

# Biologische Umsetzungen in Abwasserfaulräumen (Mehrkammerfaulgruben)

Autor(en): **Åckerlindh, Gunnar**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **76 (1958)**

Heft 4

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-63920>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Biologische Umsetzungen in Abwasserfaulräumen (Mehrkammerfaulgruben)

Von Dr.-Ing. Gunnar Åckerlindh, Djursholm (Schweden)

DK 628.352

### Begriffsbeschreibung und Wirkungsweise

Ein Abwasserfaulraum bezweckt eine Behandlung von Abwasser, die weiter reicht als blosse Entschlammung. Man will nicht nur den Teil der Verunreinigung, der Schlammkonsistenz hat, ausscheiden und zurückhalten, sondern auch einen gewissen Teil derjenigen Verunreinigung, die in sehr fein verteilter oder gelöster Form vorhanden ist. Dazu gibt man dem Faulraum eine solche Grösse, dass sich das Abwasser darin wesentlich länger aufhält, als für die blosse Entschlammung erforderlich ist. Ein Ausführungsbeispiel, das vor allem für Ein- und Zweifamilienhäuser gedacht ist, soll nachfolgend beschrieben werden. Das Verfahren kann aber auch für noch grössere Abwassermengen mit Erfolg angewendet werden und wirtschaftlich sein.

In einem Abwasserfaulraum kann sich die theoretisch berechnete Aufenthaltszeit in Prinzip zwischen einem und zehn, unter Umständen noch mehr Tagen bewegen. Bisher war sie gewöhnlich fünf bis zehn Tage. Die Verunreinigung verringert sich durch Absetzung, Ausflockung und Abbau sowie durch Bakterienabtötung.

Die Schlammabsetzung ist mechanischer Natur. Ausflockung, Abbau und Bakterienabtötung sind hauptsächlich biologische Vorgänge. Die Prozesse verlaufen im Faulraum unter anaeroben Verhältnissen, also ohne Anwesenheit von Sauerstoff. Durch die biologische Ausflockung wird die Verunreinigung in gelöster und kolloidaler Form in weitem Umfang in Schlamm verwandelt, der im Faulraum zurückgehalten werden kann. Aller Schlamm wird allmählich abgebaut — mineralisiert — und dadurch unschädlich gemacht. Bei diesen Umwandlungsvorgängen werden auch Gase und gelöste Stoffe gebildet. Parallel mit der Absetzung und Ausflockung geht die Bakterienverringerung vor sich. Wie im folgenden noch weiter gezeigt werden soll, ist die notwendige Voraussetzung für sämtliche erwähnten Prozesse, dass alkalische Gärung (Methangärung) besteht. Die Wirksamkeit der Abbauprozesse wird durch den Behandlungseffekt ausgedrückt. Man versteht darunter das Verhältnis der tatsächlich ausgeschiedenen Menge an Verunreinigungen zur Menge vor der Behandlung; er wird meist in Prozenten angegeben.

Der Abbau organischer Substanz, der im Faulraum stattfindet, ergibt sich rechnerisch nach der in Bild 1 dargestellten Kurve. Die Schlammabsetzung ist schon nach einigen Stunden beendet. Alsdann beginnt die biologische Ausflockung und setzt sich während sehr langer Zeit fort. Beide Vorgänge verlaufen, wenigstens annähernd, mit einer Geschwindigkeit, die in jedem Augenblick proportional der Restmenge der betreffenden Verunreinigungsart ist; sie lassen sich daher als Exponentialfunktionen ausdrücken. Trägt man den Verunreinigungsgehalt in logarithmischem und die Zeit in linearem Masstab auf, so erhält man eine gerade Linie. Bilder 6 und 7 zeigen entsprechende Beispiele. Durch Entschlammung wird ein Behandlungseffekt von ungefähr 35 % erzielt. Durch Aus-

flockung kann bis mehr als der doppelte Wirkungsgrad erreicht werden. Im folgenden soll näher erörtert werden, welche Forderungen man an einen Abwasserfaulraum stellen muss und welcher Behandlungseffekt erreicht werden kann.

### Grösste Verringerungsgeschwindigkeit

Für das Studium des Behandlungseffektes bei Abwasserfaulräumen ist es von besonderem Interesse, die grösste Verringerungsgeschwindigkeit zu bestimmen, die unter anaeroben Verhältnissen überhaupt erzielt werden kann. Weiter will man wissen, welche Wirkungen man bisher feststellen konnte. Um auf diese beiden Fragen antworten zu können, wurden unter Leitung des Verfassers am Staatlichen Institut für Volksgesundheit zwei Untersuchungsreihen ausgeführt; die erste betrifft das Selbstreinigungsvermögen des Täbybaches nördlich von Stockholm, die zweite den Behandlungseffekt bei wechselnder Aufenthaltszeit und wechselnder Belastung in drei Versuchsfaulräumen. Die Vorfluteruntersuchung hat Bedeutung für die Feststellung der grössten Verringerungsgeschwindigkeit und soll deswegen hier zuerst behandelt werden.

Bild 2 zeigt Verlauf und Profil des Täbybaches innerhalb der Untersuchungsstrecke. An der durch den Pfeil angedeuteten Stelle wurde Abwasser aus einem schlecht funktionierenden Emscherbrunnen eingeleitet. Es wurden mehrere Untersuchungen ausgeführt, die sich über mindestens 30 Stunden, einige sogar über mehr als zwei Tage erstreckten. Die Probeentnahmen erfolgten jede fünfte Stunde an den mit  $P_0$  bis  $P_6$  bezeichneten Stellen (mit einer gewissen Verschiebung in der Zeit in Richtung bachabwärts). Damit, dass die Untersuchungen sich über mehr als einen Tag erstreckten, bezweckte man, den Tageszyklus der Wasserverunreinigung zu erfahren und von einer Probestelle zur anderen die Veränderung in der im wesentlichen gleichen Wassermenge während eines Tages festzustellen. Bei jeder Probeentnahme wurden Temperatur, Sauerstoffgehalt, biochemischer Sauerstoffbedarf, Permanganatverbrauch, Gehalt an Chloriden usw. sowie derjenigen an Colibakterien bei 37° C und 45° C bestimmt.

