzeugschlossern.

*Vor Antritt einer Fahrt ist das Fahrzeug auf Verkehrssicherheit und Betriebssicherheit zu überprüfen. Mit einem nicht einsatzbereiten Fahrzeug darf keine Fahrt unternommen werden!*

## 8.3. Baumaschinen

Für die Instandhaltungsarbeiten an Kanalleitungen, Druckrohrleitungen und Pumpwerken werden folgende Baumaschinen eingesetzt:

Bagger,  
Durchörterungsgerät,  
Bodenverdichtungsgeräte,  
Baukompressoren.

### 8.3.1. Bagger

Für Instandhaltungsarbeiten in der Abwasserableitung sind im allgemeinen nur kleine Baustellen erforderlich. Die zur Anwendung kommenden Bagger müssen demzufolge universell einsetzbar, schnell beweglich und wendig sein.

Folgende Bagger sind für diese Arbeiten besonders geeignet:

- Universallader T 157,
- hydraulischer Bagger T 153,
- hydraulischer Bagger T 175.

*Die Bagger haben verschiedene Zusatzgeräte, mit denen das Ausheben von Rohrgräben, das Be- und Entladen von Stück- und Schüttgütern sowie das Rohrverlegen erfolgt.*

Die Bedienung der Bagger erfordert Spezialkenntnisse. Ein Befahrerlaubnisschein ist erforderlich.

### 8.3.2. Durchörterungsgeräte

Um Bahndämme, Straßen, Gleise u. dgl. mit Rohrleitungen gradlinig untergehen zu können, werden unterirdische Kanäle benötigt.

*Die unterirdischen Kanäle werden mit dem Durchörterungsgerät hergestellt.*

Die Kosten verringern sich beim Einsatz derartiger Geräte durch den Wegfall der Straßenaufbrüche und die damit verbundene Verkehrsstörung.

Der Antrieb der Durchörterungsgeräte erfolgt entweder elektrohydraulisch oder elektropneumatisch. Zur Erzeugung der erforderlichen Drücke sind auch Verbrennungsmotoren als Antriebsmaschinen möglich.

### 8.3.3. Bodenverdichtungsgeräte

Nach erfolgter Instandhaltung bzw. Neuverlegung von Leitungen müssen die Rohrgräben verfüllt und verdichtet werden. Je besser die Gräben verfüllt und verdichtet sind, um so geringer sind die nachträglichen Setzungen. Zum Verfüllen können Planierraupen bzw. Bagger eingesetzt werden.

*Als Verdichtungsgerät ist der Grabenschwingverdichter, der nach dem Vibrationsprinzip arbeitet, am geeignetsten.*

Durch das Verdichtungsgerät werden dem Boden Schwingungen zugeleitet, die ein Verdichten der Bodenteilchen bewirken.

### 8.3.4. Baukompressoren

Preßluft wird zum Antrieb verschiedener Preßluftwerkzeuge, wie Schleifmaschine, Bohrer, Preßlufthammer bzw. Preßluftmeißel, benötigt. Kompressoren dienen als Preßluftzeuger; der Energieträger für die Werkzeuge ist die Preßluft (Druckluft).

*Die Kompressoren erzeugen durch automatisch arbeitende (druckabhängige) Dieselantriebsaggregate im Hubraumkolbenverdichter Preßluft mit einem Enddruck von 6 bis 8 at.*

Der Kompressor einschließlich der Antriebsmaschine ist auf einem fahrbaren Chassis montiert.

## 8.4. Hebezeuge und Anschlagmittel

Nach ASAO 908 sind unter dem Begriff Hebezeuge alle Geräte und Maschinen zusammengefaßt, die vorrangig der vertikalen Lastbewegung dienen, z. B. Wagenheber, Seil- und Keilwinden, Flaschenzüge, Elektrozüge, Zahnstangenwinden, Stapler und Verladebrücken. Als Bindeglied zwischen Hebezeug und Last werden Anschlagmittel benötigt.

Hebezeuge und Anschlagmittel unterliegen den Bestimmungen der ASAO 908. Grundsätzlich gilt:

*Die Herstellung von Hebezeugen über 100 kp Tragkraft ist nur zugelassenen Betrieben gestattet.*

*Alle Hebezeuge unterliegen einer Bauartprüfung durch die technische Überwachung (TÜ), und soweit eine bestimmte Tragkraft überschritten wird, sind sie außerdem überwachungspflichtig.*

*Die Bedienung von Hebezeugen ist nur daran ausgebildeten Personen gestattet.*

*Hebezeuge und Anschlagmittel sind in bestimmten Zeitabständen auf ihre Betriebssicherheit zu überprüfen; das Ergebnis der Überprüfung ist schriftlich nachzuweisen.*

*Unfälle, die durch den Betrieb von Hebezeugen verursacht werden, sind der TÜ meldepflichtig.*

### 8.4.1. Handflaschenzüge

Um Arbeiten, bei denen Lasten vertikal bewegt werden sollen, mit geringerem Kraftaufwand ausführen zu können, werden u. a. Flaschenzüge benötigt. Beim Lastheber müssen eine wirksame Sperre gegen Rücklauf und eine Hubwerksbremse vorhanden sein. Im allgemeinen werden Kettenflaschenzüge verwendet. Sie unterscheiden sich nach Art, Übersetzung, Antriebskraft und Hubkraft in

- Differentialflaschenzüge,
- Schraubenradflaschenzüge
- Stirnradflaschenzüge.

