

2.2. Die Abwasserbehandlung in einer mechanischen Kläranlage

2.2.1. Aufgabe und Ziel der Abwasserbehandlung

Nach dem „Gesetz über den Schutz, die Nutzung und die Instandhaltung der Gewässer und den Schutz vor Hochwassergefahren – Wassergesetz –“ vom 17. April 1963, Gesetzblatt Teil I Nr. 5 1963 gehört die *Abwasserableitung und -behandlung* zu den wasserwirtschaftlichen Hauptaufgaben in der Deutschen Demokratischen Republik. Danach soll die Abwasserbehandlung vorwiegend

„dem Schutz der Gewässer vor Verunreinigung, dem Schutz der Gesunderhaltung und Erholung der Bevölkerung, der Sicherung der Fischereiwirtschaft sowie der Vermeidung volkswirtschaftlicher Schäden“

dienen. Es sind vorzugsweise solche Verfahren der Abwasserreinigung anzuwenden, bei denen Abwasserinhaltsstoffe zurückgewonnen bzw. weiter genutzt werden (z. B. bei der Abwasserlandbehandlung).

Die *Sanierung* der teilweise mit Abwässern überlasteten Gewässer erfordert in den nächsten Jahren ganz erhebliche bauliche und finanzielle Anstrengungen. Neben der Abdeckung des großen Nachholebedarfes bei der Errichtung von Abwasserbehandlungsanlagen wird im „Gesetz über den Schutz, die Nutzung und die Instandhaltung der Gewässer und den Schutz vor Hochwassergefahren – Wassergesetz –“ gefordert, daß künftig schon bei *Inbetriebnahme* aller neuen Produktionskapazitäten und Wohnkomplexe eine *ordnungsgemäße Abwasserbehandlung* gewährleistet ist. Anderenfalls wird die Inbetriebnahme neuer Einrichtungen untersagt.

Eine Abwasserkläranlage muß auch dann gebaut werden, wenn die örtlichen Verhältnisse die Einrichtung einer landwirtschaftlichen Abwasserverwertungsanlage ermöglichen. Nach TGL 6466 muß häusliches Abwasser, bevor es landwirtschaftlich genutzt wird, in einer *mechanischen Kläranlage* mit $1\frac{1}{2}$ Stunde Absetzzeit behandelt werden. Ziel dieser Vorbehandlung ist es, das Abwasser zu entsanden und zu entschlammern.

2.2.2. Beschaffenheit des Abwassers

Kläranlagen werden nicht wie das Kanalisationsnetz für den maximalen Stundenabfluß, sondern nur für den *mittleren Schmutzwasserabfluß* der 12 Tagesstunden von 8 bis 20 Uhr bemessen (siehe Abb. 1, S. 64). Neben der abgeleiteten Abwassermenge ist jedoch beim Entwurf einer Behandlungsanlage auch der *Schmutzgehalt* zu beachten. Die Menge der Abwasserinhaltsstoffe je Einwohner ist nahezu konstant, während sich ihre Konzentration mit dem Wasserverbrauch ändert. Nach Imhoff hat häusliches Abwasser aus Städten (ohne stärkere gewerbliche Verschmutzung) im Mittel eine Zusammensetzung entsprechend den Angaben in Tabelle 6.

Es wird hiernach unterschieden zwischen:

- mineralischen Schmutzanteilen und
- organischen, d. h. fäulnisfähigen Schmutzanteilen im Abwasser.

Die *fäulnisfähigen Stoffe* lassen sich auch durch den *biochemischen Sauerstoffbedarf* nach 5 Tagen (abgekürzt BSB₅) ausdrücken.

Tabelle 6

Zusammensetzung häuslichen Abwassers in g je Einwohner und Tag

	mineralisch	organisch	gesamt	BSB ₅
Absetzbare Schwebstoffe	20	40	60	19
Nicht absetzbare Schwebstoffe	10	20	30	12
Gelöste Stoffe	50	50	100	23
Summe aller Stoffe	80	110	190	54

¹ Biochemischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen

Der BSB₅ gibt die Sauerstoffmenge in g bezogen auf die tägliche Abwassermenge eines Einwohners an, die von den Bakterien bei 20 °C in den ersten 5 Tagen zum Abbau (Oxydation) der organischen Inhaltsstoffe benötigt wird.

Gewerbliche und industrielle Abwässer werden hinsichtlich ihrer organischen Verschmutzung mit dem BSB₅ des häuslichen Abwassers verglichen; ihr Schmutzwert wird in sogenannten *Einwohnergleichwerten* (EGW) angegeben. Dabei entspricht einem EGW ein BSB₅ von 54 g/Einwohner und Tag.

Im Hinblick auf ihr physikalisches Verhalten wird die *Gesamtverschmutzung* eingeteilt in:

- absetzbare Schwebstoffe (Schmutzstoffe, die in zweistündiger Absetzzeit ausgeschieden werden),
- nicht absetzbare Schwebstoffe (feinere Schmutzstoffe, die eine längere Absetzzeit benötigen),
- gelöste Stoffe.

In Zukunft wird die landwirtschaftliche Abwasserverwertung immer mehr an Bedeutung gewinnen. Aus diesem Grunde sind die anfallenden Abwässer in möglichst großem Umfang der landwirtschaftlichen Verwertung zuzuführen.

Tabelle 7

Nährstoffgehalt städtischen Abwassers in Abhängigkeit von der Abwasserbehandlung (nach Schulz-Falkenhain)

Art der Abwasserbehandlung	g/Einwohner täglich		
	Stickstoff	Phosphorsäure	Kali
Unbehandeltes Abwasser	12,8	3,5	7,0
Mechanisch behandeltes Abwasser	11,6	3,1	6,8
Frischschlamm	1,2	0,4	0,2
Ausgefaulter Schlamm	0,8	0,4	0,1
Biologisch behandeltes Abwasser	10,9	2,8	6,7
Frischschlamm bei biologischer Behandlung	1,9	0,7	0,3
Ausgefaulter Schlamm bei biologischer Behandlung	1,3	0,7	0,2

Für die nachfolgende landwirtschaftliche Abwasserverwertung interessiert neben der anfallenden *Wassermenge* hauptsächlich der *Nährstoffgehalt*. Wie die Angaben in Tabelle 7 erkennen lassen, nimmt der Nährstoffgehalt des Abwassers mit der Verbesserung der Abwasserbehandlung ab; gleichzeitig erhöht sich aber der Nährstoffgehalt des als Nebenprodukt bei der Behandlung anfallenden Schlammes.

AUFGABE

1. Eine Stärkefabrik erzeugt täglich 250 m^3 Abwasser mit 2700 g BSB_5 je m^3 Abwasser. Ermitteln Sie den Einwohnerequivalentwert dieser Abwässer!

2.2.3. Arten der Abwasserbehandlung

Allgemein lassen sich folgende Arten der Abwasserbehandlung unterscheiden

- die mechanische Abwasserbehandlung,
- die chemische Abwasserbehandlung,
- die biologische Abwasserbehandlung.

Die mechanische Abwasserbehandlung (auch Abwasserklärung genannt) ist meist die notwendige Vorstufe für eines der beiden anderen, im Reinigungsumfang weitergehenden Behandlungsverfahren.