Bild 3 zeigt die Schwankung der Wasserführung an den verschiedenen Probestellen während einer Untersuchung. Wie ersichtlich, weist die Wassermenge eine periodische Tageschwankung auf. Sie ist besonders deutlich erkennbar, weil im vorliegenden Fall die natürliche Wassermenge des Baches im Verhältnis zur Abwassermenge sehr klein war. Auch der

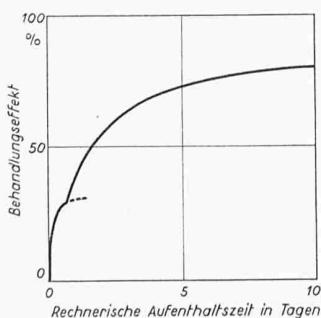
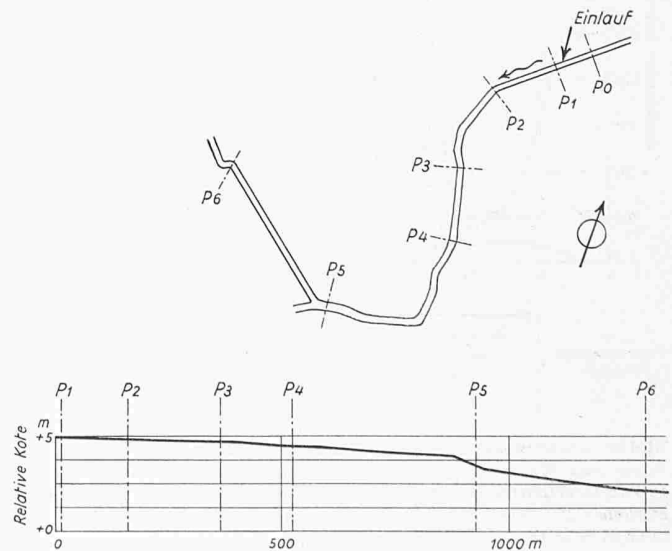


Bild 1 (links). Theoretischer Verlauf für die Reduktion der organischen Verunreinigung mit einer Absetzstufe und einer Abbaustufe

Bild 2 (rechts). Grundriss und Profil des untersuchten Baches (nördlich von Stockholm) mit Abwassereinlauf und Probequerschnitten  $P_0$  bis  $P_6$ .



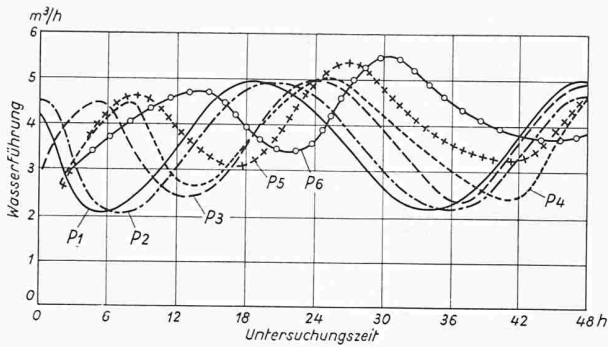
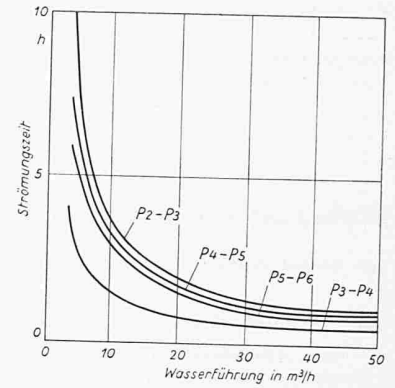


Bild 3 (links). Die Schwankung der Wassermenge, d. h. der natürlichen Wasserführung und des zugeführten Abwassers, an den verschiedenen Probequerschnitten während einer der Untersuchungen

Bild 5 (rechts). Beziehung zwischen Wasserführung und Strömungszeit auf den Strecken zwischen den einzelnen Probequerschnitten, gemessen durch Salzen und Färben



Gehalt der Verunreinigung verändert sich in gleicher Weise. Er ist also gewöhnlich um so höher, je grösser die Abwassermenge ist. Die Menge an Verunreinigungen, die während der Zeiteinheit den Bachquerschnitt durchströmt, ergibt sich aus dem Produkt des Verunreinigungsgehalts und der entsprechenden Wassermenge im Bach. Der bei der gleichen Untersuchung wie in Bild 3 auf diese Weise berechnete gesamte biochemische Sauerstoffbedarf für die verschiedenen Probestellen geht aus Bild 4 hervor. Die Fläche zwischen der für eine bestimmte Probestelle geltenden Kurve und der Abszissenachse (Zeitachse) während eines Zeitraums von einem Tag stellt die gesamte Verunreinigungsmenge dar, die während dieser Zeit durch den betreffenden Querschnitt hindurchströmt. Durch Bestimmung dieser Fläche für die verschiedenen Probestellen erhält man unter Berücksichtigung der zeitlichen Verschiebung entsprechend der Strömungszeit ein sehr zuverlässiges Bild des Selbstreinigungsverlaufs.

Aus Bild 4 geht ohne weiteres hervor, dass die Verunreinigung sich von Querschnitt zu Querschnitt vermindert. Es muss jedoch betont werden, dass die Amplitude des Tageszyklus im grossen gesehen während der ganzen Zeit die gleiche relative Grössenordnung behält. Es kommt also kein nennenswerter Ausgleich der Verunreinigungswelle zustande. Dieser Umstand ist von grosser Bedeutung, da er nicht selten unbeachtet bleibt und sich dann schwere Fehlschlüsse bei Vorfluteruntersuchungen ergeben.

Für die Zahl der Colibakterien erhält man ähnliche Kurven wie Bild 4. Es ist zweckmässig, die Bakterienmenge in logarithmischem Massstab aufzuzeichnen.

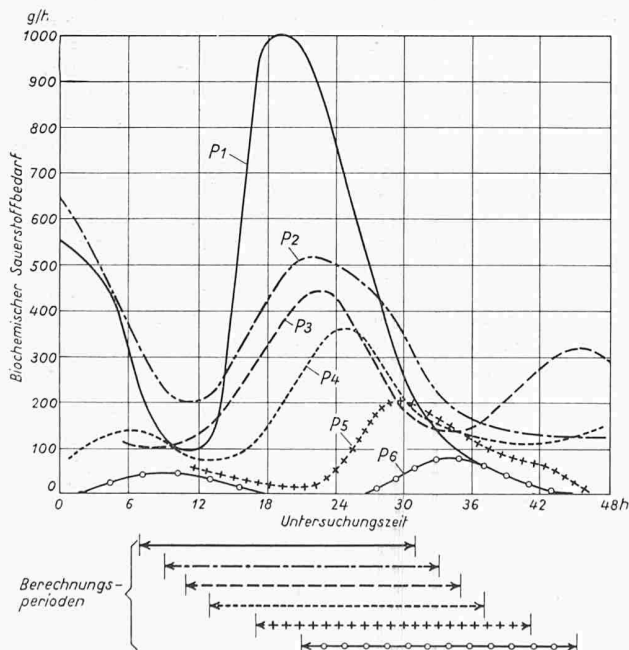


Bild 4. Schwankung der totalen Verunreinigungsmenge, d. h. des Produkts von Wassermenge und Verunreinigungsgehalt, an den selben Probequerschnitten wie in Bild 3; darunter die in Frage kommenden Perioden für Integrierung der durchgehenden Verunreinigungsmenge über 24 Stunden

Um sichere Angaben über die Strömungszeiten zwischen den Entnahmestellen der Proben zu erhalten, wurde eine Anzahl Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Wasserführung und Strömungszeit mit Zusätzen von Salz und Farbstoffen ausgeführt. Bild 5 zeigt die Ergebnisse. Dank der sorgfältigen Durchführung sind diese Kurven sehr zuverlässig.