### 8.4.2. Elektrozüge

Elektrozüge arbeiten nach dem Prinzip der Stirnradflaschenzüge. Durch einen Elektromotor wird das Zugmittel bewegt. Als Zugmittel werden zum größten Teil Drahtseile verwendet. Der Motor ist im allgemeinen als Verschiebeankermotor und somit als Hubwerksbremse ausgebildet; sonst sind elektromagnetische Bremsen üblich. In beiden Fällen ist gewährleistet, daß bei Stromausfall ein Absenken der Last verhindert wird. An den Höchst- und Tiefstpunkten sind Hubbegrenzungen angebracht.

### 8.4.3. Anschlagmittel

Anschlagmittel sind Hanfseile, Grundgliederketten- und Drahtseilgehänge. Drahtseilgehängen ist gegenüber den anderen Gehängen durch eine klare, übersichtliche Seil- bzw. Kettenführung der Vorzug zu geben. Die zulässige Tragkraft der Anschlagmittel ist unbedingt zu beachten. Sie ist dauerhaft neben der betrieblichen Inventarnummer am Anschlagmittel anzubringen.

## 8.5. Instandhaltung der maschinellen Anlagen

Die im Produktionsprozeß eingesetzten Produktionsmittel unterliegen dem natürlichen Verschleiß. Bedienungsfehler beschleunigen den Verschleiß an den Produktionsmitteln erheblich. Die Instandhaltung der Werkzeuge und Geräte ist zur Sicherung einer kontinuierlichen Einsatzbereitschaft besonders wichtig.

### 8.5.1. Wartung und Pflege

Die turnusmäßige Wartung und Pflege der Werkzeuge und Geräte ist Aufgabe des Bedienungspersonals. Das Abschmieren gehört mit zu den Aufgaben des Maschinisten. Dabei ist die Funktionssicherheit der Maschine zu kontrollieren, eventuell aufgetretene Mängel sind festzustellen, zu beseitigen oder den Spezialbrigaden zur Beseitigung zu melden.

Das Abschmieren der Maschinen erfolgt nach dem *Schmierplan*. Er wird von der Herstellerfirma in der Bedienungsanleitung vorgegeben. In ihm sind die Schmierstellen anzugeben.

### 8.5.2. Instandsetzung

Die Reparatur einer Maschine nach ihrem Ausfall bezeichnet man als *Instandsetzung*.

Die Reparatur wird dann durchgeführt, wenn an der Maschine ein Schaden entstanden ist, der bereits zur Funktionsuntüchtigkeit geführt hat.

Obwohl noch vielfach nach dem Reparaturprinzip verfahren wird, erfüllt es jedoch nicht die Forderungen einer hohen Einsatzbereitschaft der Maschine. Der Schaden an der Maschine tritt spontan ein. Der damit verbundene Ausfall führt zu einem ungleichmäßigen Arbeitsablauf. Deshalb muß von der spontanen Instandsetzung zur planmäßig vorbeugenden Instandhaltung übergegangen werden.

### 8.5.3. Planmäßig vorbeugende Instandhaltung (PVI)

*Von planmäßig vorbeugender Instandhaltung spricht man, wenn die Maschine vor Eintritt ihrer Funktionsunfähigkeit repariert wird.*

Darauf ist die planmäßig vorbeugende Instandhaltung aufgebaut. Aus Erfahrungen und Untersuchungen ist die Lebensdauer der einzelnen Verschleißteile der Maschine bekannt. Nach der Lebensdauer ist ein Plan aufzustellen, nach welchem die Verschleißteile, ehe ein Schaden aufgetreten ist, ausgewechselt bzw. regeneriert werden müssen.

Die Vorteile sind im wesentlichen folgende:

- Havarien und damit verbundene Produktionsausfälle werden weitgehend vermieden
- Folgeschäden an Maschinen werden auf ein Mindestmaß herabgesetzt
- Die Lebensdauer der Maschine wird verlängert
- Die Werkstattkapazitäten können planmäßig ausgelastet werden
- Nach dem geplanten Verschleiß kann eine planmäßige Ersatzteilbeschaffung geleitet werden
- Die Kosten für die Reparatur der Maschine werden durch höhere Arbeitsproduktivität in den Werkstätten und durch eine planmäßige Arbeit verringert

#### Prinzip der planmäßig vorbeugenden Instandhaltung

Das Prinzip der planmäßig vorbeugenden Instandhaltung ist ein in sich abgestimmtes System von Reparaturmaßnahmen an Maschinen sowie deren organisatorischer Vorbereitung von der Inbetriebnahme bis zur Generalreparatur (GR) bzw. von GR bis zur nächsten GR.

Die Aufeinanderfolge der einzelnen Maßnahmen bezeichnet man als Zyklus. Die Zeitabstände zwischen den Maßnahmen innerhalb eines Instandhaltungszyklus sind von der Art der Maschine abhängig und werden bestimmt von der Konstruktion der Maschine, den speziellen Arbeitsbedingungen, der Lebensdauer der Maschinenelemente u. a.

Als Reparaturmaßnahmen unterscheidet man zwischen Überprüfungen (Ue), laufenden Reparaturen (L), mittleren Reparaturen (M) und Generalreparaturen (GR).

Die Einzelheiten der Reparaturmaßnahmen können nicht dogmatisch festgelegt werden. Sie werden jedoch durch die nachfolgenden Merkmale charakterisiert:

- Die Überprüfung der Maschine erfolgt im wesentlichen ohne Demontearbeiten. Durch augenscheinliche Untersuchungen, Abhorchen, Messen der Leistung usw. werden Rückschlüsse auf den Zustand der Maschine gezogen. Kleinere Reparaturen werden durchgeführt. Die laufende Reparatur schließt die Arbeiten der Überprüfung ein. Außerdem werden Verschleißteile ausgewechselt, wichtige Baugruppen demontiert, gereinigt und überholt.

