

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-

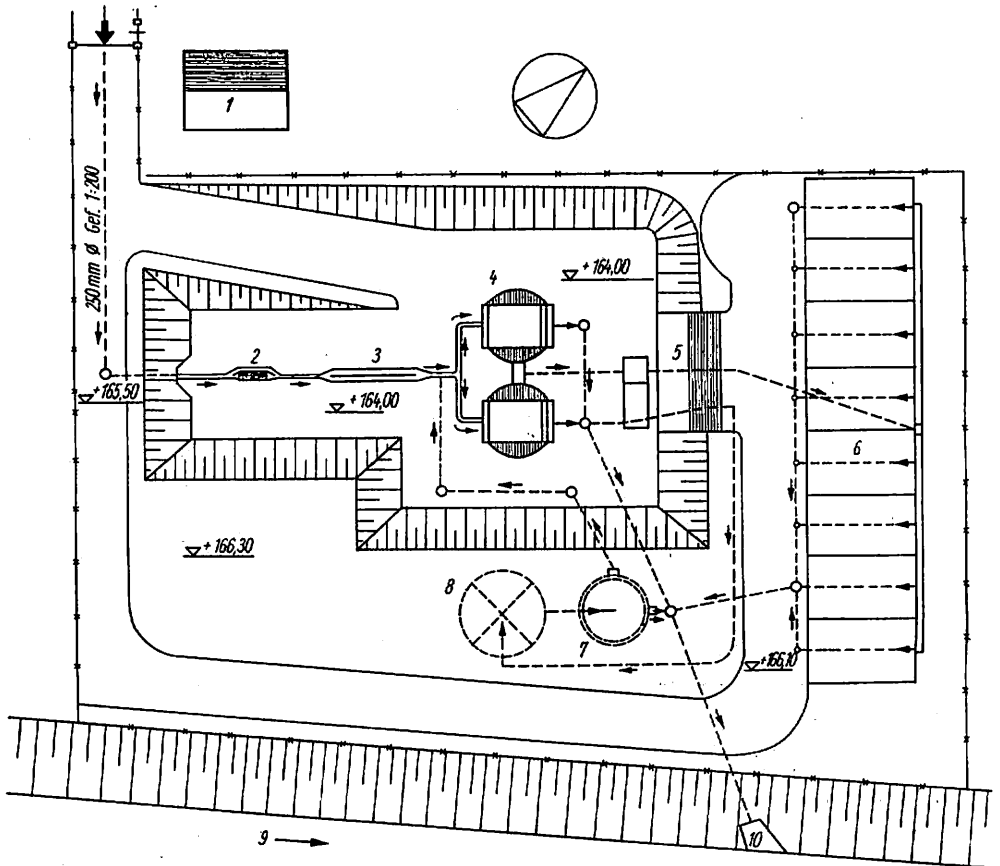


Bild 17. Lageplan einer Kläranlage

1 Wärterwohnhaus, 2 Rechen, 3 Sandfang, 4 Emscherbrunnen, 5 Pumpenhaus, 6 Schlamm-trocken-beete, 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, Ausfaulen 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).

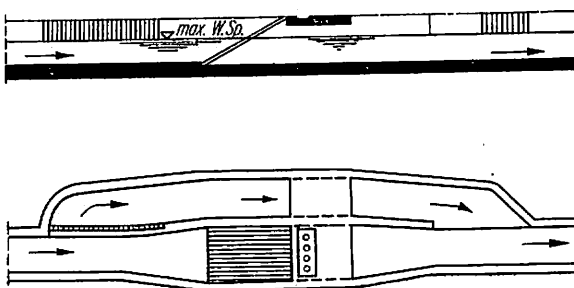


Bild 18. Grobrechen mit Umlauf

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),

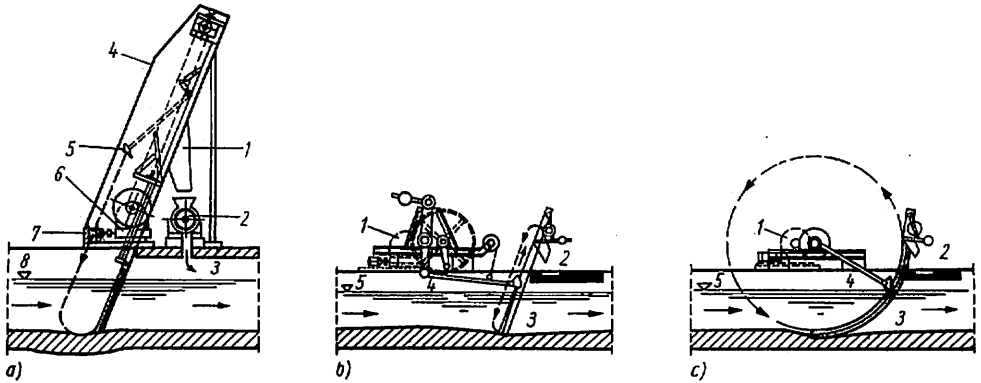


Bild 19. Feinrechen mit maschineller Beräumung

a) Geräterechen mit Zerkleinerer

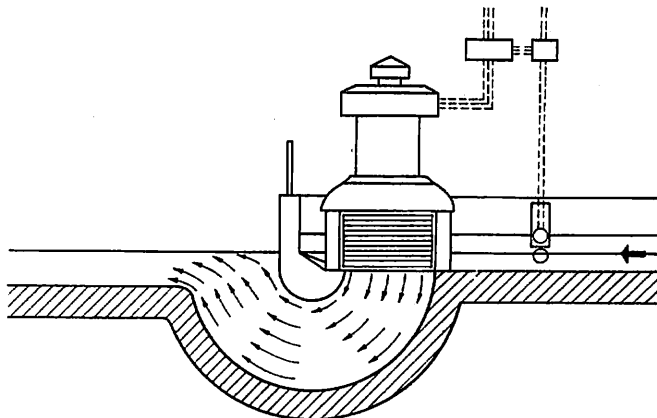
1 Abwurfschurre, 2 Zerkleinerer, 3 zerkleinertes Rechengut, 4 Blechverkleidung, 5 Greifer in Leerfahrt, 6 Räumfahrt, 7 Rechenantrieb, 8 Wasserspiegel

b) Pendelrechen

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

c) Bogenrechen

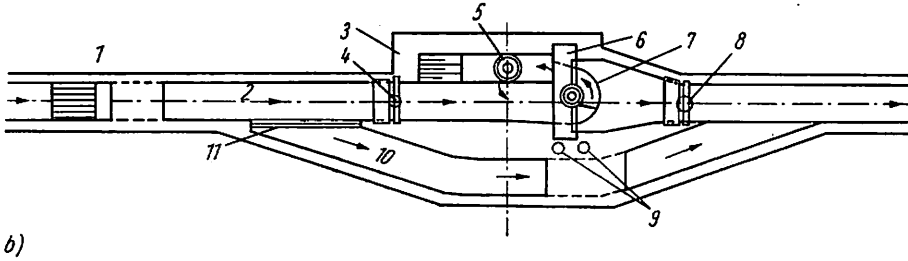
1 Antrieb, 2 Abstreifer, 3 Rechen, 4 Harke, 5 Wasserspiegel



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 Schlitzte 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.

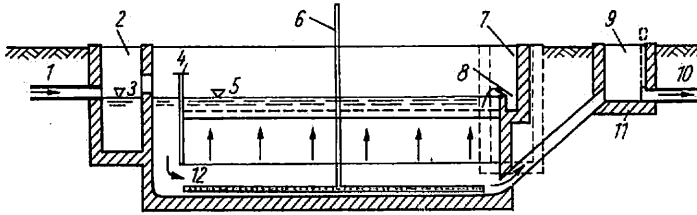


Bild 21. Belüfteter Leichtstoffabscheider

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.