Die Verarbeitung des umfassenden Beobachtungsmaterials der Vorfluteruntersuchungen, deren Ergebnis hier vorgelegt wird, bezieht sich hauptsächlich auf die Selbstreinigungsgeschwindigkeit unter verschiedenen Verhältnissen. Aus mehreren Gründen wurde diese Arbeit auf diejenigen Vorfluteruntersuchungen beschränkt, die während des Sommers 1953 auf den Bachstrecken zwischen  $P_3$  und  $P_6$  (in gewissen Fällen  $P_5$ ) durchgeführt wurden. Die Verunreinigungsmenge ist bei  $P_3$  durchgehend gleich 100 und bei den bachabwärts liegenden Probestellen in Prozenten derjenigen bei  $P_3$  angegeben worden.

Die Verminderung der Verunreinigungsmenge kann als Mass für die Selbstreinigungsgeschwindigkeit gelten. Sie ist in Bild 6 für den biochemischen Sauerstoffbedarf und in Bild 7 für die Colibakterien dargestellt. Aus den Kurven, die mit geraden Linien gut übereinstimmen, geht hervor, dass man es in beiden Fällen mit zwei wesentlich verschiedenen Reduktionsgeschwindigkeiten zu tun hat, nämlich mit einer Gruppe von zwei steilen Linien und mit einer solchen von zwei flachen. Die fünfte Kurve liegt zwischen diesen beiden Gruppen. Die nähere Prüfung ergab, dass die steilen Kurven sich durchgehend auf Untersuchungen unter aeroben und die flachen Kurven auf solche unter anaeroben Verhältnissen im Bach beziehen. Der Sauerstoffgehalt betrug im ersten Falle ungefähr 3 mg/l bei einer Temperatur von 14 bis 17° C, im zweiten praktisch Null bei 12 bis 16° C. Bei der Untersuchung, auf die sich die mittlere Kurve bezieht, betragen der Sauerstoffgehalt  $\frac{1}{2}$  bis 1 mg/l und die Temperatur 17° C.

Von besonderem Interesse sind in diesem Zusammenhang die flachen Kurven, also diejenigen, die sich auf die anaeroben Verhältnisse im Bach beziehen. Da man es hier mit einem natürlichen Abwasserfaulraum zu tun hat, zeigen die Diagramme den Behandlungseffekt in bezug auf gelöste und feinverteilte Stoffe, der in einem solchen Raum bei sich verändernder Aufenthaltszeit erreicht werden kann. Die Reduktionsgeschwindigkeit ist ausserordentlich hoch. Wie ersichtlich, beträgt die Halbierungszeit nur rd. fünf Stunden, sowohl was den biochemischen Sauerstoffbedarf als auch die Colibakterien betrifft. Das bedeutet, dass die Restmenge schon nach anderthalb Tagen nur etwa 1% ausmacht (entsprechend einem  $k$ -Wert von etwas grösser als 1). Da der eigentliche Abbau der organischen Substanz sehr viel langsamer vor sich geht, muss die biologische Ausflockung hier besonders intensiv sein.

Der auf diese Weise im Bach unter anaeroben Verhältnissen festgestellte Selbstreinigungseffekt kann als obere Grenze des Behandlungseffekts gelten, der sich in Abwasserfaulräumen erzielen lässt.

#### Gemessene Verringerungsgeschwindigkeit

Es soll nun der Behandlungseffekt untersucht werden, der ebenfalls im Sommer 1953 mit den vorerwähnten Abwasserfaulräumen in der Versuchsanlage des Staatlichen Instituts für Volksgesundheit erzielt wurde. Diese Faulräume, die alle das gleiche Volumen hatten, waren in drei voneinander getrennte Fächer geteilt. Im übrigen waren keine besonderen Anord-

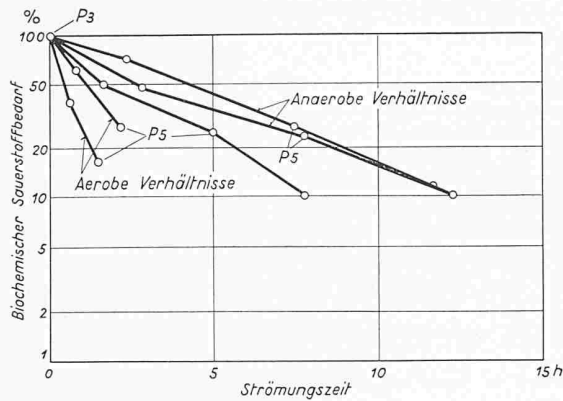


Bild 6. Reduktion der organischen Verunreinigungssubstanz mit der Strömungszeit bei den fünf Untersuchungen im Jahre 1953, angegeben in Prozent des biochemischen Sauerstoffbedarfs bei  $P_3$

nungen getroffen worden, um den volumetrischen Wirkungsgrad zu erhöhen, d. h. um die wirklich erforderliche Aufenthaltszeit der theoretischen möglichst anzugleichen.

Nach einigen vorbereitenden Versuchen wurden alle drei Faulräume mit gut ausgefautem Schlamm geimpft. Danach hat man sie im Laufe des Hoch- und Nachsommers mit wechselnden Abwassermengen, entsprechend 1, 2, 5 und 10 Tagen rechnerischer Aufenthaltszeit, beschickt. Um sichere Ergebnisse zu erhalten, achtete man darauf, dass bei jedem Versuchsabschnitt ein Beharrungszustand eintrat, bevor eine Beschickungsänderung vorgenommen wurde. Die Temperatur schwankte während der Versuchsdauer zwischen 15 und 20° C, lag aber hauptsächlich zwischen 16 und 19° C. Der pH hielt sich im ganzen gesehen zwischen 7,1 und 7,4.