- Bei der mittleren Reparatur werden die Arbeiten der laufenden Reparaturen durchgeführt. Die Maschinen werden jedoch wesentlich weiter demontiert. Im Regelfall wird der Korrosionsschutz erneuert.
- Bei der Generalreparatur wird die Maschine vollkommen demontiert und neu aufgebaut.

Grundsätzlich ist nach jeder Reparatur ein Protokoll anzufertigen, aus dem folgendes ersichtlich sein muß:

- Einschätzung über den Zustand
- Umfang der durchgeführten Arbeiten
- Hinweise für die nächste Reparatur
- voraussichtlicher Ersatzteilbedarf für die nächste Reparatur

Der Leiter ist ständig über die Einsatzfähigkeit der Maschine zu unterrichten. Die Protokolle der vorhergehenden Reparaturen sind in jedem Falle auszuwerten. Die ökonomischen Vorteile dieser Reparaturmethode können nur dann wirksam werden, wenn das System in seiner Gesamtheit mit aller Konsequenz durchgeführt wird. Es ist einleuchtend, daß hierzu eine erhöhte Vorbereitungs- und Organisationsarbeit auf Leitungsebene erforderlich ist.

### Organisation der planmäßig vorbeugenden Instandhaltung

Ausgehend von der Arbeitsmittelkarte (AMK), wird zunächst für jede Maschine der für sie erforderliche Instandhaltungszyklus aufgestellt unter Berücksichtigung der geplanten Laufzeit, und nach den bereits oben genannten Gesichtspunkten wird der Zeitabstand zwischen den einzelnen Maßnahmen festgelegt und der perspektivische Instandhaltungsplan aufgestellt. In ihm werden die Termine für mittlere und Generalreparaturen geplant. Dieser perspektivische Instandhaltungsplan wird dann in Jahresplänen präzisiert. Die Jahresplanung enthält den zeitlichen Ablauf der geplanten Instandhaltungsmaßnahmen, gegliedert nach Monaten, und damit in erster Linie die Termine für die Instandhaltungsmaßnahmen. Bei der Ausarbeitung der Jahrespläne ist grundsätzlich die kontinuierliche Auslastung der Reparaturkapazität unter Beachtung des Instandhaltungszyklus durchzusetzen, wobei geringfügige zeitliche Abweichungen zwischen den geplanten und den tatsächlichen Laufzeiten nicht immer vermeidbar sind.

Der Jahresplan wird auf der AMK 20 B, der perspektivische Instandhaltungsplan auf der AMK 20 A ausgearbeitet. Die Erfassung der Reparaturkosten erfolgt auf der AMK 20.

### Auswirkung auf den Instandhaltungsaufwand

Das ständige Anwachsen der Mechanisierung und Automatisierung der Produktion bedingt eine gesetzmäßige Erhöhung des Instandhaltungsaufwandes. Dabei ist zu verzeichnen, daß die Steigerung der Arbeitsproduktivität gerade auf dem Gebiet der

Instandhaltung gegenüber der in der industriellen Produktion zurückbleibt. Die vorwiegend manuelle und schwere körperliche Arbeit ist auf diesem Teilgebiet des Reproduktionsprozesses noch überwiegend. Den Hauptteil aller Instandhaltungsarbeiten bilden jedoch Montage- und Demontearbeiten, wobei lediglich eine geringe Mechanisierung durch Hebezeuge und Transportmittel möglich ist.

Dieser Zustand ist auch durch die Anwendung des Systems der planmäßig vorbeugenden Reparaturen nicht zu überwinden. Es gestattet jedoch, den notwendigen Instandhaltungsaufwand sowie die Instandhaltungskosten bei gleichzeitiger Anwendung der Spezialisierung so niedrig wie möglich zu halten.

#### **8.5.4. Spezialisierung in der Instandhaltung**

Möglichkeiten für eine wesentliche Steigerung der Arbeitsproduktivität in der Instandhaltung sind durch die Entwicklung der Arbeitsteilung im Reparaturwesen gegeben. Die Arbeitsteilung kann sowohl betrieblich als auch überbetrieblich organisiert sein. In jedem Falle sind die Voraussetzungen für serienmäßige bzw. industrielle Reparaturmethoden vorhanden.

##### **Betriebliche Spezialisierung**

Die betriebliche Spezialisierung wird dadurch erreicht, daß gleiche Instandhaltungsarbeiten ständig durch das gleiche Arbeitskollektiv ausgeführt werden. Eine wesentliche Voraussetzung ist, daß der Umfang der speziellen Arbeiten das Kollektiv überwiegend auslasten muß.

Durch die ständig wiederkehrenden Arbeiten eignen sich die Kollegen Erfahrungen und Spezialkenntnisse an, die letztlich zu kürzeren Reparaturzeiten und höherer Qualität führen. Außerdem ist eine bessere Auslastung spezieller Werkzeuge, Vorrichtungen und Ausrüstungen gegeben.

##### **Überbetriebliche Spezialisierung**

Von überbetrieblicher Spezialisierung spricht man, wenn innerhalb eines Industriezweiges oder innerhalb eines Territoriums in einem Betrieb die Voraussetzungen geschaffen werden, bestimmte Instandhaltungsarbeiten nach industriellen Methoden durchzuführen. Es kann sich hierbei sowohl um die Reparatur einzelner Baugruppen eines Gerätes als auch um die Reparatur kompletter Maschinen handeln.