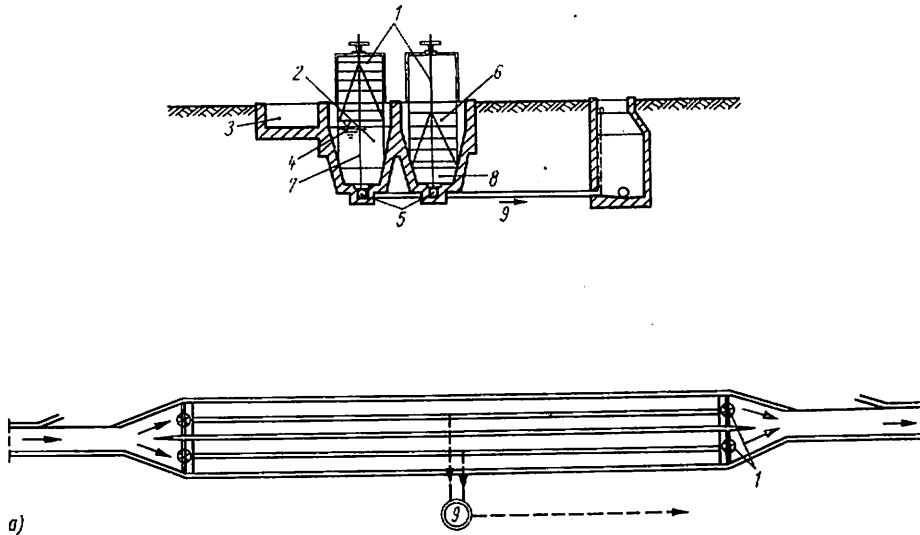
Zu diesem Zweck wird die Fließgeschwindigkeit durch Erweiterung des durchflossenen Querschnitts stufenweise herabgesetzt.

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 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.

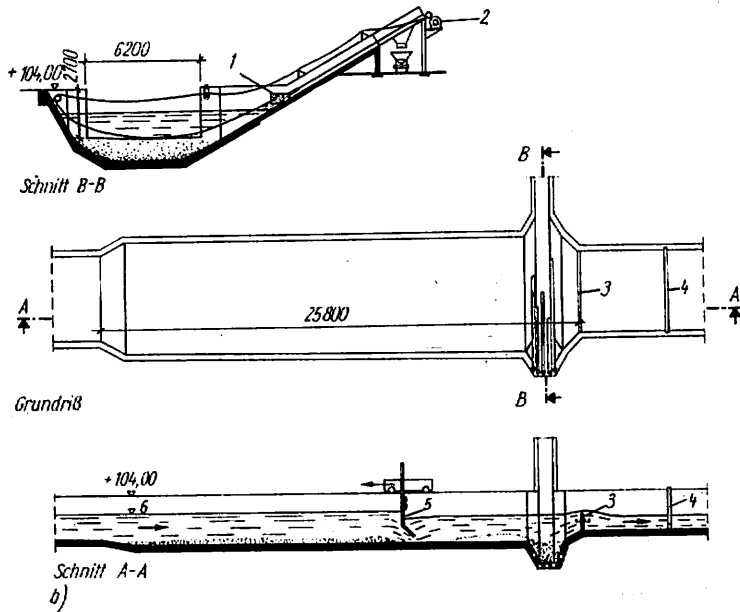


a)

Bild 22. Sandfänge

a) Langsandfang, Querschnitt und Grundriß

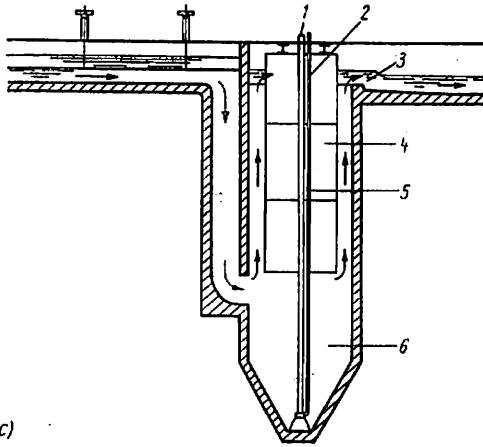
1 Absperrschütze, 2 im Betrieb, 3 Umlaufgerinne, 4 max. Trockenwetterwasserspiegel, 5 Drainage, mit Ziegelflachsicht abgedeckt, 6 außer Betrieb, 7 Durchflußquerschnitt, 8 Sandkammer, 9 Entleerung



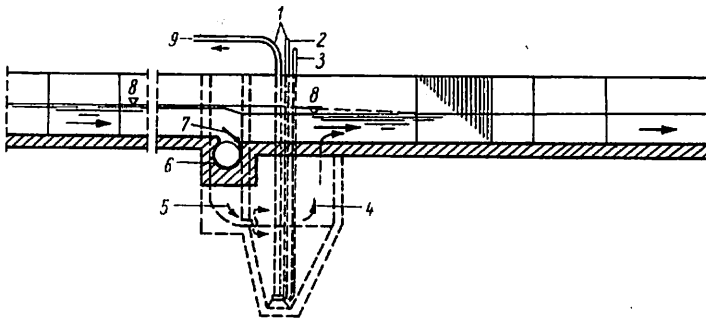
b)

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

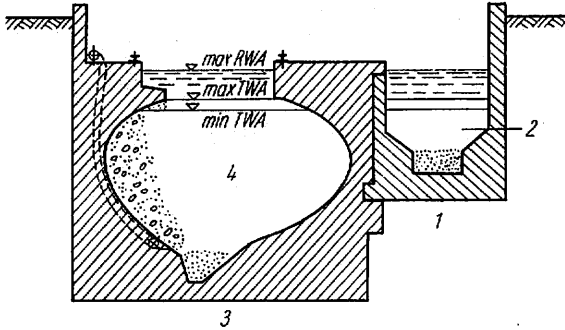
1 Druckluftheber, 2 Druckluftleitung, 3 Druckluftspüleleitung, 4 Absetztrichter für Sand, 5 Zulaufrinne, 6 Quereinne, 7 verstellbare Klappe, 8 Wasserspiegel, 9 Sandableitung

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 Grobentsandung 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

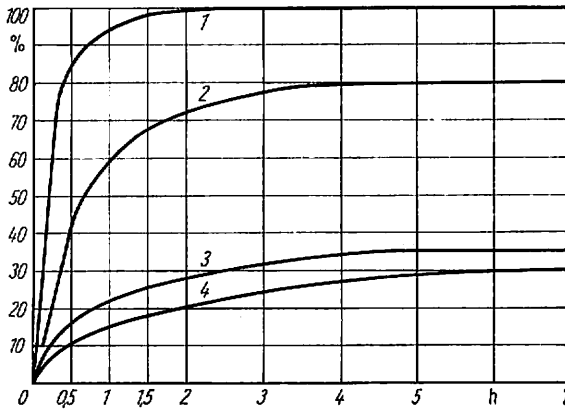


Bild 23. Absetzkurve nach Sierp

1 absetzbare Stoffe, 2 Gesamt-Schwebstoffe, 3 biochemischer Sauerstoffbedarf, 4 KMnO₄-Verbrauch

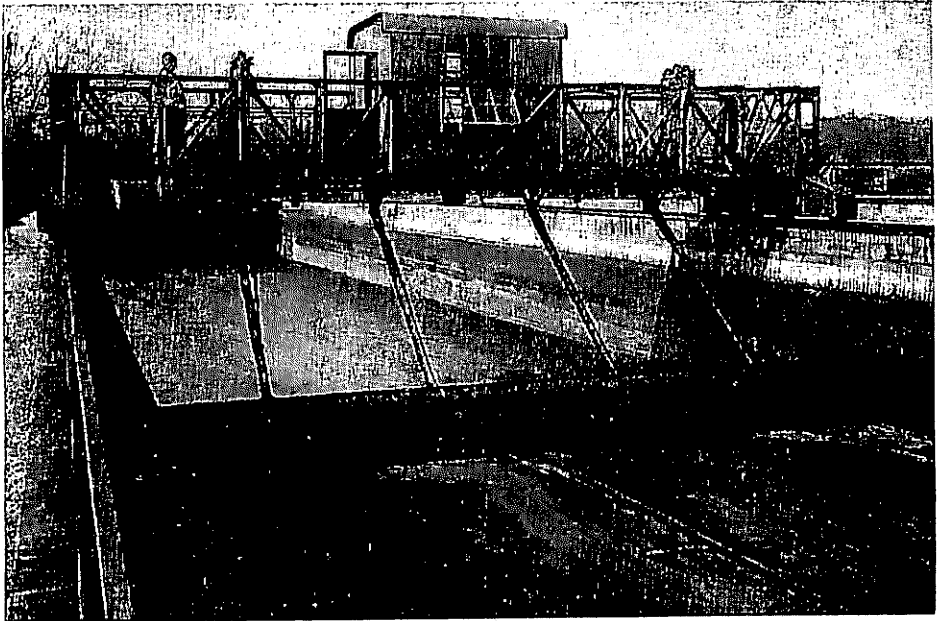
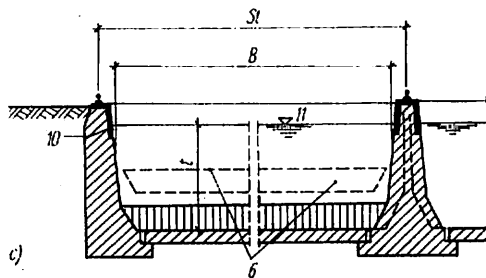
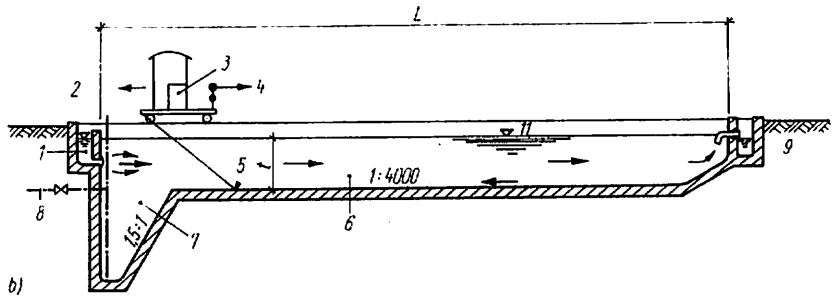