Während die chemische Behandlung vorwiegend bei speziellen industriellen Abwässern angewendet wird, stellt die biologische Abwasserbehandlung (auch Abwasserreinigung) das weiterführende Verfahren bei hauptsächlich organisch verunreinigtem Wasser, wie z. B. den städtischen Abwässern, dar.

Bei den biologischen Behandlungsverfahren werden mit Unterstützung von Bakterien und anderen Mikroorganismen die kolloidalen und gelösten Inhaltsstoffe des Abwassers aerob, d. h. in Gegenwart von Luftsauerstoff abgebaut, in Flockenform übergeführt und teilweise schon mineralisiert. Die biologische Abwasserbehandlung läßt sich realisieren in Form

- der natürlichen biologischen Verfahren oder
- der künstlich-biologischen Verfahren.

Zu den *natürlichen biologischen Verfahren* gehören die Abwasserlandbehandlung sowohl mit landwirtschaftlicher Nutzung als Nebenaufgabe (Rieselfelder, Bodenfilter) als auch als Hauptaufgabe (weiträumige Abwasserverwertung) und die Abwasserreinleitung in Fischteiche.

Für die *künstlich-biologischen Verfahren* sind in den letzten Jahrzehnten eine Vielzahl sehr leistungsstarker Anlagentypen entwickelt worden. Die bekanntesten sind:

- Tropfkörper
- Belebtschlammanlagen und
- Oxydationsgräben

Während sich bei den *natürlich-biologischen Verfahren* die Abwasserinhaltsstoffe weitestgehend zugunsten einer erhöhten landwirtschaftlichen Produktion verwerten lassen, werden diese Stoffe bei den künstlich-biologischen Verfahren unproduktiv vernichtet.

Dafür haben jedoch die künstlich-biologischen Verfahren den Vorzug eines relativ geringen Flächenbedarfes und einer auch im Winter nahezu unverändert hohen Reinigungsleistung.

Die Art des erforderlichen Behandlungsverfahrens richtet sich nach der zumutbaren *Belastbarkeit* des Vorfluters (Selbstreinigungskraft), nach der *Menge und Beschaffenheit* des Abwassers und nicht zuletzt nach den jeweiligen *Standortverhältnissen*. Ein Vergleich der einzelnen Verfahren wird durch die in Tabelle 8 wiedergegebenen Zahlen über die Reinigungswirkung ermöglicht.

Tabelle 8

Reinigungswirkung einiger Abwasserbehandlungsverfahren (nach Imhoff)

Typ der Behandlungsanlage	Abnahme in %		
	BSB ¹	Schwebstoffe	Keimzahl
Absetzbecken (mechanische Behandlung)	25—40	40—70	25—75
Hochbelastete Tropfkörper	65—90	65—92	70—90
Schwachbelastete Tropfkörper	80—95	70—92	90—95
Hochbelastete Belebtschlammanlage	50—75	80	70—90
Schwachbelastete Belebtschlammanlage	75—95	85—95	90—98
Bodenfilter (natürlich biologische Behandlung)	90—95	85—95	95—98

¹ Biochemischer Sauerstoffbedarf

2.2.4. Einrichtungen für die mechanische Abwasserbehandlung

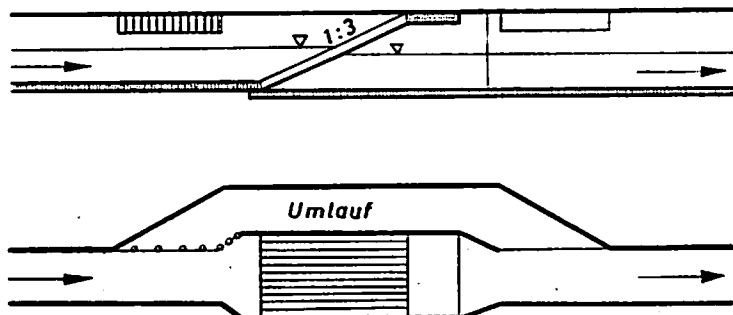
Die *mechanische Abwasserbehandlung* (Abwasserklärung) dient der Entfernung sowohl der Schwimmstoffe als auch der absetzbaren Schwebstoffe aus dem Abwasser. Der dabei anfallende *Klärschlamm* wird einer nachgeschalteten Schlammbehandlungsanlage zugeführt und dort mineralisiert.

2.2.4.1. Rechenanlage

Rechen dienen dazu, die groben Schwimm-, Schweb- und Sinkstoffe des Abwassers zurückzuhalten.

Abb. 22
Handberdümmer
Grobrechen

oben: Schnitt
unten: Draufsicht



Um Betriebsstörungen zu vermeiden, werden die Rechen im Zulauf zur Kläranlage und meist auch vor Pumpeneinläufen im Kanalisationsnetz angeordnet.

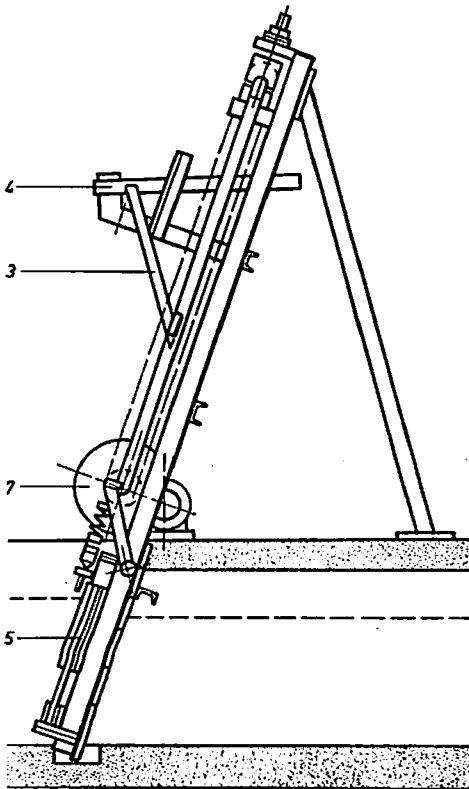
Kleinere Kläranlagen sind zur Vorreinigung mit schräg im Wasser liegenden, *handberäumten Grobrechen* mit einer Neigung 1:3 ausgestattet (Abb. 22). Der Abstand zwischen den parallel angeordneten Rechenstäben beträgt 40 bis 50 mm. Die anfallende Rechengutmenge von 2 bis 3 l/Einwohner und Jahr wird kompostiert, vergraben oder verbrannt.

Die optimale Durchflußgeschwindigkeit von 0,6 m/s soll auch im Bereich des Rechens erhalten bleiben. Zur Vermeidung von Überstauungen dient ein *Sicherheitsumlauf*, dessen seitlich liegender Einlauf mit einer Überfallschwelle und einem senkrechten Grobrechen von 100 mm Stababstand versehen wird.