Durch höhere Stückzahlen und verhältnismäßig gleichen Reparaturanfall können in diesen Betrieben alle Vorteile einer industriellen Produktion, auch in der Instandhaltung, angewandt werden. Die notwendigen Transportkosten müssen durch die billigeren Reparaturkosten mindestens ausgeglichen werden. Die überragende volkswirtschaftliche Bedeutung der überbetrieblichen Spezialisierung liegt in der Verringerung des Anteils der lebendigen Arbeit.



## Aufgaben

1. Welche ortsveränderlichen Geräte werden
  - a) für die Instandhaltung des Kanalnetzes,
  - b) für die Instandhaltung von Abwasserpumpstationen eingesetzt?
2. Beschreiben Sie die Wirkungsweise sowie die Einsatzmöglichkeit fünf verschiedener ortsveränderlicher Geräte!
3. Erläutern Sie das Prinzip der planmäßig vorbeugenden Instandhaltung!

## 9. Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik

Grundlage und Maßgabe für den Arbeitsschutz und die Sicherheitstechnik in den Betrieben der Abwasserbehandlung sind:

- Arbeitsschutzanordnungen (ASAO)
- Arbeitsschutz- und Brandschutzanordnungen (ABAO)
- Richtlinien, Leitblätter und technische Grundsätze

Diese Anordnungen und Grundsätze legen im einzelnen fest, wie die Anlagen ausgerüstet und die Arbeitsmittel beschaffen sein müssen, um Unfälle bzw. andere gesundheitsschädigende Ereignisse zu verhüten und größtmögliche Sicherheit bei der Anwendung der Technik zu erlangen.

Bei Arbeiten in den Abwasserbehandlungsanlagen sind noch spezielle Kenntnisse über besondere Gefahrenquellen, über Prüfmethode zur Feststellung gesundheitsgefährdender Stoffe und über Arbeitsschutzmittel notwendig, um Gefahrensituationen frühzeitig zu erkennen und sich rechtzeitig schützen zu können.

### 9.1. Besondere Gefahrenquellen

In allen Anlagen der Abwasserbehandlung besteht die Möglichkeit der Gasbildung besonders durch die Ableitung von Industrieabwässern.

Die Zahl der in der Industrie angewendeten Lösungsmittel ist außerordentlich groß. Es ist mit etwa 300 Substanzen zu rechnen, von denen einige noch besonders hervortreten.

*Viele dieser Lösungsmittel sind nicht nur betäubend und giftig, sondern auch explosibel, oder sie zersetzen sich im Abwasser zu giftigen und explosiblen Stoffen.*

Als organische Lösungsmittel werden u. a. Treibstoffe, wie Benzin und Benzol, die ebenfalls explosibel sind und giftige Gase entwickeln, benutzt. Daneben treten einige Gase wie Wasserstoff, Ammoniak, Kohlenmonoxid, Zyanwasserstoff und Schwefelwasserstoff auf. Bei der Faulung von Fäkalien, aber auch von Substanzen der Industrie, wie Holzschliff, entstehen Methan, Schwefelwasserstoff und Kohlenmonoxid. Kohlenmonoxid und Schwefelwasserstoff treten u. a. im Abwasser von Generatoren auf. Schwefelwasserstoff allein kommt in Lederfabrikationsabwässern vor, die Sulfide

und freie Säuren, z. B. Chromsäure, enthalten. Ammoniak findet sich im Abwasser der Gaswerke in hoher Konzentration. Zyanwasserstoff entsteht durch Zusammenreffen alkalisch-cyanidischer Abwässer aus Galvaniken oder Härtereien mit dem sauren Abwasser aus Beizereien oder Galvaniken.

### 9.1.1. Explosionsgefahr

Unter Explosionen versteht man plötzlich auftretende Verbrennungsvorgänge von Gasen, Dämpfen oder Stäuben mit Luft oder Sauerstoff, die mit stärkeren Drucksteigerungen gekoppelt sind und als Folge davon erhebliche Zerstörungen an den Einrichtungen und Gebäuden der Betriebsanlagen verursachen. Die Verbrennungsgeschwindigkeiten betragen hierbei einige 100 m/s, die Explosionsdrücke einige Atmosphären Überdruck.

*Explosible Gemische sind Mischungen von Gasen, Dämpfen oder in Schwebeförmigkeit befindlichen Stäuben mit Luft oder Sauerstoff innerhalb der unteren und oberen Explosionsgrenze.*

Sie werden beim Hinzutreten einer Zündquelle, deren Temperatur gleich oder höher als der Zündpunkt liegt, zur Zündung gebracht. Als Zündquelle kann auch eine plötzliche chemische Reaktion auftreten, bei der in kürzester Zeit zur Zündung ausreichende Wärmeenergien mit oder ohne Lichterscheinungen frei werden.

### 9.1.2. Brandgefahr

Unter Verbrennung versteht man einen oxydativen Vorgang eines festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffes, wobei es in der Regel unter anhaltender Flammenbildung zur Zerstörung des brennbaren Stoffes kommt.

Eine Brandgefahr liegt im allgemeinen vor, wenn durch die Anwesenheit eines brennbaren Stoffes, von Sauerstoff und einer Zündquelle die Möglichkeit der Entstehung eines Brandes gegeben ist.