Der Behandlungseffekt wurde bei allen Versuchsfaulräumen nahezu gleich und ist deswegen einheitlich im Bild 8 dargestellt. Die strichpunktierte Kurve 1 zeigt den Behandlungseffekt in bezug auf den biochemischen Sauerstoffbedarf und die gestrichelte (2) auf den Permanganatverbrauch in Abhängigkeit der rechnerischen Aufenthaltszeit. Der Anteil des Sauerstoffbedarfs im Ablauf, der für rein chemische Prozesse, hauptsächlich für die Oxydation des Schwefelwasserstoffs, in Anspruch genommen wird, wurde in Abzug gebracht. Er erreichte in beiden Fällen etwa 10 bis 15 mg/l. Mit Hilfe dieser Kurven wurde die ausgezogene Linie 3 als festgestellter Behandlungseffekt in bezug auf organische Stoffe (Verunreinigungsreduk-

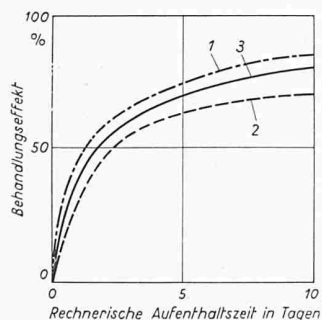


Bild 8. Gemessene Abnahme der organischen Verunreinigung bei veränderlicher rechnerischer Aufenthaltszeit im Durchschnitt für die drei Abwasserfaulkammern der Versuchsanlage im Jahre 1953. 1. Gemessener biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB). 2. Gemessener Permanganatverbrauch ( $KMnO_4$ ). 3. Angenommene Mittelwerte für die Reduktion der organischen Stoffe

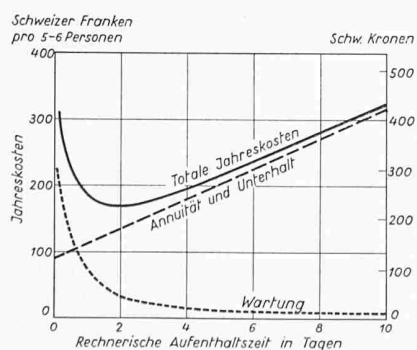


Bild 9. Berechnete Jahreskosten für Abwasserfaulkammern als Funktion der rechnerischen Aufenthaltszeit, sowohl insgesamt als auch verteilt auf einerseits Zinsen, Amortisation und Unterhalt und andererseits auf Wartungskosten (Entleerungskosten)

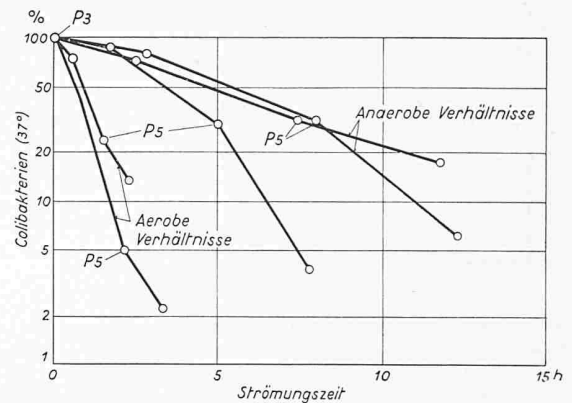


Bild 7. Bakterienreduktion mit der Strömungszeit bei den fünf Untersuchungen im Jahre 1953, angegeben in Prozent der Colibakterienmenge bei  $P_3$

tion) eingezeichnet. Wie ersichtlich, ist der Verlauf dem zum voraus berechneten Bild 1 ähnlich. Der Behandlungseffekt erreicht etwa 60 % bei einer theoretischen Aufenthaltszeit von drei Tagen und etwa 80 % bei einer solchen von 10 Tagen.

Eine ähnliche Kurve erhält man für die Bakterienverringerung, ausgedrückt in prozentualen Mengen Colibakterien. Sie liegt etwas höher und weist bei drei Tagen einen Behandlungseffekt von etwa 70 % und bei 10 Tagen von 90 bis 95 % auf.

#### Wirtschaftliche Gesichtspunkte

Um die Anwendbarkeit eines Abwasserfaulraumes beurteilen sowie eine geeignete Ausbildung und die rechnerische Aufenthaltszeit wählen zu können, ist es notwendig, sowohl die wirtschaftlichen Voraussetzungen wie auch die übrigen Bedingungen zu berücksichtigen. Zu diesem Zwecke sollen im folgenden einige Kostenberechnungen vorgenommen und Forderungen zusammengestellt werden, die hinsichtlich Ausführung und Betrieb gestellt werden müssen.

Die Baukosten für einen Faulraum bestehen aus einem festen Grundbetrag und aus einem mit dem Rauminhalt ansteigenden Anteil. Dieser kann mit hinreichender Genauigkeit als linear zunehmend vorausgesetzt werden. Von den Jahreskosten können die Beträge für Verzinsung, Amortisation und Unterhalt als den Baukosten proportional angenommen werden. Dieser Teil entspricht also dem Verlauf der gestrichelten Geraden in Bild 9. Die übrigen Jahreskosten bestehen hauptsächlich aus Aufwendungen für die Wartung (Entleerungskosten). Es ist damit zu rechnen, dass diese mit steigender rechnerischer Aufenthaltszeit fallen und zwar ungefähr entsprechend der punktierten Kurve in Bild 9. Aus wirtschaftlichen und praktischen Gründen ist es nämlich zweckmässig, die Intervalle zwischen den Entleerungen mit wachsender Aufenthaltszeit zu verlängern.

Die gesamten Jahreskosten ergeben sich also aus der Summe eines mit der Aufenthaltszeit steigenden und eines mit ihr fallenden Kostenbetrages. Man erhält hiedurch ein Minimum, das nach der durchgeführten Berechnung bei ungefähr zwei Tagen rechnerischer Aufenthaltszeit liegt.

Nun ist aber nicht nur das absolute Minimum der Jahreskosten von Interesse. Um den Gewinn zu beurteilen, den man

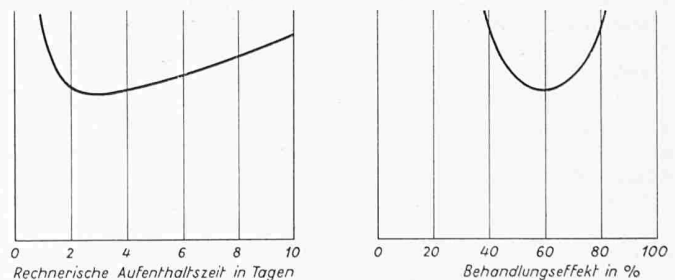


Bild 10 a und b. Relative Kosten von Abwasserfaulkammern pro kg entzogener Verunreinigung, links in Funktion der rechnerischen Aufenthaltszeit, rechts in Funktion des Behandlungseffektes

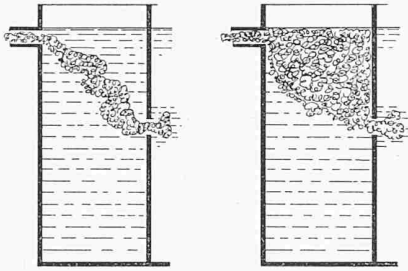


Bild 11. Strömungsverhältnisse in einer Modellkammer. Links einströmendes Wasser kälter als Behälterwasser, rechts umgekehrt. Einlauf links oben, Auslauf rechts auf halber Höhe

mit einem Abwasserfaulraum erzielt, muss man auch die Kosten pro Einheit reduzierter organischer Substanz kennen und wissen, wo diese ihr Minimum erreichen. Eine Relativkurve für diese Kosten erhält man, indem man die Jahreskosten gemäss Bild 9 durch den Behandlungseffekt nach Bild 8 dividiert. Die so erhaltenen Relativkosten können, wie die Bilder 10a und 10b zeigen, entweder als Funktion der rechnerischen Aufenthaltszeit oder als solche des Behandlungseffektes dargestellt werden. Wie ersichtlich, haben die Kurven das Minimum bei einer Aufenthaltszeit von etwa drei Tagen, entsprechend einem Behandlungseffekt von etwa 60%. Bei diesen Werten erhält man den grössten Gewinn aus einem solchen Faulraum.