Bild 24. Rechteckiges Absatzbecken mit Schlammräumer
a) Ansicht



b) Längsschnitt

c) Querschnitt

- 1 Zulauf, 2 Räumfahrt, 3 Räumwagen,
4 Leerfahrt, 5 Räumtisch, 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.

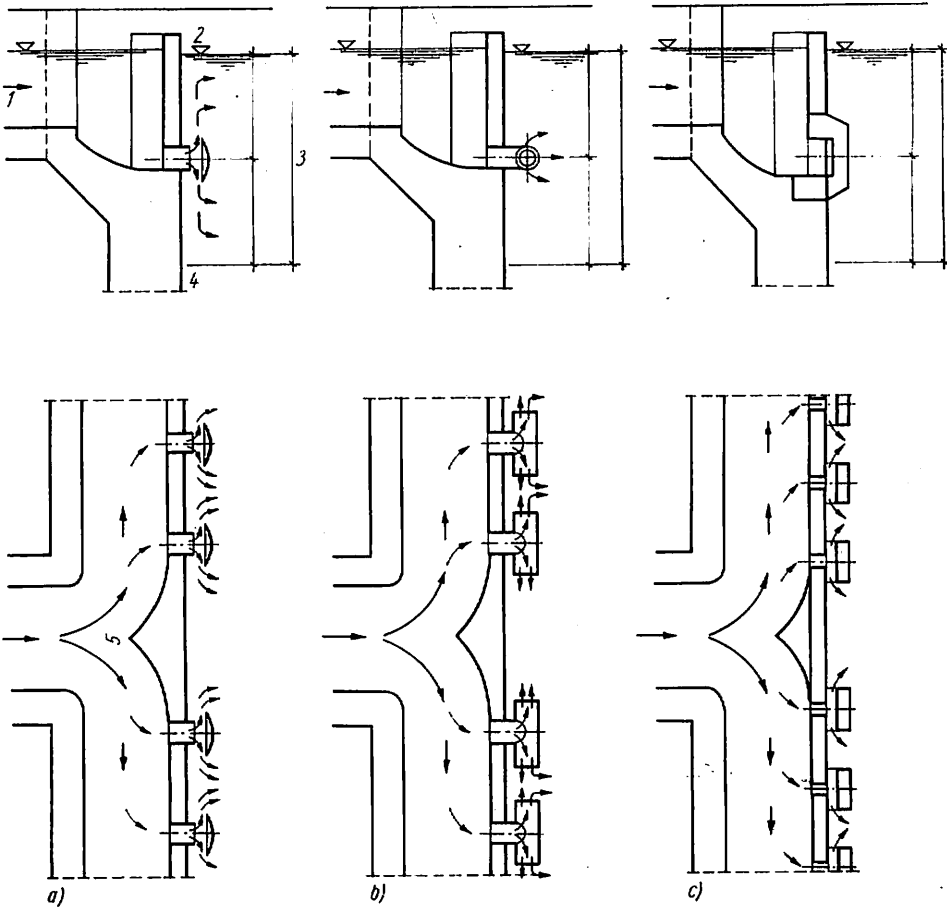


Bild 25. Einläufe für Absetzbecken

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 Querfahrbühne 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).

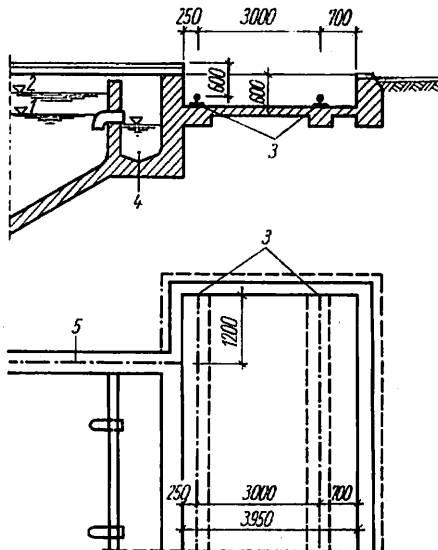


Bild 26. Anordnung der Grube für Querfahrbühne (Schnitt und Draufsicht)

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

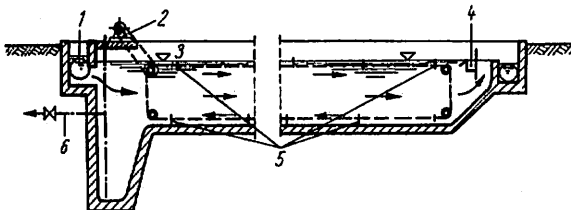


Bild 27. Rechteckiges Absetzbecken mit Bandkratzer

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.

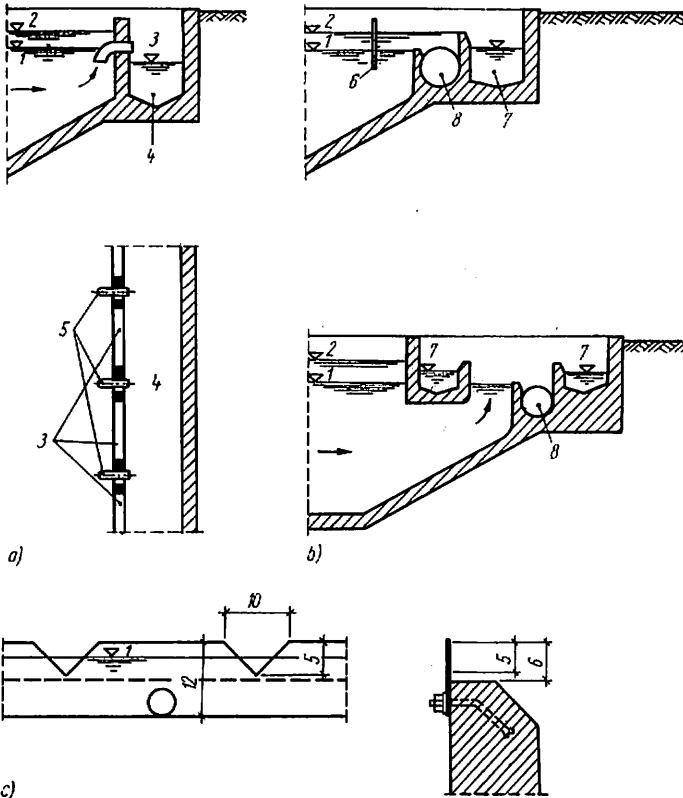


Bild 28. Abläufe für Absetzbecken

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.

