

4 MECHANISCHE ABWASSERREINIGUNG

4.1 Einführung

Der Anteil der ungelösten Stoffe im kommunalen Abwasser beträgt ca. 30 bis 40% der Gesamtfracht. Um energieaufwendige biologische Systeme zu entlasten bzw. um Betriebschwierigkeiten zu verhindern werden partikuläre Abwasserinhaltsstoffe häufig mit mechanischen Verfahren vom Abwasser getrennt. Dies kann je nach Partikelgröße bzw. physikalischer Beschaffenheit der Stoffe durch Sieben, Filtern, Aufschwimmen und Absetzen erfolgen. Die dafür in der kommunalen Abwassertechnik gebräuchlichen Systeme Rechen, Siebe, Fett- und Sandfänge sowie Absetz- und Flotationsanlagen sind nachfolgend beschrieben.

4.2 Rechen und Siebe

Rechen sind auf Kläranlagen im Normalfall als erste Reinigungsstufe zur Entfernung von Grob- und Sperrstoffen angeordnet. Je nach Abstand der Rechenstäbe e unterscheidet man Grob-, Fein- und Feinstrechen, wobei die Stäbe gerade (Steilrechen) oder gebogen (Bogenrechen) ausgeführt sein können.

Die Räumung erfolgt automatisch und wird über die Wasserspiegeldifferenz vor und nach dem Rechen oder zeitabhängig ausgelöst. Je nach Anordnung der Räumeinrichtung unterscheidet man vorwärts geräumte (=Mitstromrechen) und rückwärts geräumte Rechen (Gegenstromrechen). Als Antrieb für die Räumharken kommen Seil-, Ketten- und Hydrauliksysteme bzw. Rotationsharken bei Bogenrechen zum Einsatz.

Um Probleme mit Geruchsentwicklung und Vereisung zu vermeiden, werden Rechenanlagen eingehaust, wodurch erhöhte Anforderungen bezüglich des EX-Schutzes entstehen. Für entsprechende Lüftung ist jedenfalls zu sorgen, wodurch sich die Problematik der Abluftbehandlung ergibt.

Insgesamt stellen Rechenanlagen trotz des einfachen Arbeitsprinzips sehr hohe Anforderungen an die Planung und die Ausführung und stellen einen sehr wartungsintensiven Teil kommunaler Kläranlagen dar.

Gestaltungsprinzipien:

- freier Fließquerschnitt (Σe) = Gerinnebreite vor Rechen
- v mindestens 0,6 m/s (Ablagerungen), maximal 1,2 m/s (Durchschlupf)
- Berechnung des Rechenstaus mittels Formel nach KIRSCHMER

- maximale Rechenbelegung ca. 75%
- Gerinne mind. doppelt so tief wie die maximale Stauhöhe
- Abspermmöglichkeiten vor- und nach dem Rechen mit Umgehungsgerinne für Wartungs- und Notfälle bzw. mehr straßige Ausführung

Sieb- und Waschanlagen

Aufgrund der steigenden Ansprüche an die maschinellen Anlagenteile (Pumpen, Schlammbehandlung) auf Kläranlagen werden zunehmend Abscheideleistungen gefordert, die über jenen von Feinrechen liegen. Siebanlagen mit Maschenweiten von ca. 1 mm kommen daher zunehmend zum Einsatz. Da das Siebgut relativ hohe Anteile an biologisch abbaubarem Material enthält, werden Siebanlagen meist in Kombination mit Siebgutwasch- und -preßanlagen betrieben.

Folgende Vorteile ergeben sich durch Abwassersiebung:

- Entfernung aller Grob- und Faserstoffe
- Verminderung der absetzbaren Stoffe
- stabilere Schlammbehandlung
- Ästhetisierung des abgegebenen Schlammes (landwirtschaftliche Verwertung!)
- Verkleinerung bzw. Entfall der Vorklärung

Als Nachteile sind vor allem die höheren Investitions- und Erhaltungskosten sowie die arbeitsintensive Wartung zu nennen.

Tabelle 4-1 Übliche Durchlassweiten von Rechen und Sieben

übliche Durchlaßweite in mm	Aggregat
100 bis 40	Grobrechen
30 bis 10	Feinrechen
15 bis 5	Grobsieb
6 bis 1	Siebmaschinen
5 bis 0,5	Feinsieb
0,005 bis 0,15	Mikrosieb

Tabelle 4-2 Durchschnittliche Rechen- und Siebgutmengen nach der Durchlassweite ≤ 15 mm

Durchlaßweite in mm	spez. Rechengutmengen in l/(E · a)	
	ungepreßt (8% Feststoffgehalt)	gepreßt (25% Feststoffgehalt)
15,0	11,5	3,9
6,0	16,7	5,7
3,0	22,2	7,6
2,0	26,0	8,9
1,0	34,5	11,8
0,5	45,8	15,7

Rechen- und Siebgut wird meist auf Hausmülldeponien entsorgt.