Es würde zu weit führen, hier die verschiedenen Preise und Berechnungen usw. wiederzugeben, die der Kostendarstellung in Bild 9 zugrunde liegen. Zudem sind hier weniger die absoluten als die relativen Kosten von Bedeutung. Wie alle derartigen Kostenberechnungen sind auch die vorliegenden mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Dennoch kann der Schluss gezogen werden, Abwasserfaulräume seien, vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt aus beurteilt, für eine rechnerische Aufenthaltszeit von zwei bis drei Tagen zu bemessen. Im Hinblick auf den hygienischen Vorteil, der erzielt wird, sollte für die Aufenthaltszeit eher die obere als die untere Grenze gewählt werden.

### Forderungen

Schon in der Einleitung wurde erwähnt, dass im Abwasserfaulraum alkalische Verhältnisse herrschen müssen. Dies gilt auf Grund langjähriger Erfahrung allgemein für jede Behandlung von Abwasser und Schlamm und ist durch zahlreiche Untersuchungen auch bestätigt. Die Aufrechterhaltung alkalischer Gärung wird aber bei Kleinkläranlagen meistens versäumt. Saure Gärung mit daraus sich ergebendem schlechtem Behandlungseffekt und stinkendem unbrauchbarem Schlamm ist für solche Anlagen bezeichnend. Um günstige Verhältnisse zu erhalten, ist es notwendig, dass alkalischer Schlamm stets in ausreichender Menge zur Impfung von neu hinzukommendem zur Verfügung steht. Diese Forderung muss bei der ersten Inbetriebnahme und bei jeder Schlammmentleerung besonders beachtet werden.

Eine andere Forderung, die sich aus dem oben Gesagten ergibt, ist die eines hohen volumetrischen Wirkungsgrades. Die wirkliche Aufenthaltszeit soll mit anderen Worten der theoretisch berechneten möglichst nahe liegen. In dieser Hinsicht spielt die Facheinteilung eine grosse Rolle. Ebenso wichtig ist, dass Ein- und Ablauf sowie die Oeffnungen zwischen den Fächern in geeigneter Weise ausgestaltet sind. Ferner müssen Kurzschlussströme vermieden werden. Das Ideal wäre, dass das einfliessende Abwasser allmählich das schon im Faulraum befindliche verdrängt. Zur Erläuterung dieser Strömungsverhältnisse soll hier in Kürze einer der Versuche erwähnt werden, der mit einem «Dreifachbrunnen» aus Kunststoff im Staatlichen Institut für Volksgesundheit gemacht wurde.

Im ersten Fach lag der Einlauf oben und der Ablauf war ihm gegenüber auf ungefähr halber Höhe angeordnet. Wenn gefärbtes Wasser, das kälter war als das im Fach befindliche, durch den Einlauf zugeführt wurde, strömte es in einem Kurzschlussstrom ziemlich direkt gegen den Ablauf, wie es Bild 11 links darstellt. Wenn das einströmende Wasser dagegen wärmer war, breitete es sich hauptsächlich auf der Oberfläche des Faches aus und füllte den Raum oberhalb des Ablaufes ziemlich gut aus, um erst dann das Fach allmählich zu verlassen, Bild 11 rechts. Man erhielt also im zweiten Falle einen weit besseren volumetrischen Wirkungsgrad als im ersten. Als der

Einlauf zu einem Fach tief und der Ablauf an der Oberfläche angeordnet wurden, kehrte sich das Verhältnis im grossen und ganzen um.

Aus der Untersuchung der Selbstreinigungsverhältnisse im Täbybach geht die ausserordentliche Bedeutung günstiger Bedingungen für biologische Ausflockung hervor. Wahrscheinlich spielt im Täbybach die makroskopische Vegetation (Schilf u. a.) als Haftmittel für die Mikroorganismen eine bedeutende Rolle, ferner der gute Kontakt mit der Luft, der eine leichte Oxydierung oder einen guten Abgang von Schwefelwasserstoff ermöglicht. Durch seine Giftigkeit kann Schwefelwasserstoff eine verzögernde Wirkung auf die biologische Tätigkeit ausüben. Für diese ist es weiter von grosser Bedeutung, dass das einfliessende Abwasser sich weitgehend mit demjenigen des Abwasserfaulraumes vermischt. Am besten wäre es, wenn es auch mit dem alkalischen Schlamm in Berührung käme.

Damit ein Abwasserfaulraum einen guten Behandlungseffekt aufweist, ist es notwendig, dass die Verunreinigungen mit Schlammkonsistenz schnell abgetrennt werden. Die primäre Entschlammung soll im ersten Fach nahezu beendet sein. Auch die sekundäre Entschlammung, d. h. die Ausscheidung von ausgeflockten Bestandteilen, soll hier schon ihren Anfang genommen haben. Es muss sich daher ein sehr reichlicher Raum für den Schlamm vorfinden. In den übrigen Fächern kann er dagegen geringer sein. Eine wirksame primäre und sekundäre Entschlammung wird hauptsächlich durch die gleichen Massnahmen gefördert, die den volumetrischen Wirkungsgrad verbessern.

Eine Forderung, die an Kleinkläranlagen gestellt werden muss, gegen die aber viel gesündigt wird, ist ihre Dichtheit. Sie hat vom Beginne der Ableitung des Abwassers im Hause bis mindestens zum Verlassen der angewandten Behandlungsanordnungen zu gelten, besser noch bis zum vorgesehenen Vorfluter. Die vorgeschriebene Behandlung eines Abwassers wird nicht erreicht, wenn ein grösserer oder geringerer Teil davon im Boden in kontrollierbarer Weise versickert. Falls man aber beabsichtigt, das Abwasser im Boden versickern zu lassen (Untergrundberieselung), soll dies nur nach genügender Vorbehandlung und auf genau bestimmte Weise geschehen.

### Zweckmässige Ausführung

Die Forderungen, die an einen Abwasserfaulraum gestellt werden müssen, können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Alkalische Gärung; 2. Guter volumetrischer Wirkungsgrad; 3. Gute Entschlammungsbedingungen; 4. Grosser Schlammraum im ersten Fach; 5. Gute Ausflockungsbedingungen; 6. Dichtheit; 7. Wirtschaftliche Grösse.