*Die Größe der Brandgefahr wird von der Zündbereitschaft der Stoffe, ihrer Menge und der Verbrennungsgeschwindigkeit bestimmt.*

Die Brandgefahr wird auch durch die Bauart der Gebäude beeinflusst.

### 9.1.3. Gesundheitsschädigende Stoffe

Neben der Eigenschaft von Dämpfen und Gasgemischen, brennbar oder explosibel zu sein, können sie noch als Atemgifte auftreten. Die Giftigkeitsgrenze liegt meist weit

unter der Explosionsgrenze. Hierdurch sind bestimmte Gase oder Dämpfe besonders gefährlich.

*In bezug auf die Giftigkeit von Gasen oder Dämpfen ist die maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK) entscheidend.*

Da in den Anlagenteilen, insbesondere in Kanälen, unter erschwerten körperlichen Bedingungen gearbeitet wird, muß die maximale Arbeitsplatzkonzentration zur Beurteilung der Atemfähigkeit eines Gemisches herangezogen werden. Unter maximaler Arbeitsplatzkonzentration wird diejenige Konzentration schädlicher Stoffe (Gase und Dämpfe) in Luft verstanden, die bei längerer Einwirkung noch nicht gesundheitsschädigend ist. Dieser Schwellenwert ist für eine tägliche Arbeitszeit von 8 h aufgestellt worden.

*Atemgifte* sind Gase oder Dämpfe, die auf den menschlichen Organismus schädigend einwirken. Die Symptome der schädigenden Wirkung sind Kopfschmerzen, Kopfdruck, Übelkeit, Erbrechen, Ohrensausen, Ermüdung, Taumel und Gleichgewichtsstörungen, Durchfall, Rauschen und Angstzustände sowie Bewußtlosigkeit.

Nach den verschiedenen Wirkungen können viele bekannte Gase und Dämpfe in folgende Hauptgruppen unterteilt werden:

- Atemgifte mit Reiz- und Ätzwirkung (Reizgase)
- Atemgifte mit erstickender Wirkung (Stickgase)
- Atemgifte mit Wirkung auf Blut, Nerven und Zellen (betäubende Wirkung)

Besonders häufig vorkommende giftige Gase und Dämpfe sind:

Zyanwasserstoff

Schwefelwasserstoff

Kohlendioxid

schwere chlorierte Kohlenwasserstoffe, wie Tetrachlorkohlenstoff, Trichloräthylen, Perchloräthylen (Tetra, Tri, Per)

Zu diesen gesundheitsschädigenden Stoffen kommen außerdem noch alle möglichen Infektionsgefährdungen.

## 9.2. Prüfmittel und -methoden

Die Prüfung von Anlagen und Anlagenteilen auf gesundheitsschädigende Stoffe vor Beginn der Arbeiten kann durch folgende Prüfmethode erfolgen:

- Prüfung durch Geruch
- Prüfung mit Reagenzpapier
- Prüfung mit speziellen Gasprüfgeräten

Das Prüfen durch Geruch und mit Reagenzpapier hat grundsätzlich zu erfolgen.

Die Prüfung mit speziellen Gasprüfgeräten ist dann anzuwenden,

- wenn bei der Prüfmethode 1 und 2 Gase, Dämpfe oder gesundheitsschädliche Stoffe in den Anlagen festgestellt werden, aber keine Angaben über Konzentration vorliegen
- wenn von den Prüfenden unbekannte Gase oder Dämpfe festgestellt werden.

Die Prüfung mit speziellen Gasprüfgeräten ist außerdem dort erforderlich, wo sich auf Grund der örtlichen Verhältnisse, z. B. durch die Einleitung von Industrieabwasser, giftige Gase, Dämpfe oder gesundheitsschädliche Stoffe ansammeln oder entwickeln können, die sich mit den beiden vorgenannten Prüfmethoden nicht feststellen oder nachweisen lassen.

### Prüfen durch Geruch

Die Prüfung durch Geruch ist nach der vorgeschriebenen Belüftungszeit der Anlage von außen, z. B. am Schachtrand, vorzunehmen. Bei normaler Geruchsempfindung können hierbei riechbare Gase oder Dämpfe (Benzin, Benzol, Stadtgas, Chlor u. ä.) wahrgenommen werden.

Diese Prüfung dient zur ersten Einschätzung der Luftverhältnisse in den Anlagen unter Tage, gibt jedoch noch keinen Aufschluß über alle evtl. vorhandenen Gase und über Konzentration bereits durch Geruch festgestellter Gase oder Dämpfe.

### Prüfen mit Reagenzpapier

Mit *pH-Indikatorpapier* (Unitestpapier) wird das Abwasser auf seinen pH-Wert geprüft. Das Indikatorpapier wird in das Abwasser eingetaucht. Kann diese Prüfung nicht ungefährdet von außerhalb der Anlage erfolgen, ist der Prüfende mit einem Atemschutzgerät auszurüsten. Bei Abweichungen vom neutralen Wert (pH 7), d. h. im sauren Bereich bei einem pH-Wert unter 5 und im alkalischen Bereich bei einem pH-Wert über 10, ist nach besonderen Weisungen der ASAO 144 zu verfahren.

Mit *Bleiazetatpapier* erfolgt die Prüfung der Luft auf Schwefelwasserstoffgehalt. Das Bleiazetatpapier wird angefeuchtet und in mittlerer Höhe des Kanalprofils über dem Wasserspiegel etwa 10 min gehalten.

Die Durchführung der Arbeiten geschieht wie bei Prüfen mit Reagenzpapier.