Rechen und Siebe - Beispiele

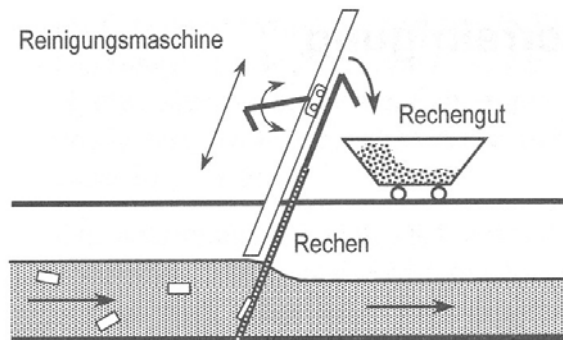


Abb. 4-1: Typische, automatisch gereinigte Rechanlage einer grösseren Kläranlage (GUJER, 2002)

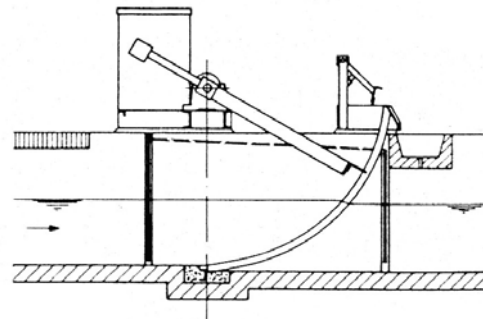


Abb. 4-2: Vorwärtsgeräumter Bogenrechen (ATV, 1997)

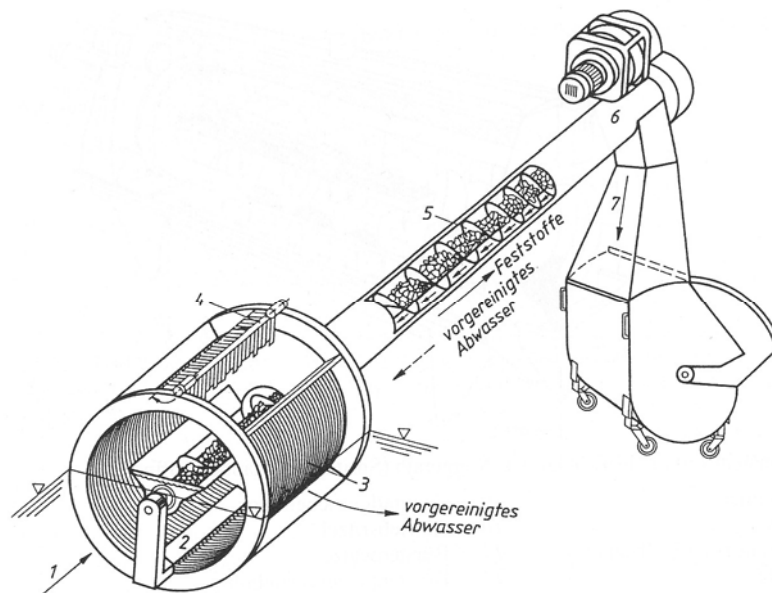


Abb. 4-3 In einem Gerinne eingebaute HUBER ROTAMAT-Siebanlage mit integrierter Siebdruckpresse (Werksfoto der Fa. Hans Huber, Berching) (HOSANG/BISCHOF, 1998)

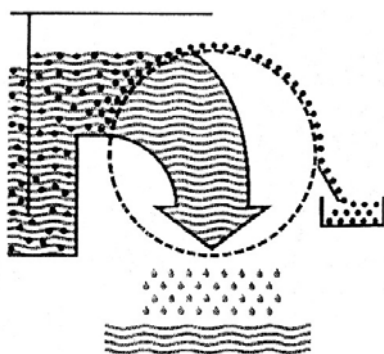


Abb. 4-4 Rotopass-Spaltsieb Bauart PASSAVANT, Systemskizze (Werksfoto der Fa. Passavant, Aarbergen) (ATV, 1997)

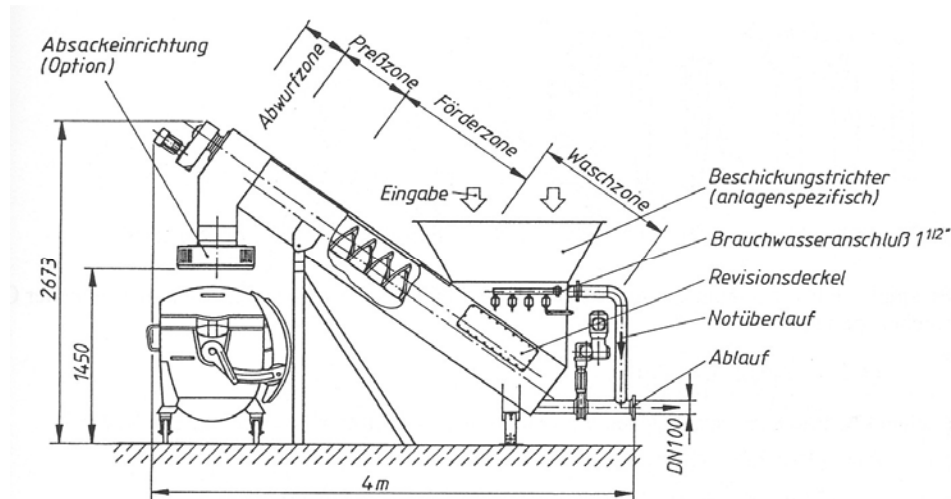


Abb. 4-5 Rechengutwaschanlage (HOSANG und BISCHOF, 1998)