Wie soll nun ein Faulraum ausgeführt sein, der diesen verschiedenen Forderungen genügt? Das Ergebnis, zu dem der Verfasser gekommen ist, geht aus den Bildern 12 und 13 hervor. Der Raum ist zylindrisch und in vier verschiedene Fächer aufgeteilt, er ist etwa 3 m hoch, während sich der Durchmesser nach der zu reinigenden Abwassermenge richtet.

Das Fach I nimmt im oberen Teil ungefähr die halbe Querschnittsfläche ein. In seinem unteren Teil erstreckt es sich über die gesamte Querschnittsfläche, wobei aber ein etwas kleinerer Teil Ia durch eine Zwischenwand 1 abgetrennt und normalerweise nur durch die verschliessbare Oeffnung 2 mit dem Hauptteil verbunden ist. Die drei anschliessenden Fächer reichen nicht bis zum Boden des Zylinders hinab, sondern werden durch Zwischenböden in mittlerer Höhe abgeschlossen. Unter Beachtung der dargelegten Wirtschaftlichkeitsberechnung ist der Faulraum für mindestens etwa drei Tage — bei einem Anschluss von nur wenigen Personen bis über fünf Tage — rechnerischer Aufenthaltszeit bemessen.

Das in den Abwasserfaulraum einfliessende Abwasser gelangt durch das senkrechte Einlaufrohr 3 ziemlich tief ins Fach I. Hierdurch erreicht man zunächst, dass das Abwasser mit dem abgelagerten Bodenschlamm in Berührung kommt, was, wie schon oben erwähnt, eine günstige Wirkung auf die biologische Ausflockung ausübt. Die Wassergeschwindigkeit im senkrechten Rohr ist gering, so dass eine nennenswerte Aufwirbelung des abgelagerten Schlammes nicht eintritt. Im Fach I strömt das Abwasser vom tief liegenden Einlauf 3 senkrecht nach oben bis zur Ueberlaufkante 4 im oberen Teil, wo es in den Fachteil Ia hinüberströmt. Die aufsteigende Strömung begünstigt die Entschlammung. Wichtiger ist jedoch, dass infolge der Zwischenwand 1 und der ziemlich nied-

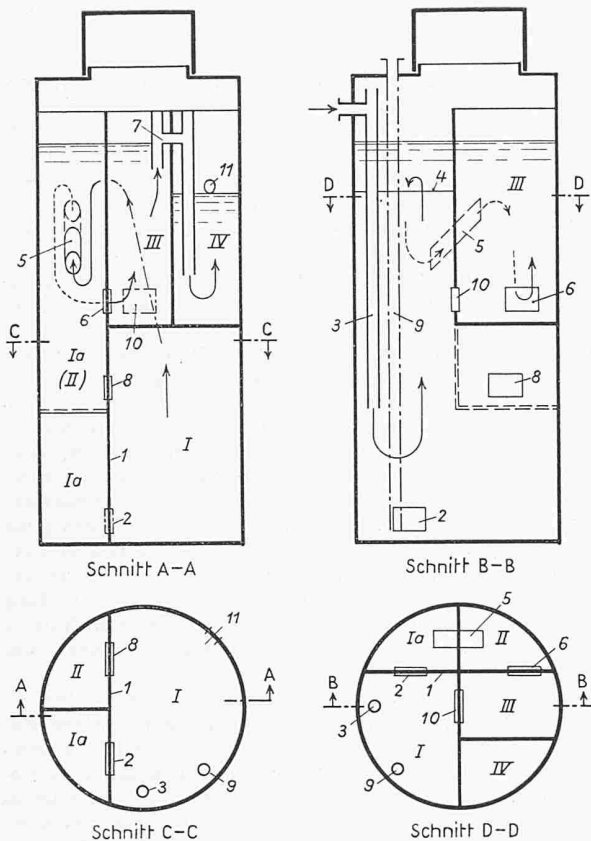
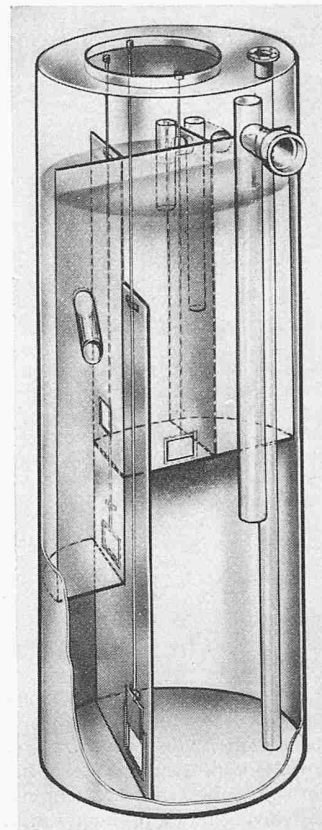


Bild 12 (links). Schnitt und Grundriss der vom Verfasser ausgestalteten Abwasserfaulkammer

Bild 13 (rechts). Perspektivische Darstellung der Abwasserfaulkammer gemäss Bild 12

Legende zu Bild 12

- I, II, III, IV Kammern
- 1 Durchgehende Innenwand
- 2 Bodenschieber in 1
- 3 Einlaufrohr
- 4 Ueberlaufkante zwischen den Kammern I und Ia
- 5 Ueberströmstück zwischen den Kammern Ia und II
- 6 Ueberströmöffnung zwischen den Kammern II und III
- 7 Belüftetes Ueberströmstück zwischen den Kammern III und IV
- 8 Bodenschieber für die Kammer II
- 9 Rohr zur Schlammmentleerung
- 10 Bodenschieber für die Kammer III
- 11 Ablauf für das gereinigte Wasser



rig sitzenden Öffnung 5 zum Fach II im Fach I eine Kombination von aufwärtsgerichteter und abwärtsgerichteter Strömung entsteht. Hiedurch wird gemäss dem vorher Gesagten ein guter volumetrischer Wirkungsgrad im ersten Fach — und ebenso in den folgenden — erzielt, unabhängig vom Verhältnis der Temperatur des einströmenden Abwassers zu demjenigen im Faulraum.

In der Zwischenwand 1 im Fach I ist unten die erwähnte Öffnung 2 mit Schieber angebracht, die zum Ausgleich der Schlammhöhe auf beiden Seiten normal offen sein soll. Bei der Schlammmentleerung, die im ersten Teil des Faches I durch das bis fast zum Boden herabgezogene Rohr 9 erfolgt, soll die Öffnung dagegen geschlossen sein. Hierdurch wird der Faulraum niemals gänzlich von Schlamm entleert. Eine gewisse Menge ganz und teilweise ausgefaulten Schlamm wird zur Impfung des neu hinzukommenden und zur Aufrechterhaltung der alkalischen Gärung zurückgehalten. Wenn der Faulraum zum ersten Mal benutzt wird, muss ihm eine geeignete Bakterienkultur zur Impfung zugeführt werden. Dies kann am besten durch Einbringen von gut ausgefaultem Schlamm erfolgen. Dazu kann aber auch Moor, Kuhdünger oder dgl. benutzt werden.