Zum Vergleich der Färbung ist die Farbskala nach Firma Ströhlein & Co. zu verwenden:

Hellbraune Färbung des Bleiazetatpapiers (Farbton 1–3) bedeutet: Der Schwefelwasserstoff liegt im zulässigen Bereich der MAK – das Arbeiten in den Anlagen ist unter diesen Bedingungen über einen längeren Zeitraum möglich.

Mittelbraune Färbung (Farbton 4–5) bedeutet: Der Schwefelwasserstoffgehalt liegt über der zulässigen Grenze der MAK – kurzfristiges Arbeiten in den Anlagen ist möglich.

Dunkelbraune bis schwarze Färbung des Bleiazetatpapiers (Farbton 6 und 7) bedeutet: Es besteht Lebensgefahr, und die Anlagen dürfen nicht ohne geeignete Atemschutzgeräte begangen werden.

## Prüfen mit speziellen Gasprüfgeräten

Spezielle Gasprüfgeräte sind z. B.

das Gasspürgerät mit speziellen Prüfröhrchen  
der Methangasprüfer

Apparaturen zur Gasanalyse (Orsat)

Geräte, die nach dem Diffusionsprinzip arbeiten, d. h. manometrische Geräte,  
die den Unterschied zwischen der Dichte der Gase und der von Luft messen

Diese Prüfung ist nur von dazu ausgebildeten Fachkräften durchzuführen.

### 9.3. Mittel des Arbeitsschutzes

Die gegenwärtig in den Einrichtungen der Abwasserbehandlung verwendeten Arbeitsschutzmittel lassen sich in drei Gruppen untergliedern:

- Mittel und Möglichkeiten für den vorbeugenden Arbeitsschutz. Dazu gehören die laufenden ärztlichen Betreuungen (u. a. Untersuchung auf Weilsche Krankheit), einwandfreie hygienische Betreuung, Schwarz-Weiß-Garderobe, Waschgelegenheiten usw.
- Schutzmittel, die Gefahren vor und während der Arbeit anzeigen. Das sind z. B. pH-Wert-Anzeigergeräte, Gasprüfgeräte, Indikatorpapiere und ähnliches
- Schutzmittel, welche persönlichen körperlichen Schutz gewährleisten. Sie umfassen u. a. die Gummikleidung, Handschuhe, Frischluft- und Kreislaufgeräte, Schutzhelme sowie den Sicherheitsgurt

### 9.4. Sauberkeit, Ordnung und Sicherheit

Das Abwasser und alle darin enthaltenen Schmutz- und Abfallstoffe, insbesondere der Abwasserschlamm, enthalten Krankheitserreger aller Art. Peinliche Sauberkeit und Ordnung in allen Anlagenteilen ist daher zwingende Notwendigkeit zum Schutze der Belegschaft und der Allgemeinheit gegen gesundheitliche Schäden, Geruchsbelästigungen, Fliegenplagen usw.

- Alle Anlagenteile, die mit Abwasser und Schlamm in Berührung kommen, sind regelmäßig von Schmutz- und Fettkrusten zu reinigen. Geländer und Handgriffe sind sauberzuhalten und durch Schutzanstriche vor dem Verrotten zu schützen.
- Benutzte Geräte, wie Schaufeln, Rechen, Kratzen, Schieber, Schubkarren usw., sind nach Benutzung zu säubern und auf dem dafür vorgesehenen Abstellplatz ordentlich abzustellen. Das Herumliegen von Werkzeugen und Geräten hat zu unterbleiben, es gefährdet die Sicherheit der Beschäftigten.

- Nach jeder Verschmutzung der Hände durch Abwasser, Schlamm oder sonstige Abwasserrückstände (Infektionsgefahr) und vor jeder Arbeitspause sind die Hände gründlich mit Warmwasser und Seife zu reinigen.

Nach Arbeitsschluß ist die Arbeitskleidung abzulegen und in besonderen Schränken, getrennt von der Tageskleidung, aufzubewahren.

Bevor die Tageskleidung angelegt wird, ist eine gründliche Körperreinigung in der Dusch- und Waschanlage erforderlich. Gegebenenfalls sind Feindesinfektionsmittel anzuwenden.

### 9.5. Wichtige Arbeitsschutz- und Brandschutzanordnungen und andere Bestimmungen

- ASAO 1 Allgemeine Vorschriften
- ASAO 3 Schutzgüte von Maschinen, Werkzeugen u. a.
- ASAO 11 Arbeitsräume, Fenster, Türen, Treppen, Beleuchtung, Heizung, Luken, Verkehrswege
- ASAO 20 Erste Hilfe und Verhalten bei Unfällen
- ASAO 31/2 Feuer- und explosionsgefährdete Räume
- ASAO 72 Atemschutzfiltergeräte, Sauerstoffkreislaufgeräte und Frischluftgeräte (Schlauchgeräte)
- ASAO 142 Gaswerke
- ASAO 144 u. 144/1 Entwässerungswerke
- ASAO 330 Benutzung von Fallschuttmitteln – vom 1. November 1966 (GBl. II S. 793)
- ASAO 331 Hochbau, Tiefbau, Baucbengewerke
- ASAO 339 Wasserbauten
- ASAO 445 Infektionsverhütung
- ASAO 530 Arbeitsmaschinen
- ASAO 551/1 Nahfördermittel-Becherwerke, Schüttelrinnen, Gurtförderer, Transporteure, Förderbänder
- ASAO 616 Befahren von Behältern, Apparaten, Rohrleitungen, Gruben usw.
- ASAO 732/1 Umgang mit verflüssigtem Chlor
- ASAO 860 Verwendung von ortsbeweglichen Druckgasbehältern für Chlor
- ASAO 908 Hebezeuge und Anschlagmittel usw.
- ABAO 3/1 Schutzgüte der Arbeitsmittel und Arbeitsverfahren – vom 20. Juli 1966 (GBl. II, S. 563)
- ABAO 7 Arbeitssicherheit bei Instandsetzungsarbeiten in Betrieben – vom 23. Juni 1965 (GBl. II, S. 536)