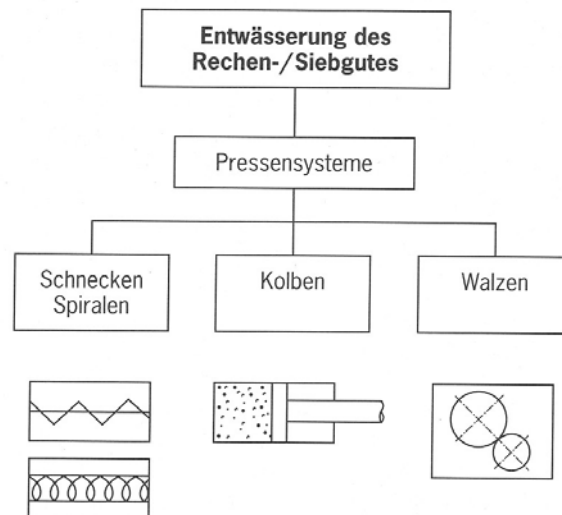


Abb. 4-6 Rechen- / Siebgutentwässerung

4.3 Sandfang

In Sandfängen werden Mineralteilchen mit Korngrößen von 0,1 bis 2 mm abgetrennt, um betriebliche Probleme in anderen Anlagenteilen zu vermeiden. Um die Entsorgung des Sandes zu vereinfachen, soll möglichst wenig organisches Material erfaßt werden. Diese Bedingungen werden bei Fließgeschwindigkeiten von $>0,2$ m/s – 0,3 m/s erreicht, wobei die Auswaschung von organischem Material durch künstliche Turbulenzen (Paddel, Belüftung) unterstützt werden kann.

Belüftete Sandfänge können mit einer Fettabscheidung kombiniert werden

Sandfang - Beispiele (alle ATV, 1997)

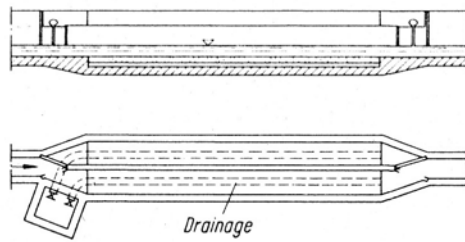


Abb. 4-7: Essener Langsandfang

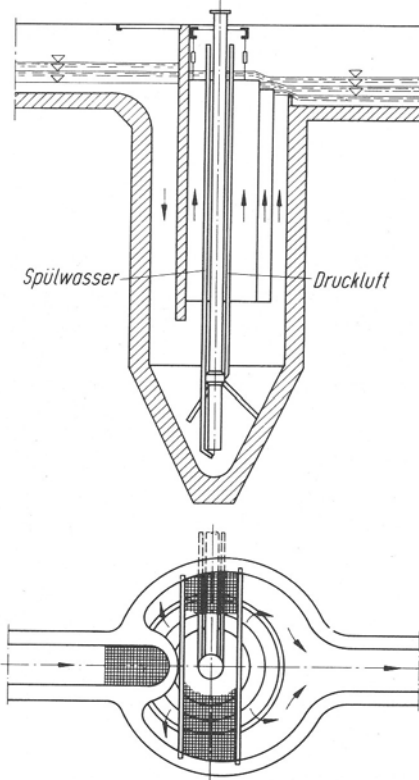


Abb. 4-8: Tiefsandfang nach Blunk

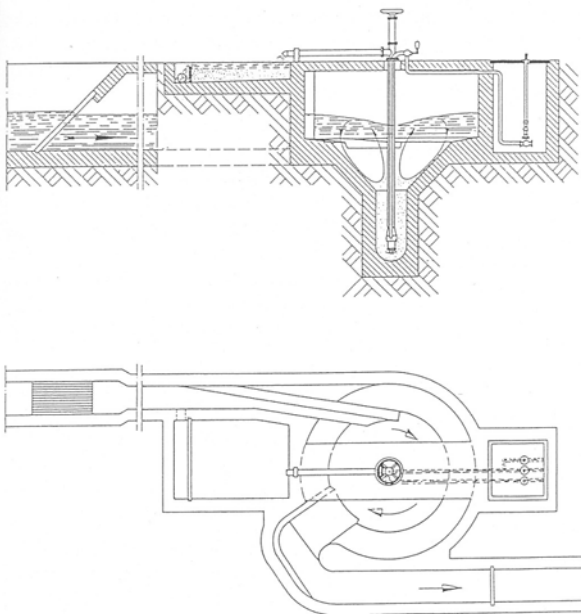


Abb. 4-9: Rundsandfang nach Geiger

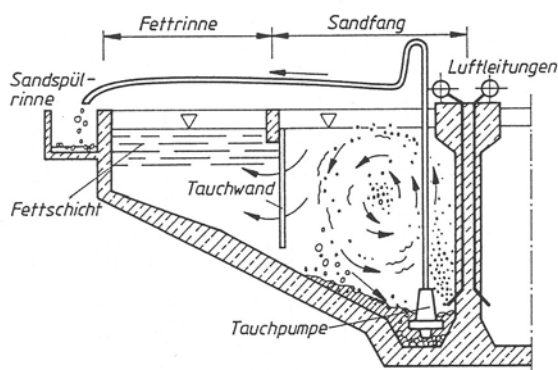


Abb. 4-10: Querschnitt eines belüfteten Sandfangs mit Fettrinne (HOSANG und BISCHOF, 1998)

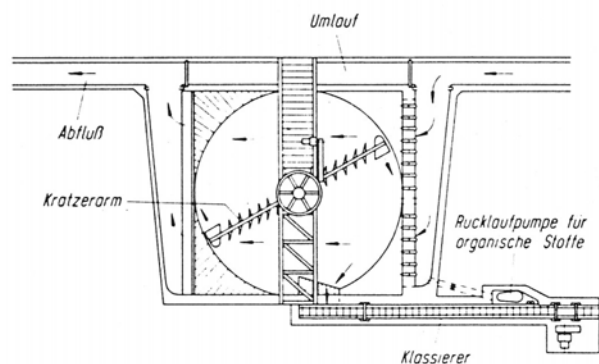


Abb. 4-11: Dorr-Sandfang (ATV, 1997)

4.4 Leichtstoffabscheidung

Als Leichtstoffe werden in diesem Zusammenhang alle Abwasserinhaltsstoffe, fest oder flüssig, mit einer geringeren Dichte als Wasser bezeichnet, die sich nach physikalischen Gesetzen von Wasser trennen lassen, z.B. Fette (aus Küchen, Nahrungsmittelindustrie und Fleischverarbeitung) und Leichtflüssigkeiten (Benzin, Diesel etc.).