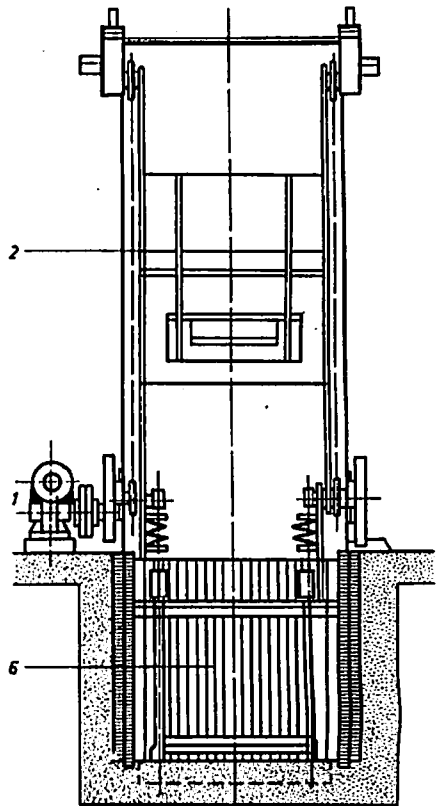
Größere Kläranlagen haben Rechen mit *maschineller Rechengutberäumung* (Abb. 23 und 24). Infolge des hier meist auf 20 mm verengten Stababstandes erhöht sich die Rechengutmenge auf 5 bis 10 l/Einwohner und Jahr.

Abb. 23 Greiferechen mit Abstreiferharke

- | | |
|------------|-----------------------|
| 1 Antrieb | 4 Abwerfervorrichtung |
| 2 Gestell | 5 Harke |
| 3 Abwerfer | 6 Rechen |
| | 7 Vorgelege |

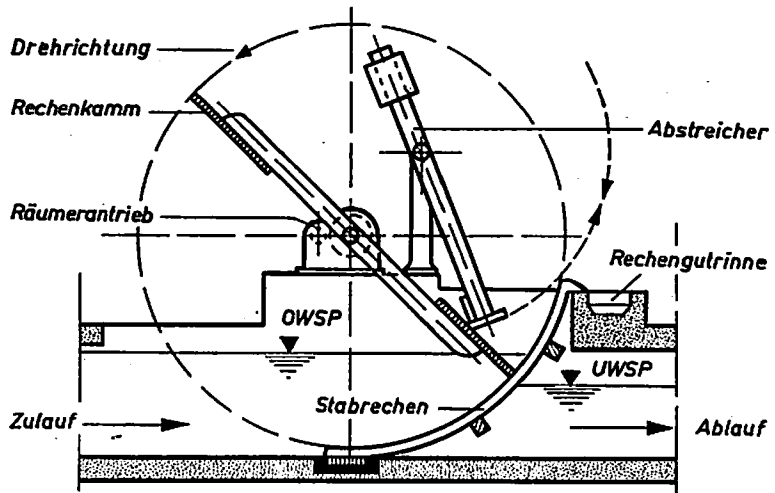


a) Seitenansicht



b) Vorderansicht mit Antrieb links

Abb. 24
Doppelarmiger
Bogenrechen



Da die Beseitigung des Rechenguts unästhetisch ist und zu den unangenehmsten Arbeiten in einem Klärwerk gehört, werden in immer stärkerem Maße *Rechengutzerkleinerer* verwendet. Die Zerkleinerung kann nach Herausnahme des Rechengutes aus dem Wasser oder – als hygienisch beste Lösung – gleich im Abwasserstrom selbst erfolgen. Nach letzterem Verfahren arbeitet u. a. der Radialrechen mit Hammerzerkleinerer.

2.2.4.2. Sandfänge

Größere Sandmengen werden einer Kläranlage – vor allem bei Vorhandensein einer Kanalisation nach dem Mischsystem – zugeführt. Besonders reich an körnigen, mineralischen Sinkstoffen sind im Frühjahr die Schmelzwasserabflüsse als Folge der reichlichen Verwendung von Streusand auf Straßen und Gehwegen.

Aufgabe eines Sandfanges ist es, diese Sinkstoffe aus dem Abwasser zu entfernen, um Versandungen und damit Betriebsstörungen in den nachgeschalteten Absetzbecken und Faulbehältern zu vermeiden.

Bei Abwasserableitung nach dem *Trennsystem* kann häufig auf den Einbau eines Sandfangs verzichtet werden.

Durch entsprechende bauliche Ausbildung des Sandfanges ist die Schleppspannung des hindurchfließenden Wassers so weit herabzusetzen, daß sich möglichst viele mineralische Feststoffe, jedoch keine organischen Schwebstoffe absetzen.

Die stark schwankende Zuflußmenge erschwert die Einhaltung dieser Forderung. Sandfänge werden meist so bemessen, daß bei Trockenwetterzufluß noch Sandkörner mit 0,1 bis 0,2 mm Durchmesser zurückgehalten werden. In Abhängigkeit von Bodenart und Oberflächenbefestigung kann mit einer anfallenden Sandmenge von 5 bis 12 l/Einwohner und Jahr gerechnet werden.

Unter den zahlreichen Sandfangtypen wird am häufigsten der *Langsandfang* verwendet (Abb. 25). Die optimale Durchflußgeschwindigkeit, bei der sich der überwiegende Teil

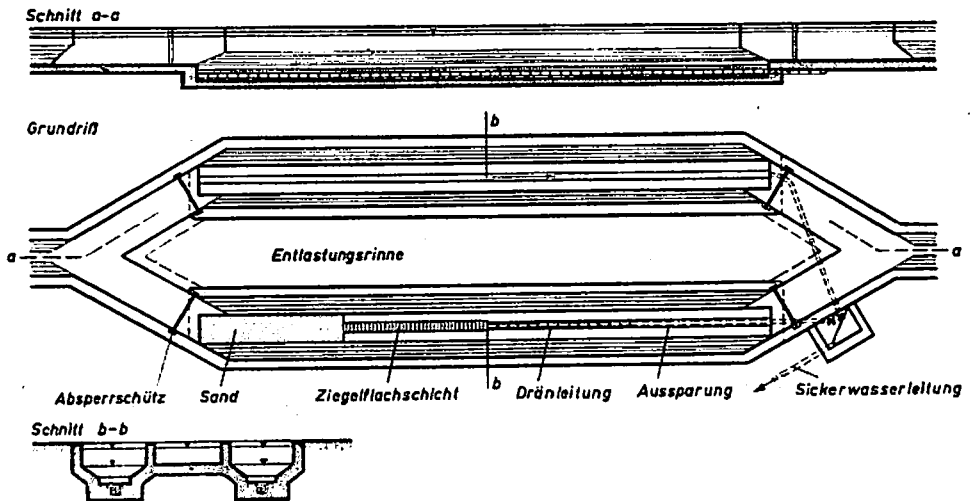


Abb. 25 Doppelkammer-Langsandfang

des Sandes absetzt, jedoch die leichteren organischen Schmutzteilchen noch fortgespült werden, liegt bei 0,30 m/s. Durch Anordnung mehrerer paralleler Sandfangkammern, durch Einbau einer Regenwasserentlastungsrinne und durch entsprechende Querschnittsgestaltung des Sandfangs läßt sich erreichen, daß diese Geschwindigkeit auch bei wechselnden Zuflußmengen weitestgehend eingehalten wird.