Dank der alkalischen Verhältnisse bildet sich an der Oberfläche keine Schwimmschlammsschicht von lästiger Dicke. Das dem Schlamm anhaftende Gas, das sein Aufsteigen zur Oberfläche verursacht, wird unter diesen Umständen leicht abgegeben. Der Schlamm sinkt dann allmählich wieder ab. Auf diese Weise findet ein ständiger Austausch zwischen Bodenschlamm und Oberfläche statt.

Im Fach II verläuft die Wasserströmung hauptsächlich diagonal abwärts vom Ueberströmrohr 5 zur Öffnung 6 in der Wand 1. Der Einlauf zu diesem Fach ist auf einer solchen Höhe angeordnet und hat einen so grossen Querschnitt, dass weder Schwimmschlamm noch Bodenschlamm oder in Bewegung befindlicher Schlamm in wesentlicher Menge übergeführt wird. Auch bei Entleerung von Badewannen u. a., wo die grössten Abwassermengen anfallen, beträgt die Geschwindigkeit im Rohr nur wenige Zentimeter pro Sekunde. Das Fach II ist mit einem Bodenschieber 8 versehen, der während des Betriebes geschlossen, bei Schlammmentleerung aber offen sein soll.

Auch das Fach III, in welchem die Hauptrichtung des Stroms diagonal nach oben von 6 nach 7 verläuft, weist einen

Schieber 10 am Boden auf, der bei normalem Betrieb geschlossen, bei Schlammmentleerung offen steht. In diesem Fach könnten noch Steine, Steingutscherben oder ähnliches Material eingebaut werden, um eine möglichst grosse Oberfläche zum Anhaften der hier wirksamen Mikroorganismen zu erhalten. Dabei müsste jedoch für eine genügende Luftdurchspülung gesorgt sein.

Im Fach IV ist die Schlammablagerung so unbedeutend, dass auf eine besondere Entleerungsvorrichtung verzichtet werden kann. Aus verschiedenen Gründen ist die Wasseroberfläche hier etwas niedriger als in den übrigen Fächern. Dies ermöglicht u. a. die Verwendung dieses Faches zur Desinfektion (Chlorierung) des Abwassers. Dadurch wird nicht nur eine effektive Bakterienabtötung, sondern auch eine Oxydierung des Schwefelwasserstoffs und eine Herabsetzung des noch vorhandenen Sauerstoffbedarfs erzielt. Wenn das Gelände ein günstiges Gefälle aufweist, kann der Ablauf am Boden dieses Faches angebracht werden. Alsdann soll es mit ziemlich groben Steinen oder anderem geeigneten Material, über welches das Wasser rieseln kann, gefüllt sein. Das abfliessende Wasser wird auf diese Weise in hohem Grade von Schwefelwasserstoff befreit. Bei nachfolgender Untergrundberieselung kann dieses Fach auch als Verteilungs- und Beschickungskammer benutzt werden.

Die bei der Gärung entstehenden Gase werden in der Regel durch die Ablaufleitung 3 im Gegenstrom zum Abwasser abgeleitet; es ist ja üblich, dass dieses Rohr als Ventilationsleitung über das Dach des betreffenden Hauses hochgezogen wird. Die Gasströmung kann, wenn nötig, durch einen Ventilator verstärkt werden. Gelegentlich kann es vorteilhaft sein, ein besonderes Ventilationsrohr am Faulraum selber anzuschliessen. Irgendwelcher Geruch ist nicht zu befürchten, wenn die Gärung alkalisch ist.

Da der Abwasserfaulraum aus Stahlblech hergestellt ist, hält er vollkommen dicht. Wird er nahe dem zugehörigen Haus angebracht, was stets der Fall sein sollte, so entstehen nur geringe Mehrkosten, um die Eisenrohrleitung bis zum Faulraum heranzuziehen. Auf diese Weise kommt alles Abwasser unter sichere Kontrolle, bis es fertig behandelt ist. Die Ablaufleitung kann verhältnismässig klein bemessen werden. In manchen Fällen erscheint es wünschenswert, auch diese Leitung dicht auszuführen, z. B. aus Eisen oder aus Kunststoffen.

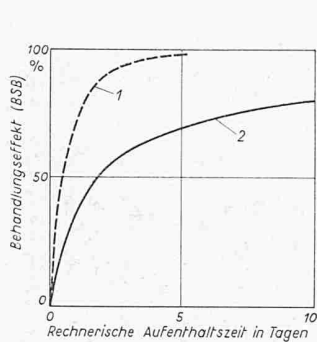


Bild 14. Verlauf der anaeroben Verunreinigungsreduktion in bezug auf organische Substanz; Kurve 1 gemäss den Bildern 6 und 7 (natürliche Verhältnisse); Kurve 2 gemäss Bild 8 (künstliche Abwasserfaulkammer)

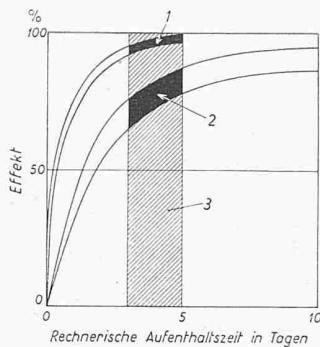


Bild 15. Erreichbarer Behandlungseffekt für die in Bild 12 gezeigte Abwasserfaulkammer, geltend für süd- und mittelschwedische Verhältnisse, d. h. bei gutem Spielraum auch für deutsche Verhältnisse. Feld 1 Bakterienreduktion; Feld 2 Reduktion der organischen Substanz (BSB); Feld 3 Zone für vorherrschende Aufenthaltszeit, die sich mit der Zahl der angeschlossenen Personen verändert.

Der Abwasserfaulraum erfordert keine andere Bedienung als eine periodische Schlammentleerung, die am besten im Spätsommer vorgenommen wird. Dank des reichlich bemessenen Schlammraumes sollte in den meisten Fällen eine Entleerung jedes zweite Jahr genügen. Jedoch ist eine alljährliche Entleerung zu empfehlen, um die Wartung genügend verfolgen zu können.