Ihre Entfernung erfolgt normalerweise bereits an der Anfallstelle (betriebliche Ölabscheider, Benzinabscheider bei Tankstellen, Fettfänge bei Fleischereien etc.). Im Rahmen der kommunalen Abwassertechnik sind vorwiegend diffus eingetragene Mengen an Haushaltsfetten zu behandeln (Fettfang, ca. 1L/(1.000 EW*d)). Feste Leichtstoffe werden entweder bereits in der Rechenanlage zurückgehalten oder schwimmen in der Vorklärung auf und müssen gesondert abgezogen werden.

Einen Sonderfall stellt die **Flotation** dar. Sie dient dazu, Abwasserinhaltsstoffe, die sich nicht selbsttätig an der Wasseroberfläche sammeln (Emulsionen, Schwebstoffe etc.), zum Aufschwimmen zu bringen. Dies erfolgt durch die Erzeugung feinsten Luftblasen, welche sich an die Inhaltsstoffe anhaften und sie an die Oberfläche tragen.

Beispiele – Leichtstoffabscheidung

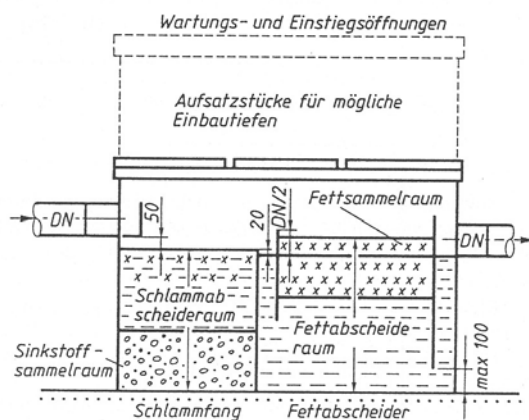


Abb. 4-12 Vertikalschnitt durch einen Fettabscheider (Gusseisen-Ausführung) (HOSANG und BISCHOF 1998)

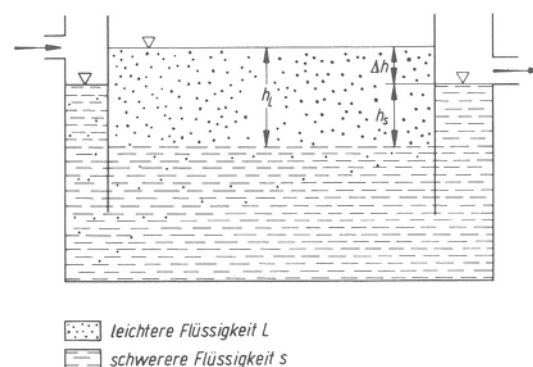


Abb. 4-13 Prinzipieller Aufbau eines Leichtflüssigkeitsabscheiders (ATV, 1997)

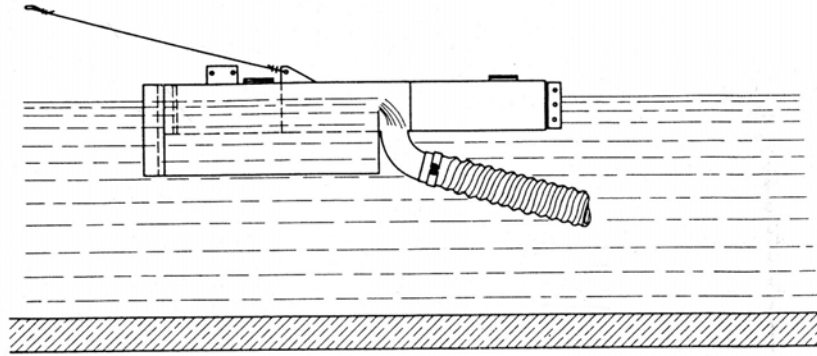


Abb. 4-14 Schwimmender Leichtstoffabscheider im Zulaufgerinne (ATV, 1997)

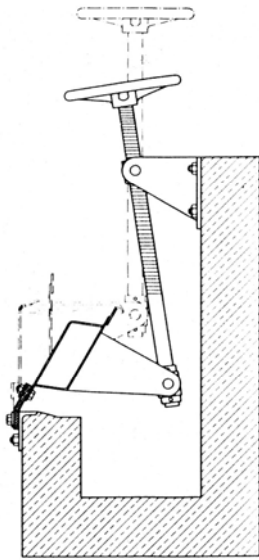


Abb. 4-15 Kippbares Überlaufwehr mit Spindel-
antrieb für Leichtstoffabzug (ATV, 1997)

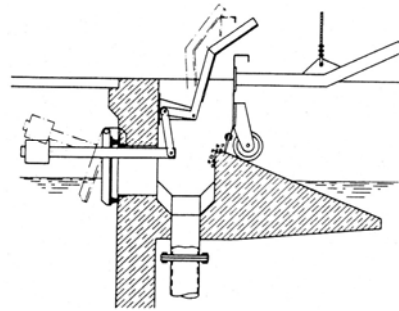


Abb. 4-16 Feste Leichtstoffablaufrinne mit schräger
Aufgleitrampe und Spülklappe (ATV, 1997)