Beim *handberäumten Langsandfang* ist der für die Sandaufnahme vorgesehene untere Querschnittsteil (Sandstapelraum) so groß auszubilden, daß er für den Sandanfall von etwa einer Woche ausreicht. Zur Räumung wird eine Kammer abgesperrt und mittels einer Sohldränung trockengelegt.

Bei *maschineller Räumung* mittels Pumpen oder Bagger braucht dagegen die zu räumende Sandfangkammer nicht außer Betrieb genommen zu werden.

Weitere Sandfangarten sind der *Tiefsandfang*, der *Tangentialsandfang* und der *Quersandfang*.

2.2.4.3. Absetzbecken

In den Absetzbecken sollen die nach Entfernung des Sandes im Abwasser noch enthaltenen leichteren absetzbaren Schwebestoffe von vorwiegend organischer Natur ausfallen.

Die Absetzanlagen werden nach der Aufenthaltszeit des Wassers bemessen. Es können für die mechanische Behandlung von normalem häuslichem Abwasser je nach Absetzbeckentyp in der Regel folgende *Aufenthaltszeiten* zugrunde gelegt werden:¹

Emscherbrunnen	2,0 Stunden
Langbecken	1,5 Stunden
Rundbecken	2,0 Stunden

¹ nachzulesen in „Bemessungsgrundlagen zur Erarbeitung von Aufgabenstellungen und Projekten wasserwirtschaftlicher Anlagen“, 2. Auflage, Amt für Wasserwirtschaft, Berlin 1964

Bei landwirtschaftlicher Verwertung des mechanisch behandelten Abwassers soll nach TGL 6466 die Aufenthaltszeit aus hygienischen Gründen mindestens 1,5 Stunden betragen.

Verlängerungen der Aufenthaltszeit können erforderlich werden, wenn sich im Abwasser schlecht absetzende Stoffe befinden oder beim Bau der Absetzanlage strömungstechnische Erkenntnisse nicht genügend beachtet wurden.

Optimale Absetzbedingungen (guter hydraulischer Wirkungsgrad) sind nur bei einer geeigneten Absetzbeckenform mit guter Ein- und Auslaufkonstruktion zu erwarten.

Nur in so gebauten Anlagen kann das Abwasser möglichst *gleichmäßig* über den Beckenquerschnitt verteilt die Absetzanlage durchfließen.

In Kläranlagen der Mischkanalisation müssen die Absetzbecken bei Regenwetter kurzzeitig größere Abwassermengen, die vom gewählten Mischungsverhältnis der Regenüberläufe abhängen, aufnehmen. Dabei sollte jedoch die Aufenthaltszeit *nicht unter 20 Minuten* absinken. Es werden folgende Absetzbeckentypen unterschieden:

- Emscherbrunnen
- Rundbecken
- Langbecken

Der Emscherbrunnen hat sich für kleinere Kläranlagen bis zu etwa 10000 angeschlossenen Einwohnern bewährt. Es ist eine zweistöckige Anlage, die aus dem *Absetzraum* und dem darunter angeordneten *Faulraum* (Abb. 26) besteht. Die Sohlwände des Absetzraumes sollen mindestens 1,2:1 geneigt sein, damit die abgesetzten Schwebstoffe ständig und selbsttätig in den Schlammfaulraum rutschen. Der 0,15 bis 0,25 m weite Durchrutschschlitz zum Faulraum erhält eine meist dreieckförmige Schlitzabdeckung. Aus dem Faulraum aufsteigender Schwimmschlamm wird dadurch am Eintritt in den Absetzraum gehindert und in die Randfelder des Brunnengrundrisses abgeleitet. Die sich dort bildende *Schwimmschlammdecke* muß regelmäßig zerstört oder durch eine seitliche Öffnung abgezogen werden. Ein bis zur Spitze des Faulraumes hinuntergeführtes Rohr (NW 200 mm) dient der Entnahme von ausgefaultem Schlamm. Um die Fließwiderstände des zähen Schlammes zu überwinden, muß der Schlammrohrauslaß mindestens 1,5 m unter dem Brunnenwasserspiegel liegen.

Lang- oder Rechteckbecken sind einstöckige Absetzanlagen, die vom Abwasser in Längsrichtung durchflossen werden. Da sich der größte und grösste Teil der absetzbaren Stoffe in den ersten Minuten nach Eintritt des Abwassers in das Becken absetzt, wird an der Einlaufseite die Beckensohle trichterförmig vertieft (Abb. 27). Der Trichterinhalt soll den Schlammanfall eines Tages aufnehmen können. Die übrige Beckensohle steigt zur Beckenauslaufseite um 0,25 bis 1 % an.

Mittels eines *Räumerwagens* (Abb. 27) oder eines *endlosen Räumerbandes* wird der auf der Sohle abgelagerte Schlamm in die Trichter geschoben und von dort nach genügender Eindickung durch ein Entnahmerohr zur weiteren Behandlung abgelassen.

Bei einer mittleren Wassertiefe von 1,6 bis 2 m soll das Verhältnis von Beckentiefe zu Beckenlänge mindestens 1:22, besser 1:28 und mehr betragen.

Grundriß

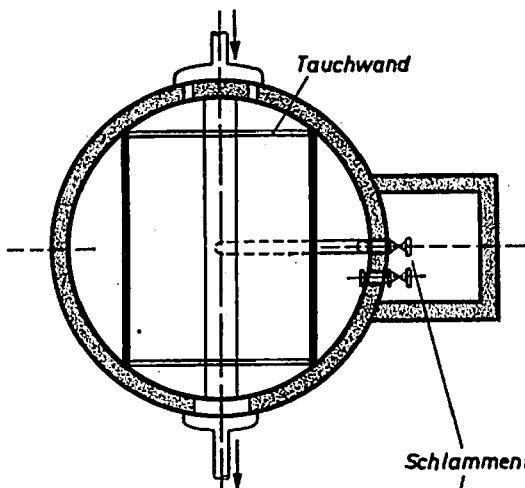
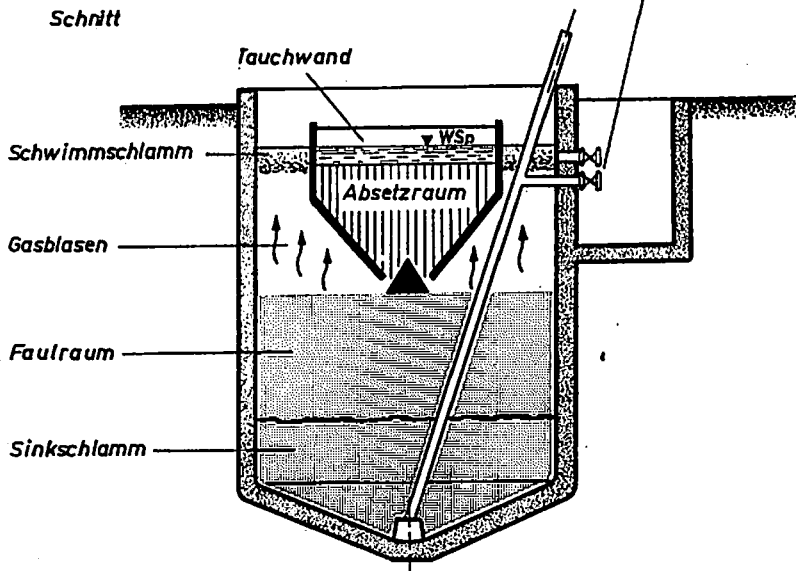


Abb. 26
Emscherbrunnen
(zweistöckige
Absetzanlage)

Schnitt



Mit Rücksicht auf die standardisierten Maße der Räumewagen kann die Beckenbreite 4,00, 6,00, 8,00 oder 10,00 m groß gewählt werden.