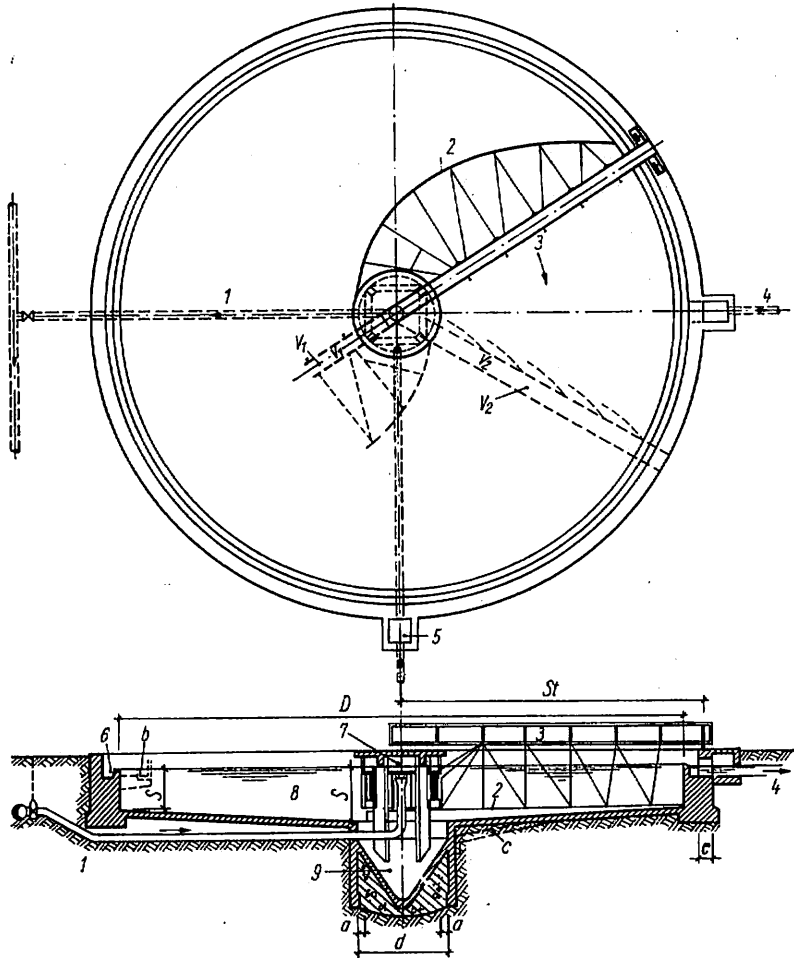


Bild 29. Rundes Absetzbecken mit Schlammräumer

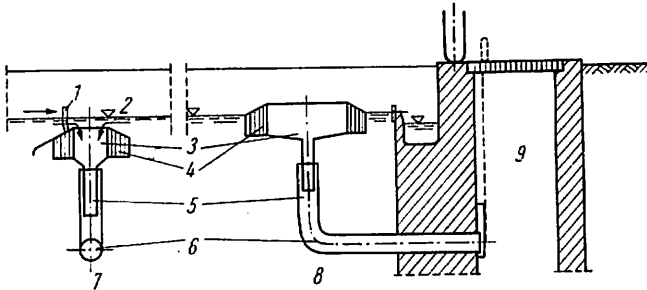
1 Zulauf, 2 Räumschild, 3 Räumbrücke, 4 Ablauf, 5 Schlammablaßschacht, 6 Überlauftrinne, 7 Einlauf-turm, 8 Absetzraum, 9 Schlammraum

D lichter Beckendurchmesser, S_f 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 Schlammräumkran (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 Vorräumchild, V_2 Räumbrücke mit Jalousie- oder Streifenräumchild

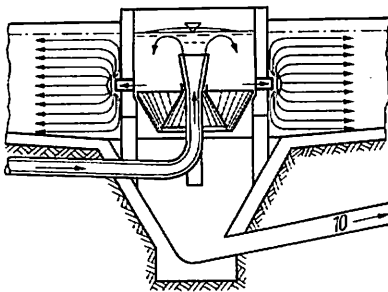
Dies ist besonders bei automatisch betriebenen Räumwagen erforderlich, da diese nicht selbständig die Höhe des Schwimmschlammschildes regulieren können. Der Ablauf muß also mit steigender Menge seinen Durchflußquerschnitt vergrößern, z. B. durch eine Zahnschwelle mit Dreieckkerben oder durch zusätzliche 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 Schwimmschlambeseitigung 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 abgelassen.



a)



b)

Bild 30. Schlammablaß

a) Schwimmschlamm

b) Grundschlamm

1 Schwimmschlammrütumschild, 2 Wasserspiegel, 3 Einlauf, 4 Schwimmkörper, 5 Teleskoprohr, 6 Ablaufleitung, 7 Ablaufstellung, 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).

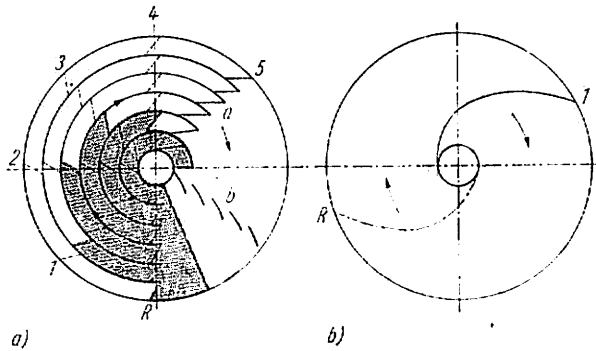


Bild 31. Räumungsvorgang im Rundbecken

a) Streifenräumer

b) Spirälräumschild

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

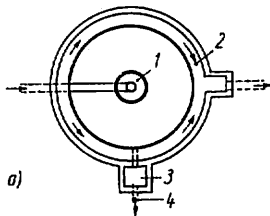


Bild 32. Trichterabsetzbecken

a) Grundriß

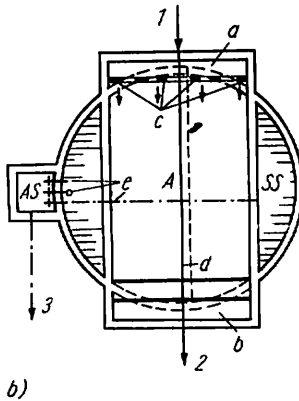
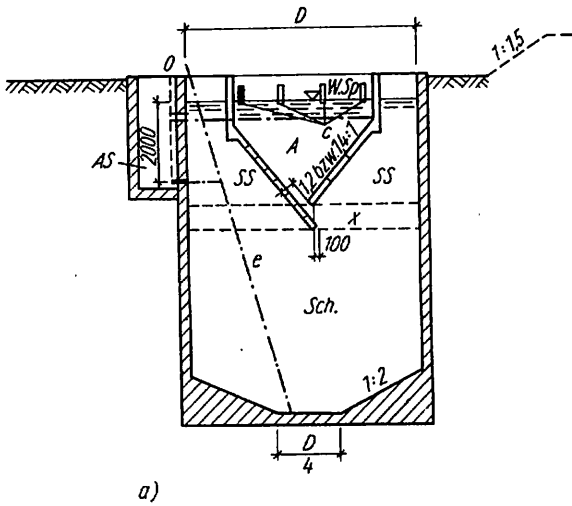
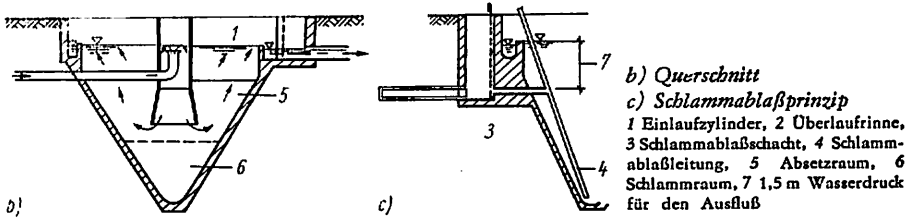


Bild 33. Zweistöckiges Absetzbecken

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° 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.

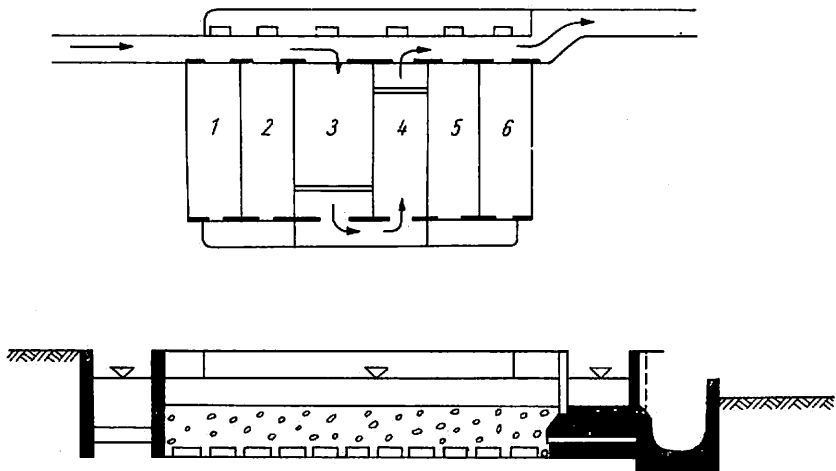


Bild 34. Sickerbecken

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.