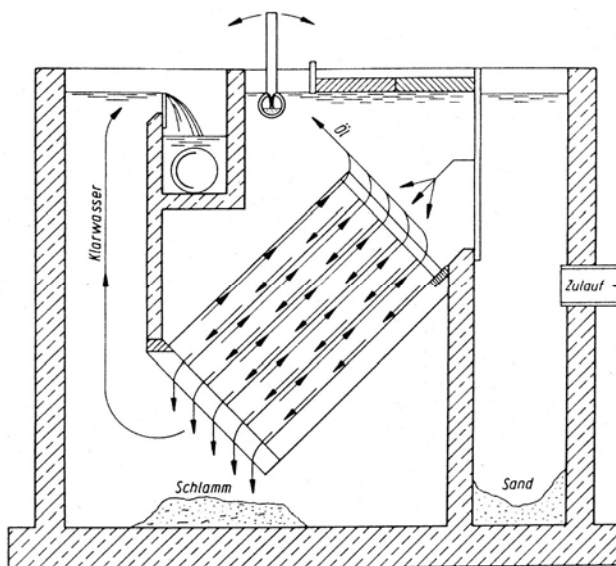


Abb. 4-17 Lamellenabscheider Querschnitt
(WABAG) (ATV 1997)

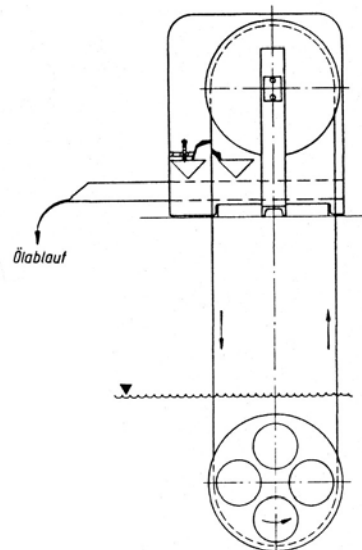


Abb. 4-18 Bandaufnahmegerät Querschnitt
(Schuhmacher) (ATV, 1997)

4.5 Absetzanlagen

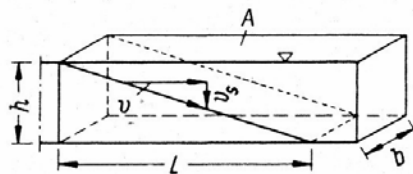
Grundlagen

In Absetzanlagen sinken absetzbare Wasserinhaltsstoffe durch Reduktion der Fließgeschwindigkeit ab und können damit entfernt werden. Durch Wahl der Fließgeschwindigkeit, der Bauform und etwaige chemische Hilfsmittel (Flockung) können bestimmte Fraktionen selektiv abgetrennt werden.

Da die meisten Absetzanlagen kontinuierlich durchflossen werden, ist eine Absetzwirkung dann gegeben, wenn die Zeit, die ein Teilchen zum Absinken bis zur Beckensohle benötigt, geringer ist, als die Aufenthaltszeit im Becken. Bei bekannter Sinkgeschwindigkeit und ideal laminarer Strömung können Absetzanlagen theoretisch genau berechnet werden. In der Praxis müssen schwankende Sinkgeschwindigkeiten und Turbulenzen durch Erfahrungswerte berücksichtigt werden.

Tabelle 4-3 Sinkgeschwindigkeit der aufgeführten Feststoffe bei einer Abwassertemperatur von 10 °C

Stoff	Dichte		Durchmesser mm						
			1,0	0,5	0,2	0,1	0,05	0,01	0,005
Quarzsand	2,56 kg/l	m/h	502	258	82	24	6,1	0,3	0,06
Kohle	1,50 kg/l	m/h	152	76	26	7,6	1,5	0,08	0,015
Schwabstoffe häusl. Abw.	1,20 kg/l	m/h	122	61	18	3	0,8	0,03	0,008



$$1. L = v \cdot t_v \left[\frac{m \cdot s}{s} \right]$$

$$2. h = v_s \cdot t_s \left[\frac{m \cdot s}{s} \right]$$

$$3. \text{Sinkzeit } t_s \text{ gleich Durchflußzeit } t_v \quad t_v = t_s = \frac{L}{v} = \frac{h}{v_s} \text{ [s]}$$

$$4. \text{Für rechteckige Absetzrinne: } v = \frac{Q}{b \cdot h} \text{ [m/s]}$$

$$5. \text{Oberfläche der Absetzrinne: } A = L \cdot b \text{ [m}^2\text{]}$$

$$6. \text{Aus 3-4 folgt: } A = \frac{Q}{v_s} \text{ [m}^2\text{]}$$

Abb. 4-19 Absetzvorgang in laminarer Strömung (ATV, 1997)

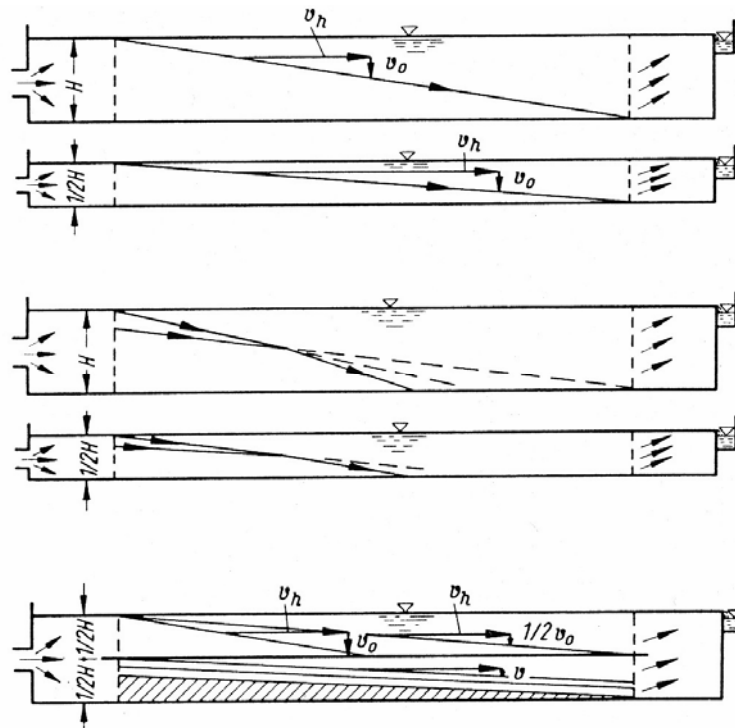


Abb. 4-20 (ATV, 1997)