Rundbecken mit kreisendem Schlammräumer (Abb. 28) werden radial mit nach außen zur Überlaufrinne abnehmender Geschwindigkeit durchflossen. Die Zuleitung des Rohabwassers zum in Beckenmitte befindlichen *Einlaufbauwerk* erfolgt meist durch ein Dückerrohr. Die Beckensohle erhält zum trichterförmigen Schlammammelraum in Beckenmitte ein Gefälle von etwa 1:20.

Der *Schlammtrichter* wird täglich ein- bis zweimal mittels Pumpbetrieb oder unter Ausnutzung des Wasserüberdruckes entleert. Am Beckenumfang beträgt die nutzbare Beckentiefe 2 bis 3 m. Unter Beachtung der festgelegten Räumerstützweiten können die Beckendurchmesser 20, 25, 30, 35, 40, 45 oder 50 m betragen.

Neben dem Sohlräumschild befindet sich an der kreisenden Räumerrücke auch noch ein *Schwimmschlammschild*.

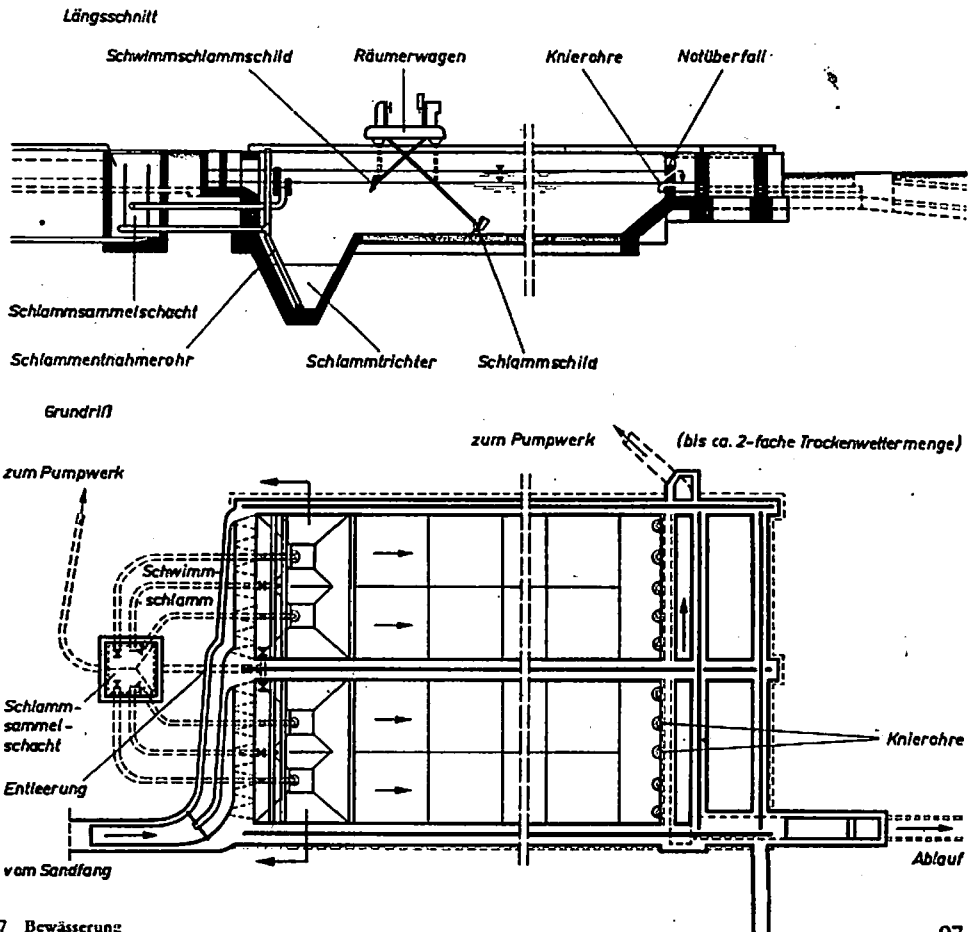
Im Vergleich zu Rechteckbecken haben Rundbecken meist einen schlechteren hydraulischen Wirkungsgrad.

Außerdem gibt es Rundbecken ohne Rundräumer, sogenannte *Trichter- oder Dortmundbecken*. Sie werden wegen ihrer hohen Gründungskosten nur selten in mechanischen Kläranlagen verwendet. Ihre Vorzüge werden beim Ausscheiden von vorwiegend flockigem Schlamm in biologischen Abwasserbehandlungsanlagen besser genutzt.

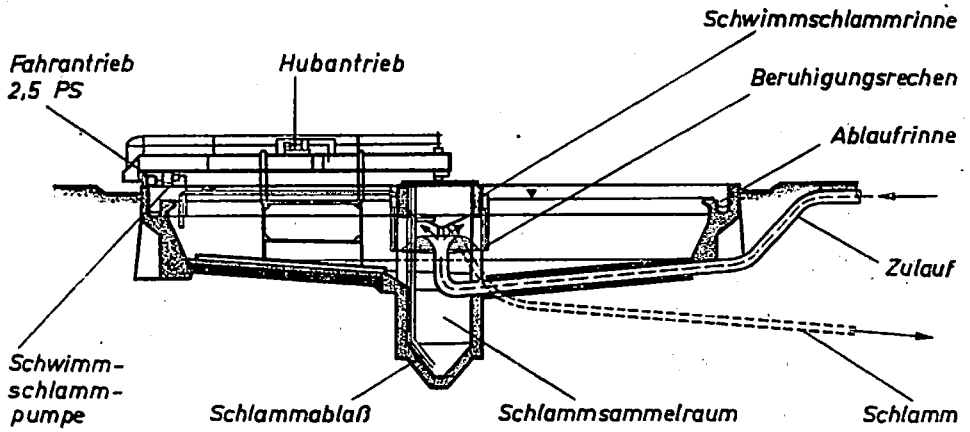
AUFGABEN

1. Begründen Sie das Fehlen eines Sandfanges in den meisten Kläranlagen, denen eine Trennsystementwässerung vorgeschaltet ist.
2. Welches Mindestverhältnis Schmutzwasser zu Regenwasser ist für die Ausbildung eines Regenüberlaufs gerade noch zulässig, wenn in der nachfolgenden Kläranlage die Aufenthaltszeit im Langbecken nicht unter 20 Minuten absinken soll?