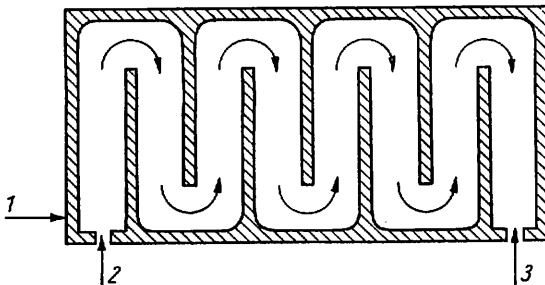


Bild 35. Mischgerinne
1 Kalkmilch, 2 Zulauf, 3 Ablauf

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

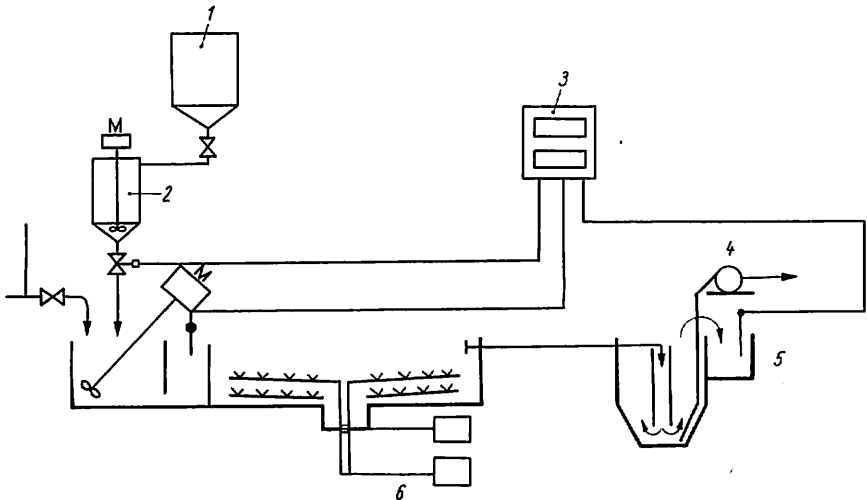


Bild 36. Neutralisationsanlage

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.

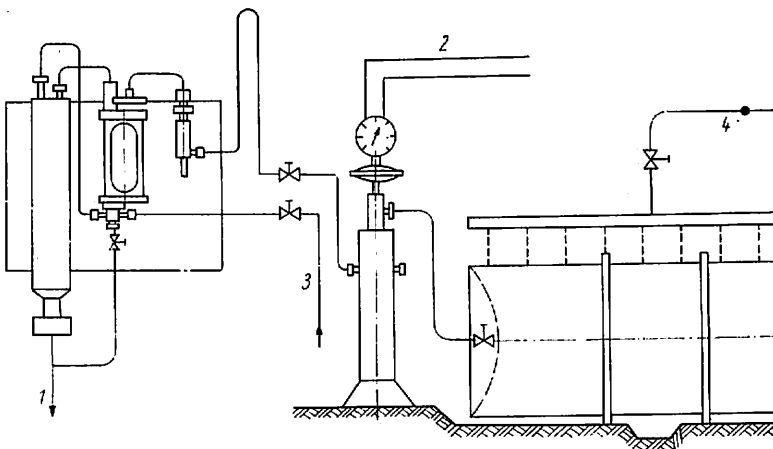


Bild 37. Chlormischapparat

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 ₂ O ₅)	Kali (K ₂ 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 *Wasserverwert* 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.

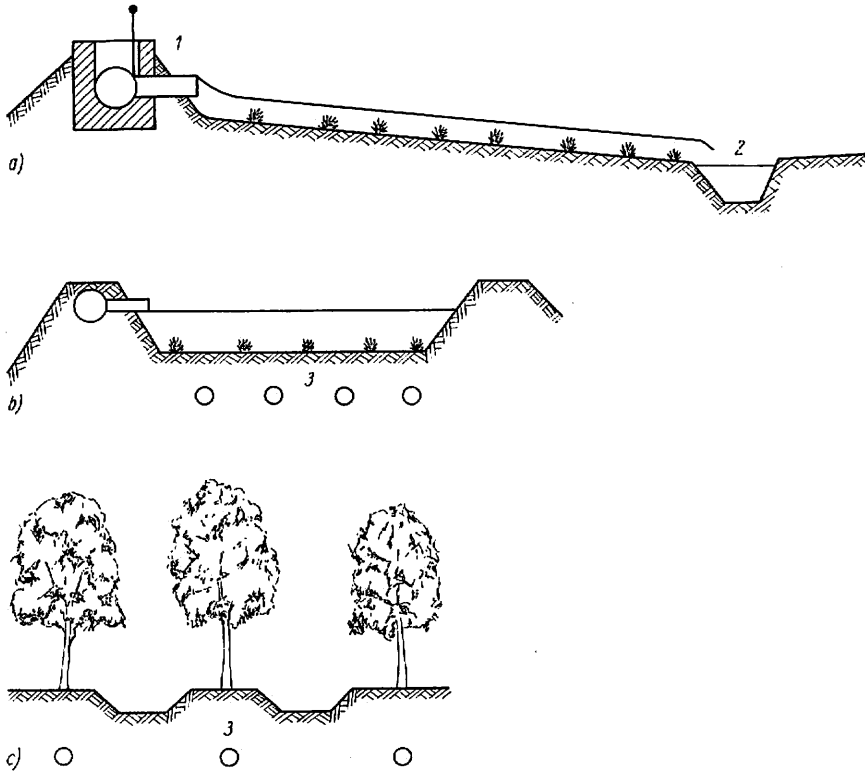


Bild 38. Versickerungsbeispiele

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 Würmern, 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 BSB₅-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 (BSB₅-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 km²/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 Filtrierer 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_5 -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

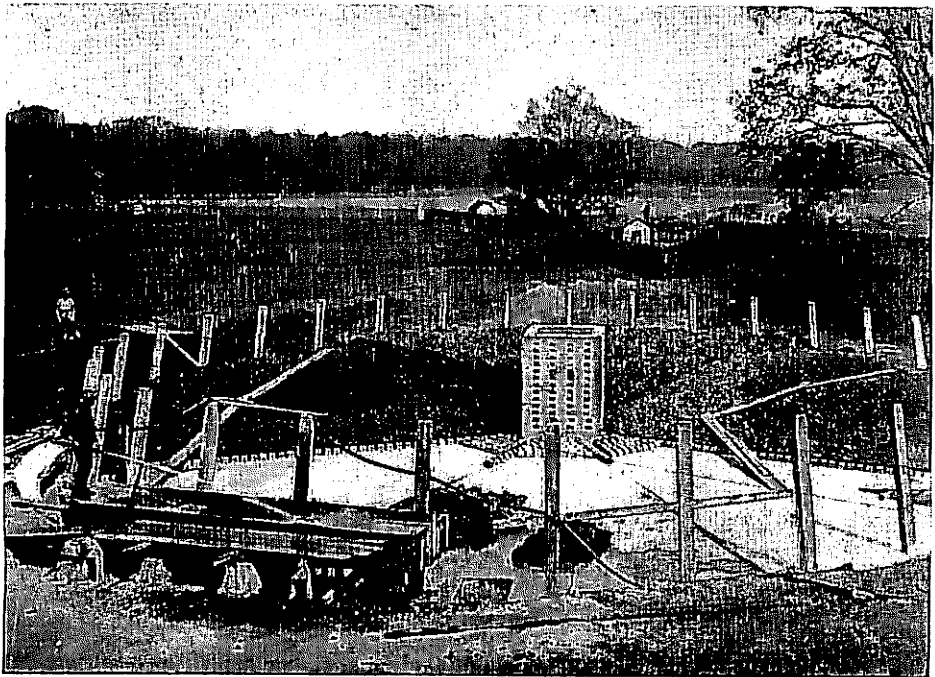
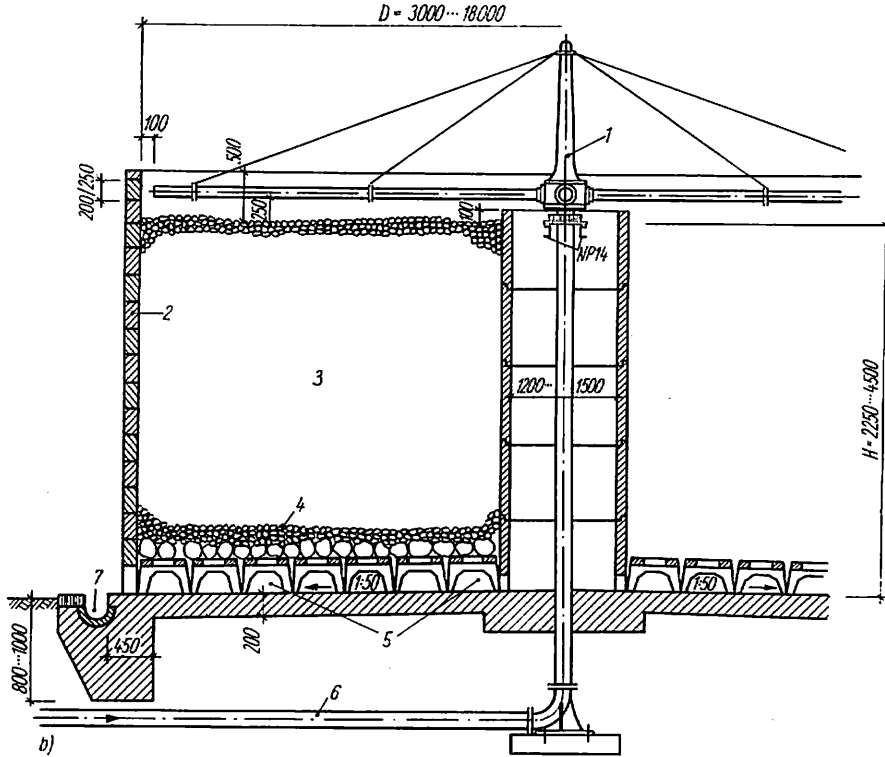