#### Erreichbarer Effekt

Der Behandlungseffekt des hier beschriebenen Abwasserfaulraumes ist als hoch zu bezeichnen. Dies ist ganz besonders der Fall, wenn die ziemlich einfachen Anordnungen für erhöhte biologische Ausflockung angewendet werden. Wenn man

mit zuverlässigen Ergebnissen rechnen will, ist es sehr umständlich, den Behandlungseffekt durch direkte Untersuchungen zu bestimmen. Der erreichbare Behandlungseffekt dürfte aber mit genügender Sicherheit auf Grund der früheren Untersuchungen über die Reduktionsverläufe festgestellt werden können. In diesem Sinne zeigt Bild 14 einerseits den Behandlungseffekt des vorgenannten Versuchsaufbaues gemäss Bild 8, andererseits die Reduktionswirkung unter natürlichen anaeroben Verhältnissen gemäss den Bildern 6 und 7. Wie ersichtlich, ist der Unterschied zwischen diesen beiden Verläufen beträchtlich.

Es ist allerdings nicht wahrscheinlich, dass der Behandlungseffekt sehr nahe an die obere Kurve herankommt. Man kann aber voraussetzen, dass er dank verbesserter Ausflockung usw. wesentlich höher liegt, als die untere Kurve angibt. Schon das Verbessern des volumetrischen Wirkungsgrades berechtigt, mit besseren Behandlungseffekten zu rechnen als nach dieser Kurve. Der Faulraum ist, wie gesagt, für mindestens drei Tage rechnerischer Aufenthaltszeit bemessen. Im Hinblick auf die verschiedenen Verbesserungen, die hier beschrieben wurden, darf mit einem Behandlungseffekt von 70 bis 80 % in bezug auf den biochemischen Sauerstoffbedarf und von etwa 95 % oder mehr in bezug auf die Colibakterien gerechnet werden, was einer vorsichtigen Annahme entspricht. Der zu erwartende Behandlungseffekt ist auf Bild 15 dargestellt. Dies gilt ziemlich allgemein für gemässigtetes Klima. Für kältere Gebiete muss man mit grösseren Rauminhalten rechnen, um ähnliche Wirkungen zu erzielen.

Ein Behandlungseffekt dieser Grössenordnung ist für die allermeisten Fälle ausreichend. Sollte ein noch höherer Behandlungsgrad erwünscht sein, so wäre es meist unzweckmässig, diesen durch Erhöhung der nominellen Aufenthaltszeit zu bewirken. Es mag wiederholt werden, dass ein Abwasserfaulraum nicht grösser ausgeführt werden soll, als es wirtschaftlich zu verantworten ist. Dagegen ist eine Weiterbehandlung des Abwassers durch Untergrundberieselung oder in Sandfiltergräben zu empfehlen. Man sollte auch daran denken, dass einfache Massnahmen im Vorfluter das Behandlungsergebnis oft wirksam verstärken können.

Adresse des Verfassers: Dr. Gunnar Åkerinadh, Rindavägen 23, Djursholm 2, Schweden

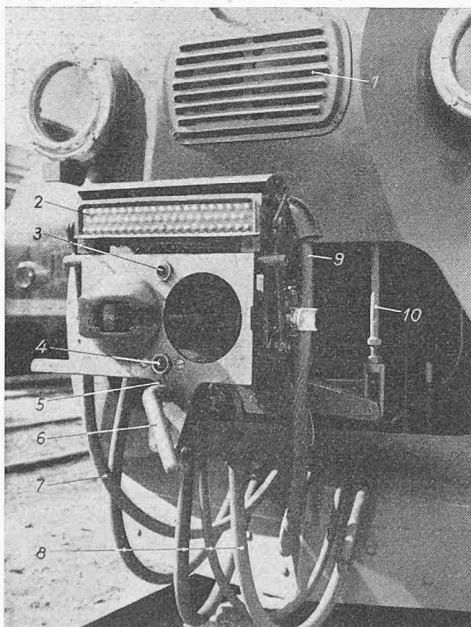


Bild 2. Automatische Mittelpufferkupplung, Typ Scharffenberg

- |                               |                            |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1 Schutzgitter zum Signalhorn | 6 Hauptleitung             |
| 2 Steuerstromkontakte         | 7 Kabel                    |
| 3 Bremsleitung                | 8 Luftschläuche            |
| 4 Bremsleitung                | 9 Kabel                    |
| 5 Entkupplungsleitung         | 10 Aufhängung der Kupplung |

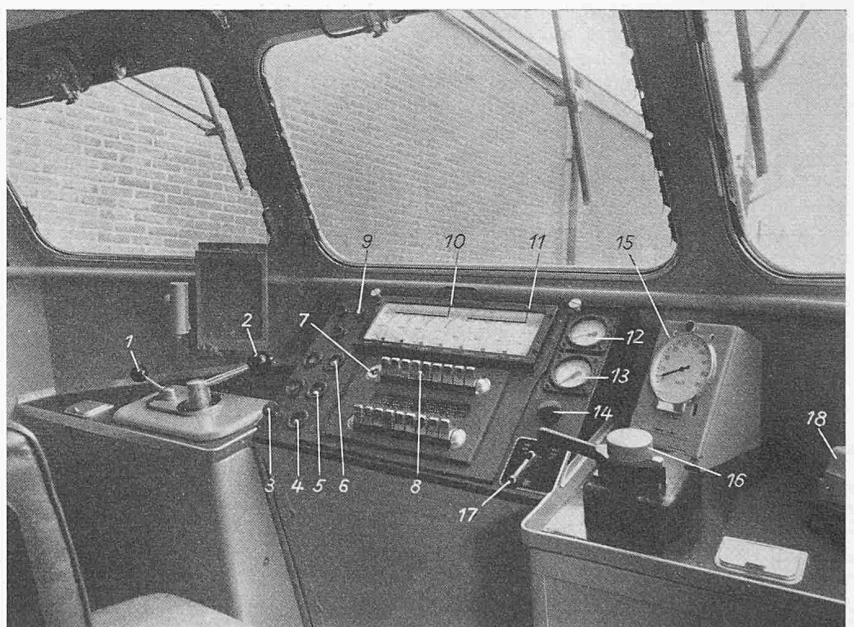


Bild 3. Führerstand des TEE-Zuges NS/SBB

- |   |  |  |
|---|--|--|
| 1 Wendekurbel   | 9 Meldelampe Bremse und Schlupf          | 14 Regulierung der Instrumentenbeleuchtung |
| 2 Fahrkurbel  | 10 Ampèremeter                           | 15 Geschwindigkeitsmesser                  |
| 3 Signalhorn (Typhon)   | 11 Dieselmotor Drehzahlmesser            | 16 Führer-Bremsventil                      |
| 4 Kontrolle Hochdruckbremse   | 12 Manometer zum Bremszylinder           | 17 Hauptschalter Beleuchtung               |
| 5 Anlassen Dieselmotoren  | 13 Manometer zur Haupt- und Bremsleitung | 18 Telefon                                 |
| 6 Abstellen Dieselmotoren   |  |  |
| 7 Blockierungsschalter  |  |  |
| 8 Schalter für Steuerstrom, Kompressoren, Beleuchtung, Heizung und dgl. |  |  |