Abb. 27
Rechteckbecken mit Räumern



Schnitt A-A



Grundriß

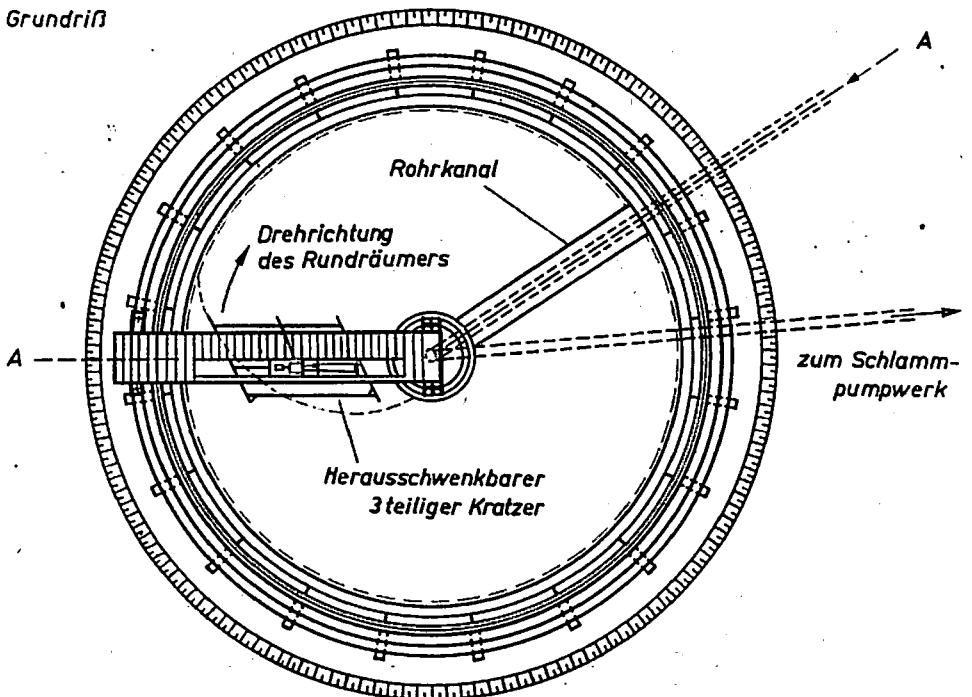


Abb. 28
Rundbecken mit kreisender Räumerrücke

2.2.5. Behandlung des Klärschlammes

2.2.5.1. Menge und Zusammensetzung des Schlammes

Aufgabe der Schlammbehandlung ist es, das Schlammvolumen des in der Kläranlage anfallenden Frischschlammes zu verringern und ihn so weit auszufaulen, daß er geruchlich nicht mehr belästigt und in nachfolgenden Trocknungsanlagen leicht entwässert werden kann.

Nach TGL 6466 darf Frischschlamm nur nach Kompostierung (Heißvergärung bei einer Temperatur von 70 °C) oder nach ordnungsgemäßer Ausfäulung unter Einhaltung bestimmter Bedingungen landwirtschaftlich verwertet werden.

Bei mechanischer Behandlung von städtischem Abwasser kann mit folgenden durchschnittlichen *Schlammengen* gerechnet werden (Tabelle 9).

Tabelle 9

Schlammfall je Einwohner täglich (nach Imhoff)

Schlammart	Schlammmenge l	Feststoffgehalt	
		%	g
Frischschlamm etwas eingedickt	1,08	5	54
Nasser ausgefauter Schlamm	0,26	13	34
Lufttrockener ausgefauter Schlamm	0,13	45	34

Frischschlamm enthält etwa 70% organische Stoffe. Infolge des Faulprozesses ändert sich die Zusammensetzung und auch der Düngewert (siehe Tabelle 7, S. 89). Insbesondere treten bei der Schlammfäulung Stickstoffverluste auf.

Von Bedeutung ist auch der *Humuswert* des ausgefauten Schlammes. Der Schlammhumus macht etwa 30 bis 40% der Schlamm-trockensubstanz aus.

2.2.5.2. Schlammfäulung

Unter Schlammfäulung ist die anaerobe Zersetzung (Zersetzung unter Luftabschluß) der organischen Schmutzstoffe mit Hilfe von Bakterien und Fermenten zu verstehen.

Es ist zwischen saurer und alkalischer Fäulung zu unterscheiden. Die *saure Fäulung* ist immer mit der Entwicklung übelriechender Gase gekoppelt.

Angestrebt wird die *alkalische Fäulung*, die sich in jedem Faulraum nach einer gewissen Einarbeitungszeit einstellt. Durch Zugabe von Impfschlamm aus einem gut eingearbeiteten Faulraum läßt sich die Einarbeitungszeit einer neuen Faulanlage erheblich verkürzen.

Nebenprodukte der alkalischen Schlammfäulung sind *Kohlendioxid*, *Stickstoff* und *Methan*.

Die Faulzeit und die Gasausbeute sind sehr temperaturabhängig. Ein großer Teil der im Frischschlamm enthaltenen gesundheitsgefährdeten Keime wird beim Faulprozeß vernichtet.

Nach der Bauweise werden unterschieden:

- Faulräume in Emscherbrunnen und
- selbständige Faulanlagen

Die *selbständigen Faulanlagen* können geschlossen (Faultürme) und dann meist beheizt oder offen (z. B. Erdfaulbecken) und damit unheizbar ausgebildet werden. Bei den *geschlossenen Faulanlagen* besteht außerdem noch die Möglichkeit, das erzeugte *Methan-gas* wegen seines hohen Heizwertes aufzufangen und energetisch zu nutzen.