Bild 39. Tropfkörper
a) im Bau befindlich



b) Querschnitt

- 1 Drehsprenger, 2 Tropfkörpermaul aus Segmentsteinen 51/24/15, 3 Brockenfüllung, 40 ... 60 mm Dmr.,
4 Stützsicht, 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.

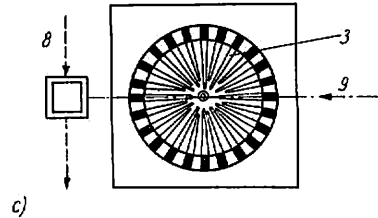
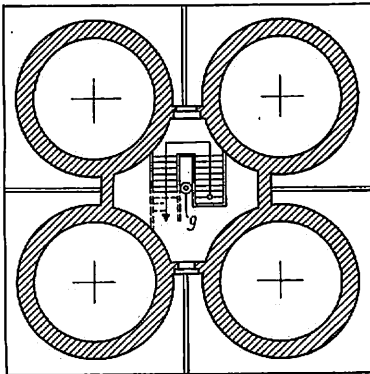
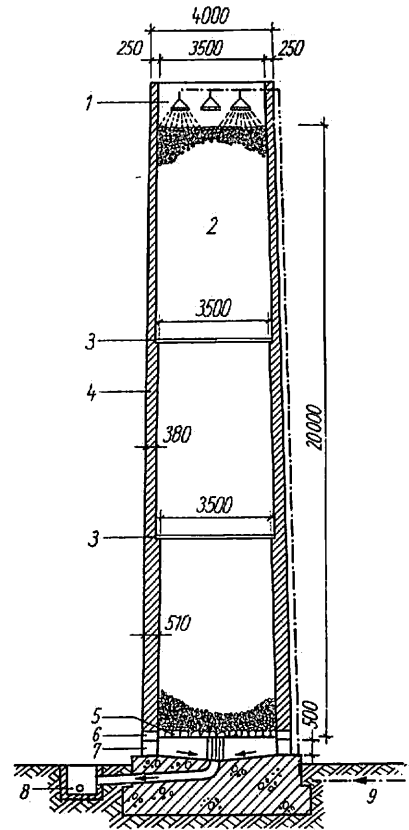
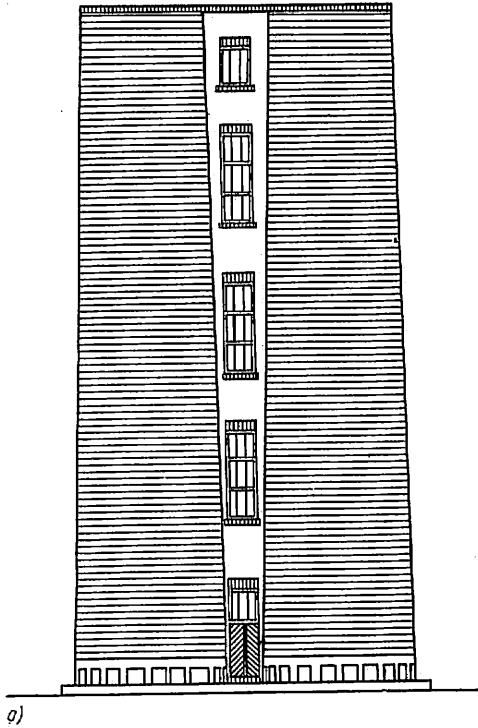


Bild 40. Turmtropfkörper

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

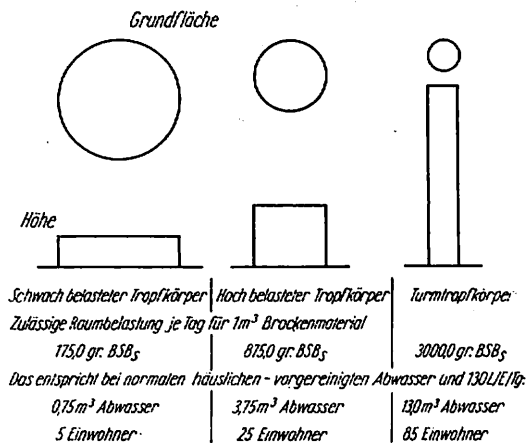


Bild 41. Größenverhältnisse und Belastungen von Tropfkörpern

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-

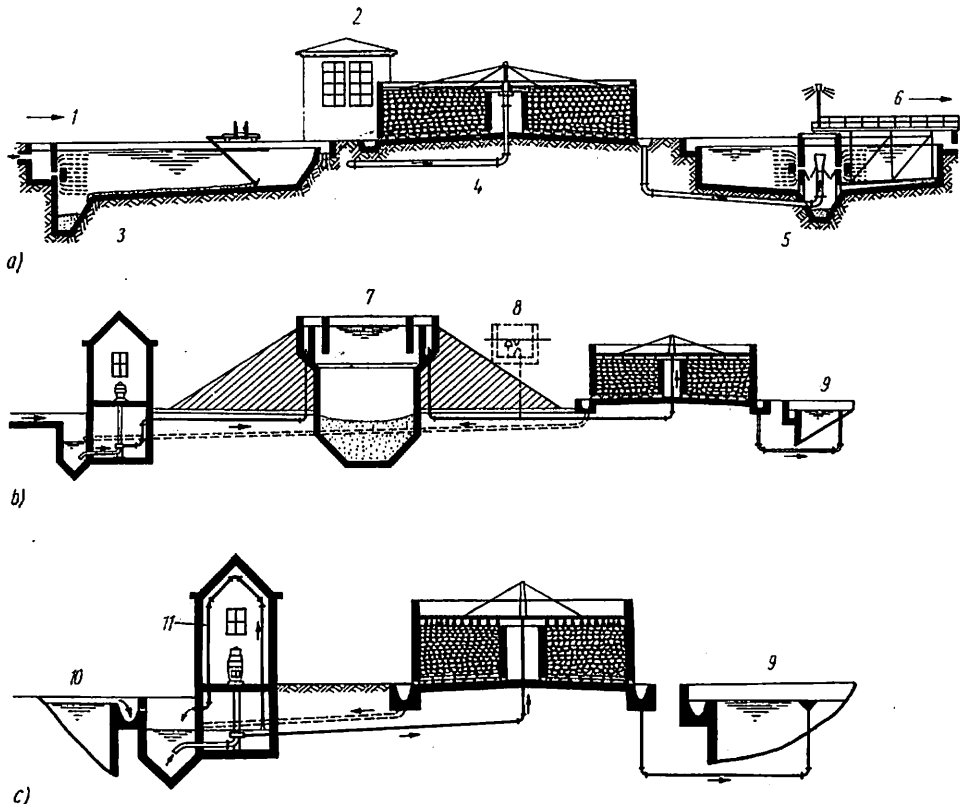


Bild 42. Kombinationen von Tropfkörpern mit anderen mechanischen Anlagen

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 Absatzbecken, 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.