ABAO 31/2 Feuer- und explosionsgefährdete Betriebsstätten – vom 22. Juli 1963  
(GBl. II, S. 554)

Deutsche Bauordnung (DBO) vom 2. Oktober 1958 (GBl. Sonderdruck Nr. 287)

Verordnung über das Verhalten im Straßenverkehr (Straßenverkehrsordnung - StVO -)  
vom 30. Januar 1964 (GBl. II, S. 357)

Verordnung über den Schutz vor der schädigenden Einwirkung isolierender Strahlen –  
Strahlenschutzordnung – vom 10. Juni 1964 (GBl. II, S. 655)

Anweisung über die Einführung und Anwendung arbeitshygienischer Normen, vom  
1. Juli 1966 (Verf. und Mitteilungen des Ministeriums für Gesundheitswesen – Son-  
derdruck).

### Aufgaben

1. Nennen Sie die besonderen Gefahrenquellen in Abwasserbehandlungsanlagen!
2. Erläutern Sie den Begriff der maximalen Arbeitsplatzkonzentration von gesundheitsschädigenden Stoffen!
3. Erläutern Sie den Verlauf der Geruchsprüfung in Abwasserbehandlungsanlagen!
4. Kontrollieren Sie das Vorhandensein der erforderlichen Arbeitsschutzmittel in den Anlagen Ihres Betriebes. Welche Geräte zur Gefahrenanzeige haben Sie vorgefunden?



## Literaturverzeichnis

- [1] Gesetz über den Schutz, die Nutzung und die Instandhaltung der Gewässer und den Schutz vor Hochwasser – Wassergesetz – vom 17. 4. 1963. GBl. I, Nr. 5, S. 77 vom 25. 4. 1963.
- [2] Anordnung über die Bildung der VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung mit Anlage (Statut) vom 23. 3. 1964. GBl. III, Nr. 20, S. 206 vom 10. 4. 1964.
- [3] *Randolf*: Kanalisation und Abwasserbehandlung. Berlin: VEB Verlag für Bauwesen 1965.
- [4] Anordnung über die Behandlung von industriellen Absetzanlagen vom 15. 7. 1965. GBl. III, Nr. 17, S. 81 vom 24. 7. 1965.
- [5] Amt für Wasserwirtschaft beim Ministerrat der DDR: Bemessungsgrundlagen für die Erarbeitung von Aufgabenstellungen und Projekten wasserwirtschaftlicher Anlagen. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage 1964.
- [6] *Imboff*: Taschenbuch der Stadtentwässerung. 3. Auflage. Berlin: VEB Verlag Technik 1956.
- [7] *Demidow/Schigorin*: Kanalisation. Leipzig 1953.
- [8] *Frühling*: Entwässerung der Städte. Leipzig: Verlag Engelmann 1903.
- [9] *Reinhold*: Regenspenden in Deutschland. Gesundheitsing. (1941) S. 231, 246.
- [10] *Schoklitsch*: Handbuch des Wasserbaues. I. Band, 3. Auflage. Wien: Springer-Verlag 1962.
- [11] *Kebr*: Die Anwendung der verschiedenen Berechnungsmethoden für Entwässerungsleitungen. Gesundheitsing. (1942) S. 338.
- [12] *Wöttke*: Beitrag zur vergleichenden Betrachtung deutscher Kanalberechnungsmethoden. Bauamt und Gemeindebau (1954) S. 273.
- [13] *Ortleb/Kadner*: Stadtentwässerung. Berlin: VEB Verlag für Bauwesen 1960.
- [14] *Randolf*: Beitrag zur praktischen Berechnung von kreisförmigen Rohren im Siedlungs-Wasserbau nach Prandtl, v. Kármán und Colebrook. WWT (1960) S. 21.
- [15] *Randolf*: Hydraulische Berechnung der Abwasserkanäle. WWT (1960). S. 301.
- [16] *Schoklitsch*: Handbuch des Wasserbaues. 2. Auflage. Wien: Springer-Verlag 1950.
- [17] *Lippke*: Zur Abflußmenge im teilgefüllten Rohr, Gesundheitsing. (1952) H. 11/12.
- [18] *Haltwasch*: Zur Bestimmung der Abflußhöhe und Abflußgeschwindigkeit bei Teilfüllungen in Freigefälleleitungen. Gas- und Wasserfach (1957) H. 8, S. 181.
- [19] *Dobrmann*: Füllhöhenkurven von Entwässerungsleitungen, Gesundheitsing. (1944) S. 35.
- [20] *Wagner-Kallgass*: Hydraulische Voraussetzungen zur Berechnung von Regenüberläufen, Gas- und Wasserfach (1960) S. 660.
- [21] *Wetzorke*: Über die Bruchsicherheit von Rohrleitungen in parallelwandigen Gräben. Veröffentlichung des Instituts f. Siedlungs-Wasserwirtschaft, TH Hannover 1960.
- [22] *Chulkow*: Journal chem. Ind. (1938) H. 48.
- [23] *Strell*: Wasser- und Abwasserreinigung der Gewässer. München: R. Oldenbourg Verlag 1965.
- [24] *Czensusy*: Wasser-, Abwasser- und Fischereichemie. Berlin: VEB Verlag Technik 1960.