4.5.2 Vorklärbecken

Entfernung absetzbarer Stoffe $< 0,1 \text{ mm}$ bei Oberflächenbeschickung q_A zwischen $2,5$ und $4,0 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Um ein Aufwirbeln bereits abgesetzter Stoffe zu vermeiden, sollte die Fließgeschwindigkeit bei Trockenwetter bei 1 cm/s liegen. Die Wahl der Aufenthaltszeit richtet sich nach dem gewünschten Abscheidegrad.

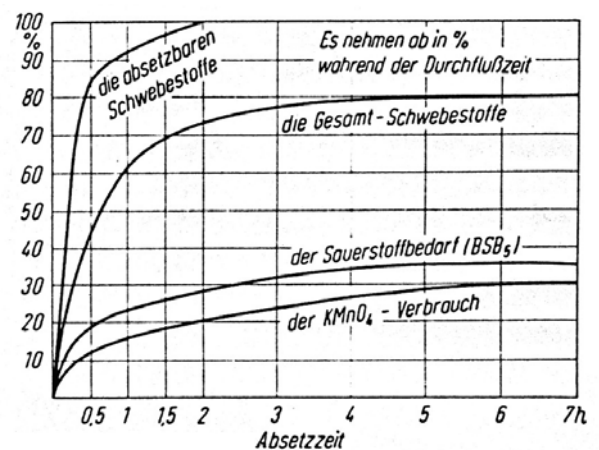


Abb. 4-21: Wirkung der Absetzzeit auf städtisches Rohabwasser (ATV, 1997)

Während früher ein maximaler Abscheidegrad in der Vorklärung angestrebt wurde, erfordern moderne biologische Reinigungsverfahren häufig andere Vorgehensweisen. Sowohl die Denitrifikation als auch die biologische Phosphorentfernung benötigen große Mengen leicht abbaubaren Kohlenstoffs, welcher nicht als Primärschlamm abgezogen werden sollte. Dies wird durch relativ lange Lagerung des abgesetzten Primärschlammes in der Vorklärung und die damit verbundene anaerobe Versäuerung des im Schlamm enthaltenen Kohlenstoffs erreicht.

Bei Vorklärbecken vor Festbett-Biologien (z.B. Tropfkörper) müssen höhere Anforderungen an die Elimination von Feststoffen gestellt werden als vor Belebtschlammanlagen. Ein Gehalt an absetzbaren Stoffen im Ablauf der Vorklärung von $< 0,5 \text{ ml/l}$ verhindert normalerweise eine Verschlammlung der Festbette.

Die Beckengestaltung muss eine störungsarme Strömung gewährleisten, die Beckentiefe liegt meist bei 2-3 m. Die Räumung des abgesetzten Schlammes geschieht automatisch (Zeitsteuerung) mittels Saug-, Schild- oder Kettenräumer. Gleichzeitig erfolgt auch eine Entnahme von Schwimmstoffen.

Nur mehr selten bei kleinen Anlagen im Einsatz sind so genannte Emscherbrunnen, bei denen der abgesetzte Schlamm selbsttätig in einen unter der Absetzkammer liegenden Schlammfahrraum rutscht.

Ein System zur Erzielung großer Abscheideleistungen bei minimalem Platzbedarf stellen so genannte Lamellenabscheider dar. Sie bieten sehr große Absetzflächen bei kleinen Sinkwegen. In der Praxis muss die Problematik der Verstopfung bzw. Reinigung gelöst werden.

Vorklärbecken - Beispiele (ATV, 1997)

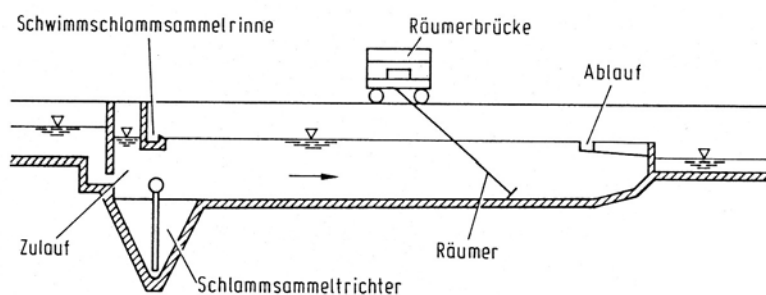


Abb. 4-22 Horizontal durchströmtes Längsbecken

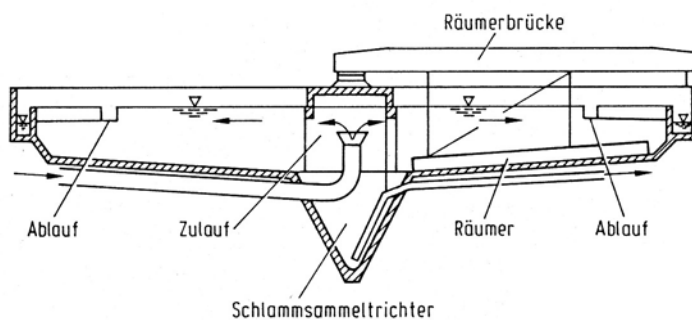


Abb. 4-23 Horizontal durchströmtes Rundbecken

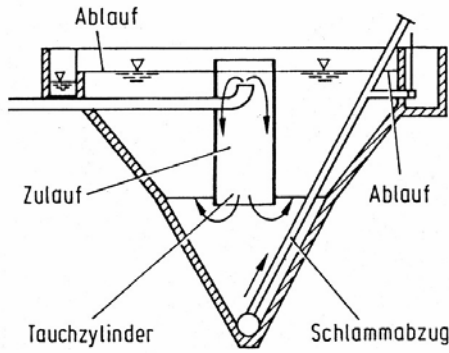


Abb. 4-24 Vertikal durchströmtes Rundbecken („Dortmundbrunnen“)