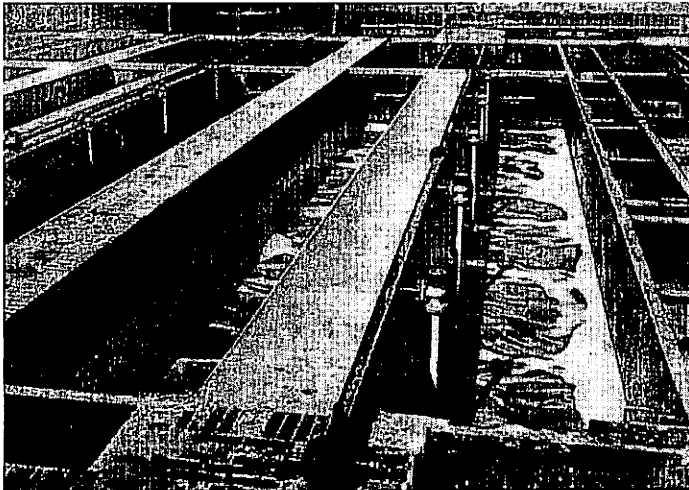
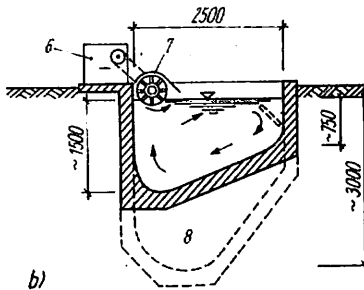


Bild 43. Belüftungsbecken
a) Ansicht

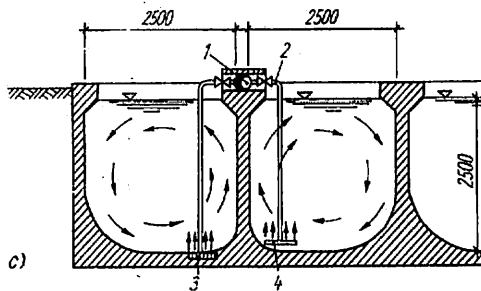
Beim Belebtschlamm-Verfahren wird die Luft künstlich in den Abwasserstrom eingeblasen oder eingeschlagen.

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.

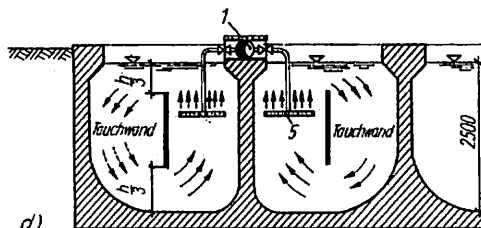
Der Durchfluß eines Wassertropfens soll auf einer Schraubenlinie zum Ablauf hin erfolgen. Die Geschwindigkeit darf nicht kleiner als 0,3 m/s sein, da sonst Schlammablagerungen entstehen, die schnell in Fäulnis übergehen. Da die Fließbewegung in Längsrichtung meist sehr gering ist, erzielt man die erforderliche 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)

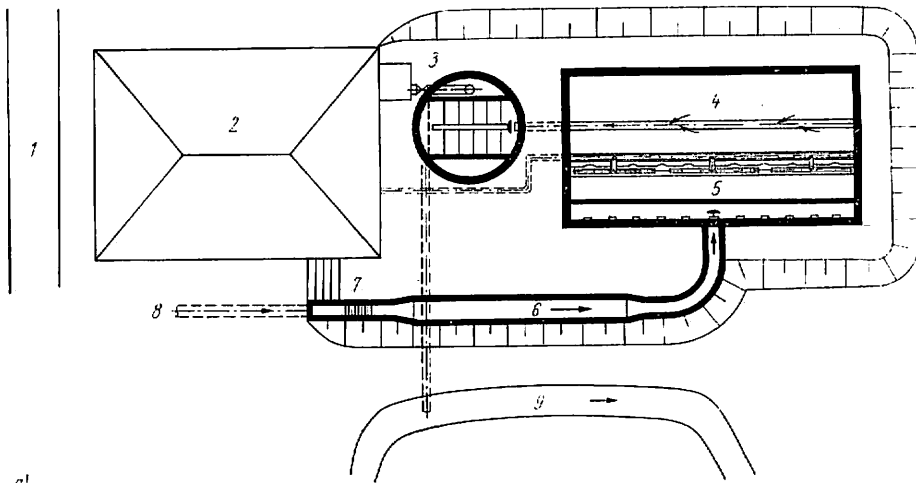
b) Querschnitt eines Belüftungsbeckens
c) Querschnitt eines Belüftungsbeckens mit Tauchwand (Inka-Verfahren)

d) Querschnitt eines Belüftungsbeckens mit Stabwalzenbelüftung

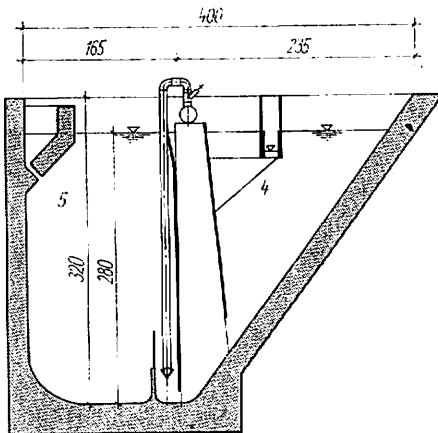
1 Druckluftleitung, 2 Druckluftleitung,
3 Belüftungskästen, 4 gelochte Belüftungsröhre, 5 Belüftungsgitter aus gelochten Rohren,
6 Antrieb, 7 Stabwalze, 8 frühere Beckenform

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.

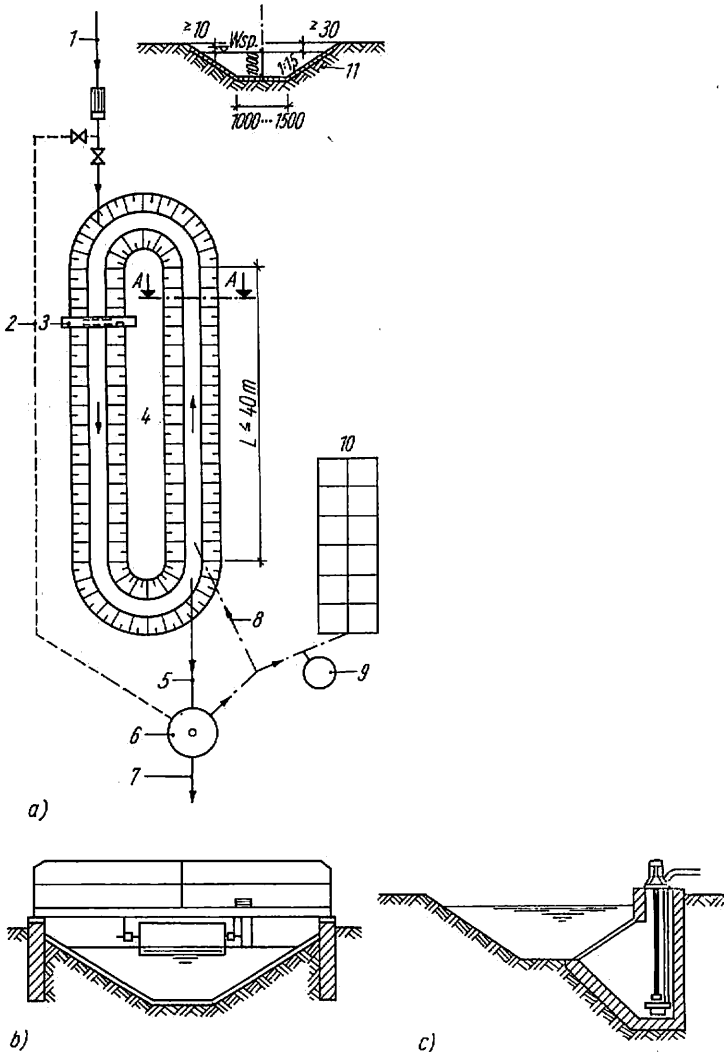


Bild 45. Oxydationsgraben

a) Lageplan einer Abwasserreinigungsanlage mit einfachem Oxydationsgraben und Nachklärung

b) Belüftungswalzenbrücke

c) Schlammfalle

1 Zulauf, 2 Umlauf, 3 Belüftungsbrücke, 4 Oxydationsgraben, 5 Ablauf, 6 Dortmundbrunnen, 7 Klarwasser, 8 Belebtschlammrückführung, 9 Überschussschlammfalle, 10 Schlammfalle, 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 m³ 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 (NH_4OH), 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- gehalt in g/E d	Feststoff- gehalt in %	Wassergehalt in %	Schlammmenge in l/E d $\left(\frac{a}{b} \cdot \frac{100}{1000}\right)$
A. Absetzanlagen mit Faulraum				
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
B. I. Schwach belastete Tropfkörper mit Faulraum				
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
B. II. Hochbelastete Tropfkörper mit Faulraum				
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
C. Belebungsanlage mit Faulraum				
13. Frischer, gepumpter Überschussschlamm	31	0,7	99,3	4,43
14. Überschussschlamm, wie er sich nach halbstündigem 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