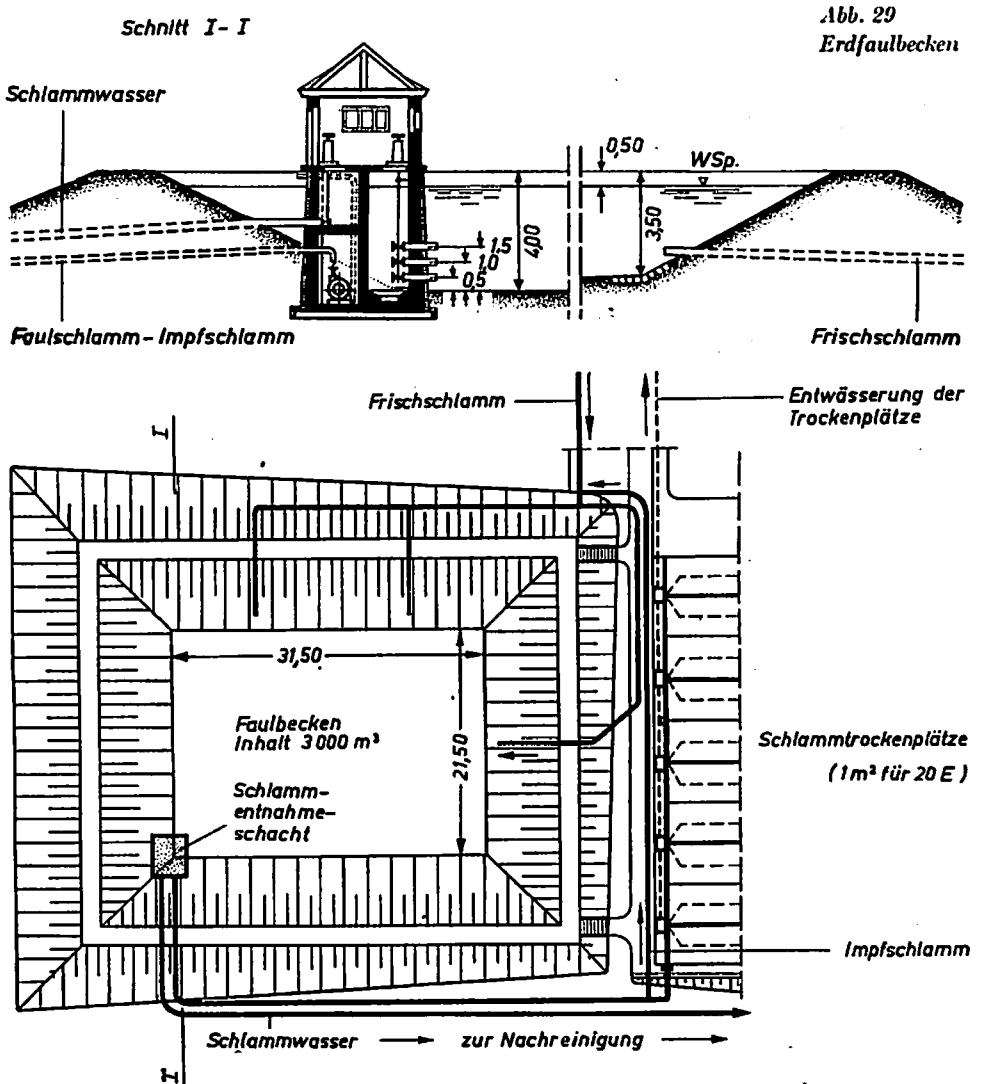
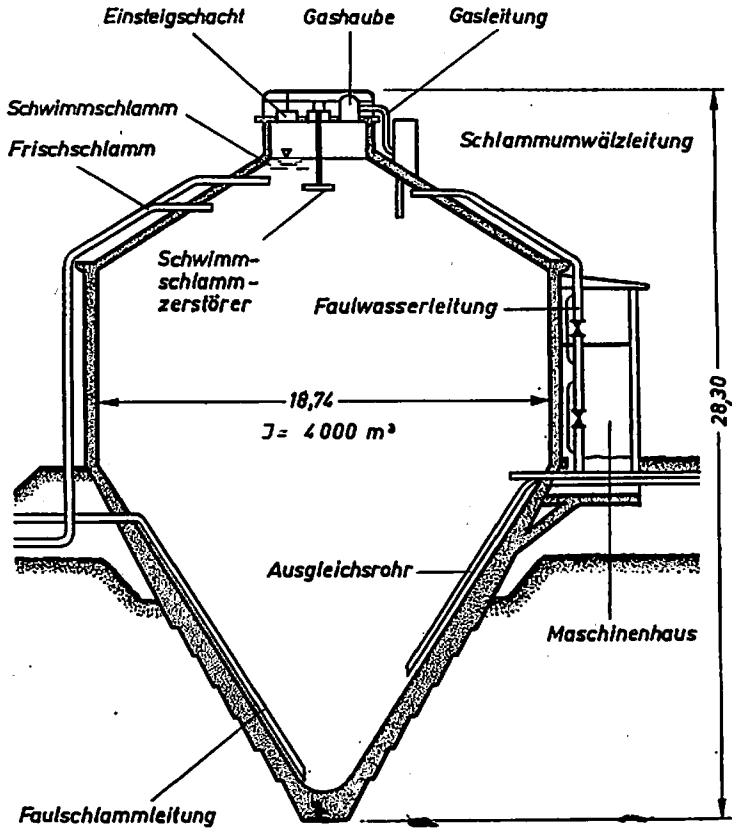


Abb. 30
Geschlossener
und
beheizter
Faulbehälter in
Spannbeton-
ausführung



Für die Bemessung der Faulräume einer mechanischen Kläranlage galten folgende Richtzahlen:¹

Emscherbrunnen	50 l/Einwohner
auf 30 °C geheizter geschlossener Faulraum	30 l/Einwohner
selbständiger ungeheizter Faulraum (10 °C)	110 l/Einwohner

Die Faulräume sind zu vergrößern bei

Anlagen unter 3000 Einwohnern	auf das 1,5fache
Anlagen für 3000 bis 5000 Einwohner	auf das 1,3fache
Schlammfall aus Regenbecken	auf das 1,2fache

Offene Faulräume, die die geringsten Anschaffungskosten verursachen, werden entweder als *Erdfaulbecken* (Abb. 29) oder als runder, oben offener *Betonbehälter* hergestellt. Eine besondere Abdichtung der Erdfaulbecken ist im allgemeinen nicht erforderlich, da die mit dem Sickerwasser in die Bodenporen eindringenden Schlammteilchen nach kurzer Betriebszeit abdichtend wirken.

Der *Frishschlamm* wird an mehreren Stellen des Beckenumfangs etwa 1,5 m unter dem Schlamm Spiegel der etwa 4 m tiefen Becken eingeleitet.

¹ siehe auch „Bemessungsgrundlagen zur Erarbeitung von Aufgabenstellungen und Projekten wasserwirtschaftlicher Anlagen“, 2. Auflage, Amt für Wasserwirtschaft, Berlin 1964

Ausgefauter Schlamm und oben abgesetztes Schlammwasser werden durch ein besonderes Entnahmebauwerk abgeführt.

Offene Faulräume werden sowohl allein als auch als 2. Faulstufe eines intensiv betriebenen geschlossenen Faulbehälters verwendet.

Eine hygienisch und ästhetisch bessere Lösung stellen die *geschlossenen Faulbehälter* dar (Abb. 30). Geruchs- und Fliegenbelästigung wird hier mit Sicherheit vermieden. Infolge der höheren Baukosten und des komplizierteren Betriebes sind geschlossene Faulbehälter meist nur größeren Kläranlagen vorbehalten.

Durch künstliches Beheizen auf 30 bis 35 °C läßt sich der Faulprozeß beschleunigen und damit der erforderliche Behälterinhalt ganz erheblich verringern.

Zum Schutze gegen Wärmeverluste werden die geschlossenen Faulbehälter auf $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ ihrer Höhe in den grundwasserfreien Bodenbereich versenkt bzw. mit Erde angeschüttet oder mit einer speziellen Wärmedämmschicht versehen. Faulbehälter haben meist *Zylinderform* mit kegelförmig zulaufender Sohle und Decke. Das anfallende Faulgas sammelt sich unter der starren oder auch vortikal beweglichen Behälterdecke und wird über eine Gasreinigungsanlage dem Druckgasbehälter zugeführt. Bei einem Methan-gehalt von 65 bis 70% erreicht das erzeugte Faulgas einen Heizwert von etwa 6000 Kcal/m³.

Weiterhin sind Einrichtungen erforderlich, um den zugeführten Frischschlamm zu impfen und umzuwälzen bzw. um die sich bildende Schwimmschlammdecke zu zerstören.

Häufig wird eine *zweistufige Schlammfäulung* mit einem beheizten Faulraum als 1. Stufe und einem offenen Erdfaulbecken als 2. Stufe (Nachfaulstufe) vorgesehen. Diese Anordnung ist sowohl ökonomisch als auch betriebstechnisch vorteilhaft.