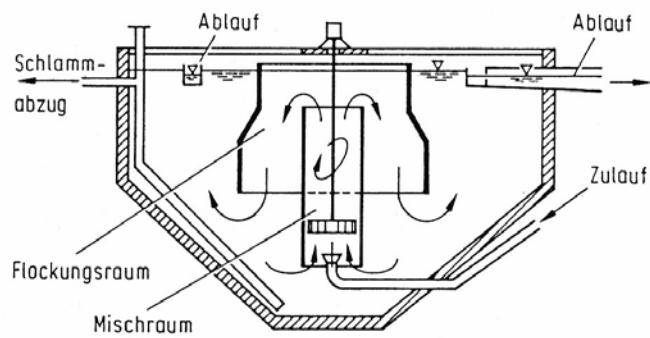


Abb. 4-25 Vertikal durchströmtes Rundbecken mit integrierter Misch- und Flockungszone

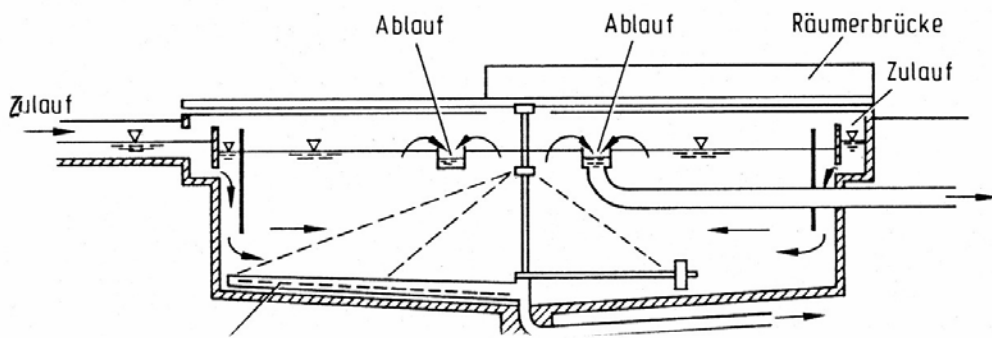


Abb. 4-26 Horizontal durchströmtes Rundbecken mit Randzufluß („Rim-Flo-Becken“)

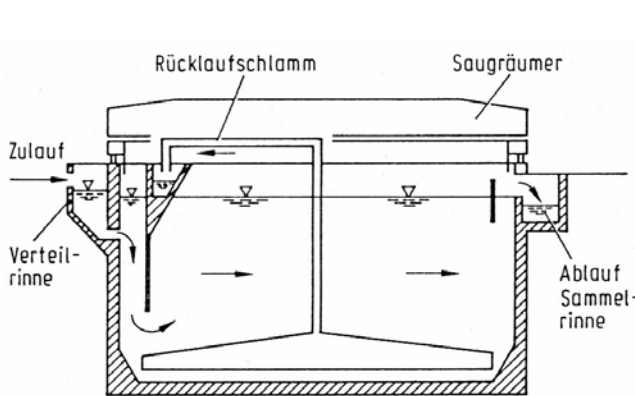


Abb. 4-27 Horizontal querdurchströmtes Rechteckbecken

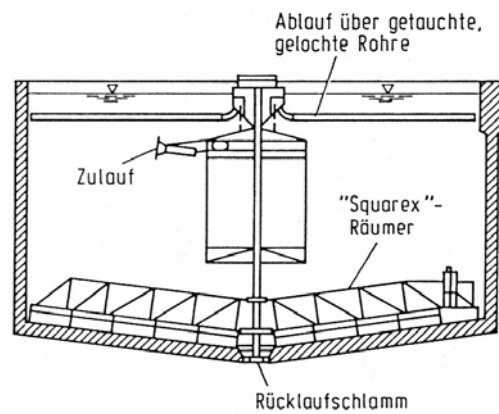


Abb. 4-28 Vertikal durchströmtes, geräumtes Rechteckbecken („Berliner Becken“)