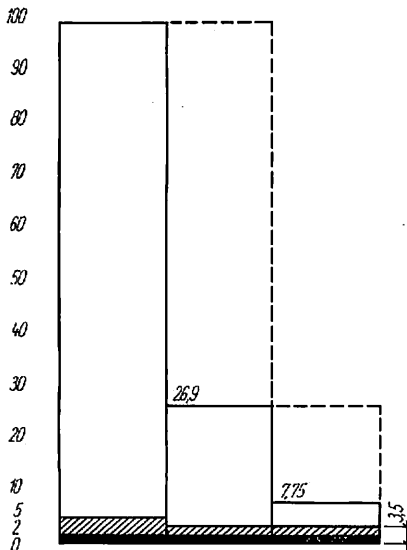


Bild 46. Darstellung der Abnahme des Schlammvolumens im Faulraum und auf dem Trockenplatz

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

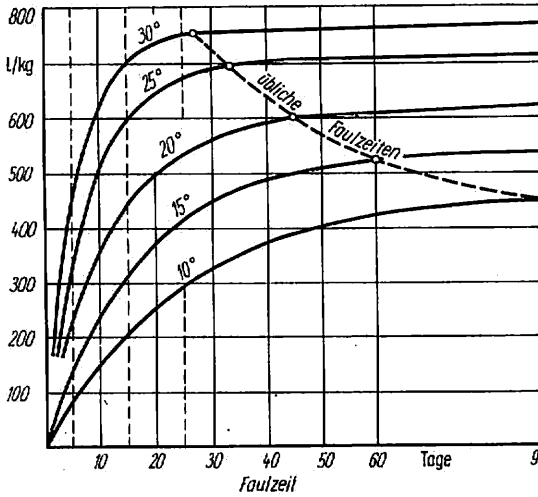


Bild 47. Darstellung des Einflusses der Temperatur auf die Faulzeit

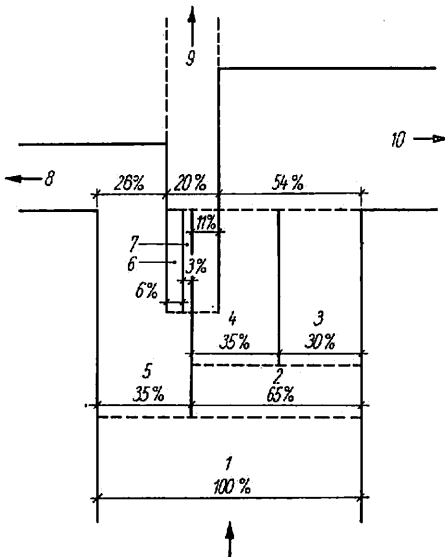


Bild 48. Darstellung der Ausnutzung von Energie in einer Faulgaskraftanlage

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

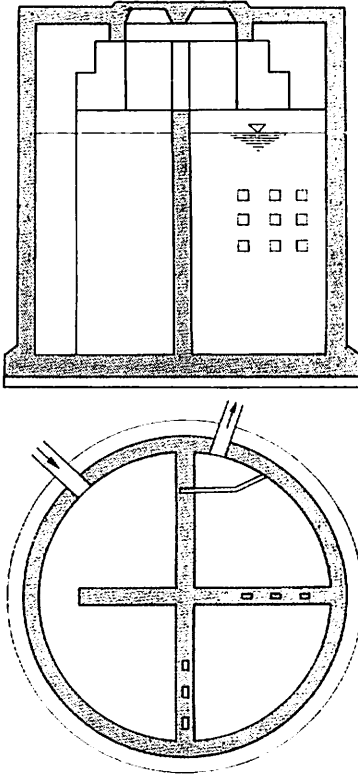


Bild 49. Dreikammerfäulgrube

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-

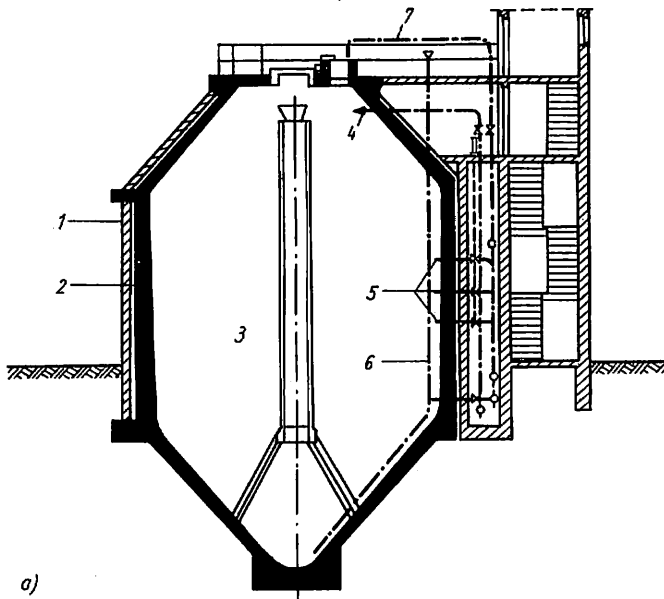
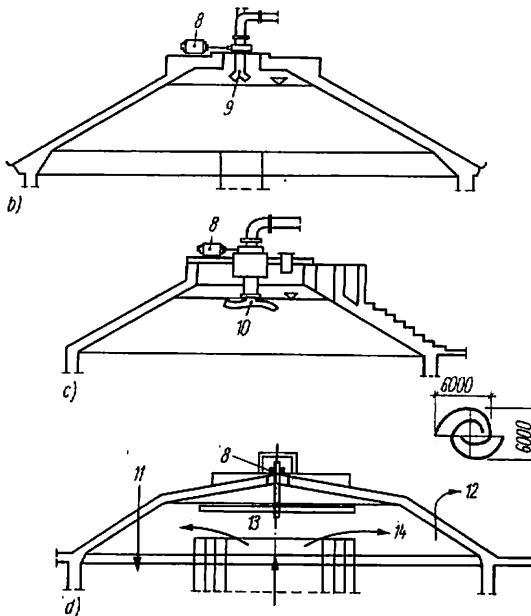


Bild 50. geschlossener Schlammfaulraum
a) Querschnitt



- b) Frischschlammführung und Schwimmdeckenzerstörung durch rotierendes Hosenrohr*
 1 Schutzschicht, 2 Wärmedämmschicht, 3 Doppelmantelheizzyylinder, 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) Faulraumbeschickung 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

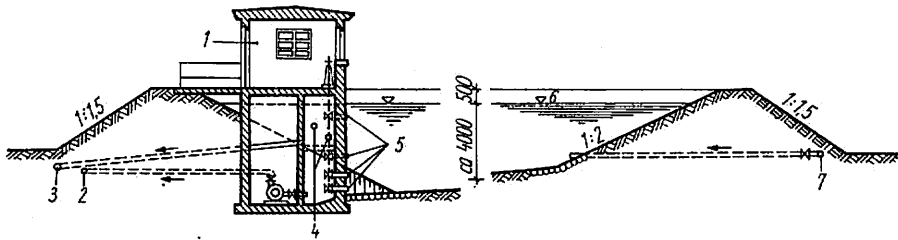


Bild 51. Erdfaulbecken

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

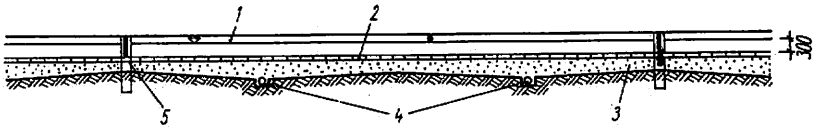


Bild 52 Schlamm-trocken-beete

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-trocken-beeten* (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!