- [25] *Liebermann*: Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag 1962.
- [26] *Uhlmann*: Oxydationsgräben und Oxydationsteiche. Wissenschaftliche Zeitschrift der KMU Leipzig, 11. Jg. (1962) H. 1.
- [27] *Uhlmann*: Aufgaben und Anwendungsmöglichkeiten von Abwasserteichen. Einführungsvorträge zum Trink-, Brauch- und Abwasserkurs am Zool. Institut der KMU Leipzig, September 1957.

# Sachwörterverzeichnis

- Abdampfrückstand 60
- Abflußbeiwert 44
- Abflußermittlung 41
- Abflußminderung 46
- Absetzbecken 77
- Absetzverfahren 72
- Absiebverfahren 69
- Abwasser 15
  - gewerbliche 15
  - häusliche 15
  - industrielle 15
- Abwasserableitungsverfahren 38
- Abwasserbehandlungsverfahren 68
  - biologische 88
  - chemisch-mechanische 85
  - mechanische 69
- Abwasserchlorung 53
- Abwasserdesinfektion 87
- Abwasserfischteichverfahren 92
- Abwasserpilze 93
- Abwasserreinigung 11
  - künstlich-biologische 12
  - mechanische 11
- Abwasserreinigungsvorgänge 52
  - biochemische 53
  - biologische 53
  - chemische 52
  - mechanische 52
- Abwasseruntersuchungen 55
  - bakteriologische 65
  - biochemische 64
  - biologische 65
  - chemische 57
  - physikalische 57
- Abwasserverschmutzungen 16
  - industrielle 16
- Abwasserverwertung 88
  - landwirtschaftliche 88
- Altertum 10
- Anschlagmittel 124
- Arbeitsschutz 130
- Bacterium coli** 65
- Bagger 122
- Bakterien 93
- Bandkratzer 78
- Baukompressoren 123
- Baumaschinen 122
- Belebtschlammverfahren 100
- Belüftungsbecken 101
- Berechnungsregen 41
- Bezirksnetz 37
- Bodenfilter
- Bodenverdichtungsgerät 123
- Brandgefahr 131
- Colititer** 65
- Detergenzienbestimmung** 63
- Durchörterungsgeräte 123
- Durchzugsverfahren 27
- Einleitungsbedingungen 17
- Einzelprobe 56
- Elektrozüge 124
- Emscherbrunnen 83
- Entwässerungssystem 32
- Erdfaulbecken 113
- Explosionsgefahr 131
- Fällung** 52
- Fällungsverfahren 85
- Farbbestimmung 58
- Fäulnisfähigkeit 60
- Faulraum 111
- Flockungsverfahren 85
- Flotationsverfahren 71
- Fremdwasserzuschläge 43
- Gasverwertung** 109
- Gefälle 49
- Geräte 116

Geruchsbestimmung 59  
Glührückstand 60

**H**andflaschenzüge 124  
Handwinde 116  
Hangberieselung 90  
Hauptsammler 20  
Hebezeuge 124  
Hochdruckspülgerät 28  
Hochdruckspülverfahren 28  
Hydraulikberechnung 49

Instandsetzung 125

Kaliumpermanganatverbrauch 61  
Kanalisationsreinigungsverfahren 26  
Kanalspülung 27

Langbecken 78  
Längsnetz 32

**M**ammutpumpe 120  
Maschinen 116  
Mehrkammerfaulgruppen 109  
Membranpumpe 118  
Mischgerinne 85  
Mischprobe 56  
Mischverfahren 22  
Motorwinde 117

**N**ebensammler 19  
Neutralisation 52  
Neutralisationsverfahren 86  
Niederdruckspülverfahren 30  
Niederschlagswasser 16

**O**xydationsteichverfahren 93

**P**henolbestimmung 63  
Phosphorbestimmung 62  
Photosynthese 55  
pH-Wert-Bestimmung 59  
Protozoen 93  
PVI (planmäßig vorbeugende Instandhaltung) 126

**Q**uernetz 32

**R**andsammlernetz 37  
Rechteckabsetzbecken 78  
Regenspende 40  
Regenwasserabfluß 44  
Regenwasseranfall 40  
Regenwasserzuschläge 43  
Ringsammlernetz 37  
Rohrleitungsmaterial 32  
Rundbecken 81

**S**andfang 72  
Saprobiensystem 66  
Sauerstoffbedarf 65  
    biochemischer (BSG) 65  
Schachtentfernungen 20  
Schätzungsverfahren 47  
Schlammbehandlung 12  
    getrennte 12  
Schlammfäulung 106  
Schlammzugwagen 121  
Schlammtröckenbeete 114  
Schmutzwasserabfluß 42  
Schmutzwasseranfall 38  
Schmutzwasserspense 42  
Schwebedruckreiniger 30  
Sickerbecken 85  
Stauberieselung 90

**T**emperaturmessung 58  
Trennverfahren 24  
Trichterbecken 82  
Tropfkörper 96  
Tropfkörperverfahren 95  
Trübungsbestimmung 58  
Turmtropfkörper 98

**U**ntergrundverrieselung 90

**V**erästelungsnetz 36  
Verregnung 91  
Verschmutzungen 15

**W**assergesetz 13  
Wasserkreislauf 14  
Wasserwirtschaft 9  
Werkzeuge 116

**Z**eitbeiwertverfahren 46