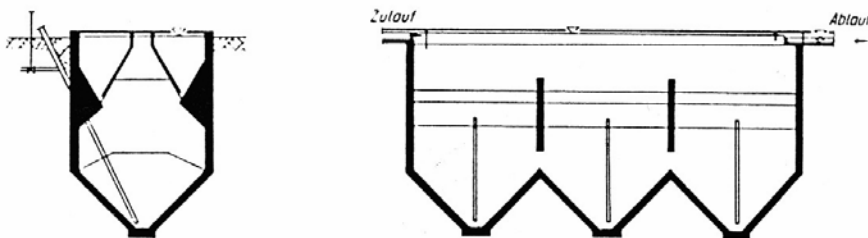


Abb. 4-29 Quer- und Längsschnitt durch einen Emscherbrunnen

Tabelle 4-4 Einteilung der Schlammräumsysteme

Beckenart		Räumsystem	Räumart
Becken mit vorwiegend horizontalem Durchfluß	Rechteckbecken	Schildräumer	Bodenschilde schieben den Schlamm in Trichter oder Abzugsöffnungen.
		Saugräumer	Abzug über Saugdüsen oder Bodenschilde; der Schlamm wird durch senkrecht angeordnete Entnahmerohre abgesaugt.
		Bandräumer	Räumbalken an umlaufenden Ketten schieben den Schlamm zu Abzugspunkt.
	Rundbecken	Schildräumer	Bodenschilde schieben den Schlamm in Trichter oder Abzugsöffnungen.
		Saugräumer	Abzug über Saugdüsen oder Bodenschilde; der Schlamm wird durch senkrecht angeordnete Entnahmerohre abgesaugt.
	Becken mit vorwiegend vertikaalem Durchfluß	Rundbecken mit flacher Sohle	Schildräumer
Trichterbecken		Steigleitung	Schlammabzug aus Trichterspitze durch fest eingebaute Steigleitung zu einem Schlamm-schacht.
		Druckluftheber oder Pumpe	Abzug aus Trichterspitze und anschließende Weiterförderung in Rohrleitung.

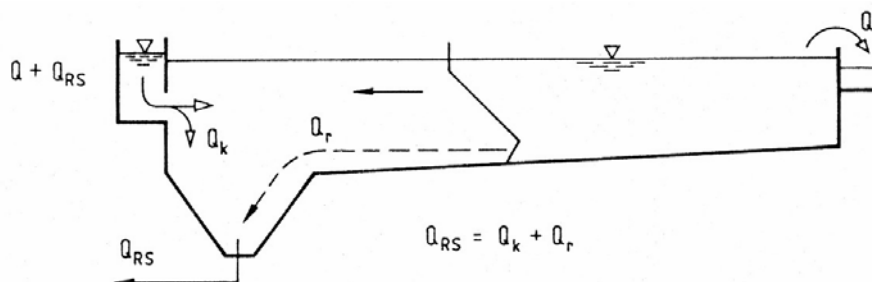


Abb. 4-30 Schildräumung im Rechteckbecken (ATV, 1997)

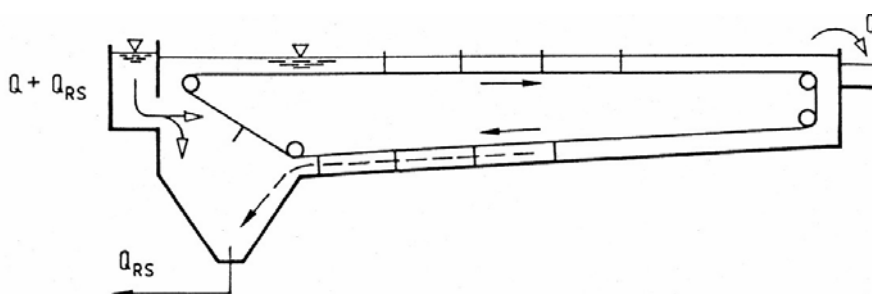


Abb. 4-31 Bandräumung im Rechteckbecken

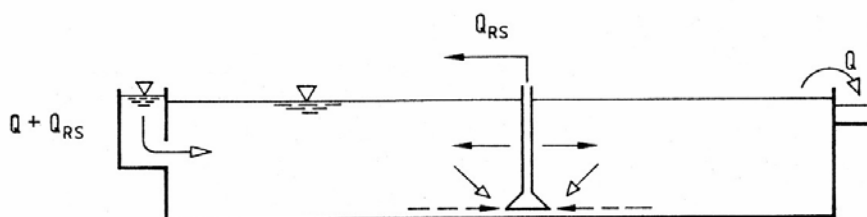


Abb. 4-32 Saugräumung im Rechteckbecken

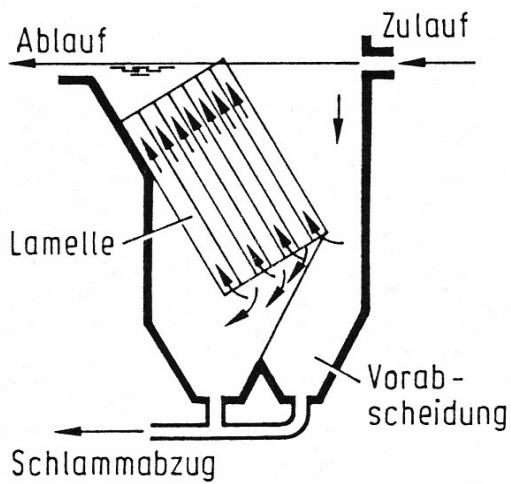


Abb. 4-33 Lamellenabscheider nach dem Gegenstromprinzip

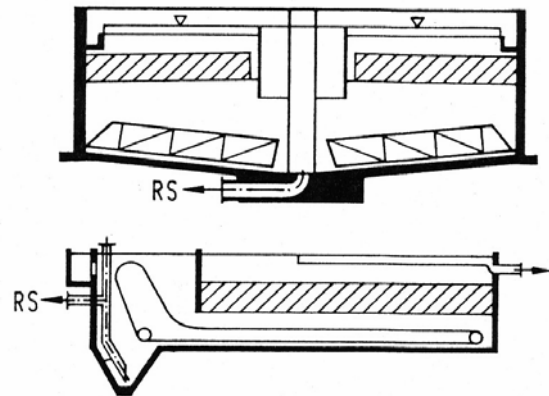


Abb. 4-34 Einbau von lamellen- und kastenförmigen Durchflussprofilen in Nachklärbecken