2.2.5.3. Schlamm entwässerung

Um die Transportkosten für die Entfernung des ausgefauten Schlammes aus der Kläranlage zu verringern, wird der Faulschlamm meist noch entwässert. Die hierzu trotz des hohen Flächenbedarfs immer noch vorherrschende Methode ist die Entwässerung auf *Schlamm trocknenplätzen*.

Bei einer Beschickungshöhe von 0,2 m wird in unserem Klimabereich mit 9 Füllungen im Jahr gerechnet. Das entspricht einem Flächenbedarf von 0,05 m²/Einwohner.

Die Gesamtfläche wird in einzelne *Rechteckbeete* von mindestens je 4 m Breite unterteilt, die mit Betondielen umfaßt sind. Damit das Wasser besser abgeführt werden kann, erhalten die Beete als Unterbau eine 0,25 bis 0,35 m hohe, im Kornaufbau abgestufte Kiesfilterschicht. Bei handberäumten Beeten wird diese noch mit einer Ziegelflachsicht abgedeckt. Ab 10000 angeschlossene Einwohner ist der Einsatz eines *Trockenbeeträumgerätes* zweckmäßig. Die Beräumung erfolgt erst, wenn der Schlamm stichfest ist.

Weitere Schlamm entwässerungsverfahren arbeiten mit Zentrifugen, Filterpressen, Saugzellenfilter (Vakuumfilter), Vibrationssiebanlagen usw. oder auch mit thermischer Trocknung.

2.2.5.4. Schlamm beseitigung

Unter den zahlreichen Verfahren zur Klärschlamm beseitigung ist die *Verwendung in der Landwirtschaft* die volkswirtschaftlich beste Lösung.

Nach TGL 6466 darf ausgefaulter und auf Trockenplätzen entwässerter Schlamm zur Düngung auf Ackerland, das nicht durch Gemüsebau genutzt wird, verwendet werden. Der Schlamm kann in stichfester Form unmittelbar oder als nasser ausgefaulter Schlamm bei Vorhandensein einer Abwasserverregnungsanlage mittels eines Druckrohrnetzes auf die Nutzflächen verteilt werden.

Da der Schlamm in nasser Form noch viele Krankheitserreger enthält, sind der Anwendung des letzten Verfahrens noch Grenzen gesetzt. Auf jeden Fall ist die Stellungnahme der Hygiene-Inspektion einzuholen.

Günstig für eine Verwertung ist auch die Herstellung von *streufähigem Schlamm dünger* nach vorausgehender maschineller oder thermischer Schlamm trocknung. Jedoch ist diese Methode sehr teuer. Schließlich ist auch noch die *Verwertung nach vorausgehender Kompostierung* des Frischschlamm zusammen mit aussortiertem Stadtmüll, Laub oder Torf in Mieten oder in festen bzw. auch rotierenden großen Gärzellen möglich.

Klärschlamm hat einen relativ hohen Nährstoffgehalt und eignet sich gut als Bodenverbesserungsmittel und Humusdünger. Aus diesem Grunde sollte möglichst der gesamte anfallende Schlamm landwirtschaftlich genutzt werden.

AUFGABEN

1. Begründen Sie, weshalb nur ausgefaulter Abwasserschamm landwirtschaftlich verwertet werden darf!
2. Beurteilen Sie die Möglichkeit, den Faulraum eines Emscherbrunnens künstlich zu beheizen!
3. Warum ist die landwirtschaftliche Verwertung des Klärschlamm die volkswirtschaftlich beste Lösung?

2.2.6. Zusatzbauwerke für die landwirtschaftliche Abwasserverwertung

2.2.6.1. Speicherbecken

Wie schon in Abschnitt 2.1.3.1., „Schmutzwasser aus den Haushalten“ und Abbildung 1 (S. 62) erläutert, ist der Abwasseranfall in den einzelnen Tagesstunden unterschiedlich groß. Bis zum Auslauf aus der Kläranlage ist jedoch als Folge der Retentionswirkung des Kanalisationsnetzes und der Kläranlage eine weitgehende Abflachung der Abfließganglinie zu verzeichnen.

Im Gegensatz dazu wird das Abwasser im Verwertungsgebiet je nach der Betriebsweise nur in einer oder zwei Schichten abgenommen und verregnet.

Aufgabe der Speicherbecken ist es, die zeit- und mengenmäßigen Unterschiede zwischen Abwasseranfall am Auslauf der Kläranlage und Abwasserverbrauch im Verwertungsgebiet auszugleichen.

Im Normalfall muß das Speicherbecken den Abwasseranfall von mindestens 8 Stunden aufnehmen können. Wenn auch an Sonntagen gespeichert werden muß, hat das Becken sogar den Anfall von 30 Stunden aufzunehmen.

Um Versickerungsverluste zu vermeiden, erhalten die Beckensohle und die wasserseitigen Böschungen einen Belag aus Ortbeton oder Betonplatten mit elastischem Fugenvergüß. In Richtung zum Pumpensumpf ist ein *ausreichendes Sohlgefälle* vorzusehen. Damit das Abwasser frisch und die Anlage geruchsfrei bleibt, sind bei der täglichen Beckenentleerung die abgesetzten Feinschlammteilchen mittels Druckwasser oder Gummischiebern von Beckensohle und Böschung zu entfernen. Gegebenenfalls sind sogar – wie bei den Absetzbecken – *mechanische Einrichtungen* zur Beckenentschlammung oder zur Abwasserumwälzung erforderlich. Um die Wartung des Speicherbeckens und des Verwertungspumpwerkes zu erleichtern, sollen beide möglichst im Kläranlagengelände liegen.

2.2.6.2. Verwertungspumpwerk

Unmittelbar neben dem Speicherbecken ist ein ortsfestes Verwertungspumpwerk anzulegen, welches das Abwasser ins Verwertungsgebiet transportiert und den dort erforderlichen Betriebsdruck (z. B. Düsendruck am Regner) erzeugt. In Ausnahmefällen, wie z. B. bei ausreichender Höhenlage von Kläranlage und Speicherbecken über dem Verwertungsgebiet, kann das Verwertungspumpwerk auch entfallen.

Da es sich hierbei um die Förderung von mechanisch geklärtem Abwasser handelt, aus dem alle groben Schmutzstoffe entfernt worden sind, kann auf die alleinige Verwendung spezieller Abwasserpumpen (z. B. Dickstoffpumpen) verzichtet werden. Verwenden lassen sich alle Pumpen, die für reine und leicht verschmutzte Flüssigkeiten konstruiert sind. Im übrigen gelten jedoch die gleichen Gesichtspunkte wie für die Ausbildung von Abwasserpumpwerken (siehe Abschnitt 2.1.4.4. „Bauwerke im Kanalisationsnetz“, S. 73).

Weitere Hinweise enthalten das Typenprojekt KB 452.24 „Verregnungspumpwerke“ und die Typenprojekte des VEB Meliorationsprojektierung Bad Freienwalde.

AUFGABE

- 1. Begründen Sie die Notwendigkeit, Abwasserspeicherbecken anzuordnen!**