

Sandabscheideanlagen (Sandfänge und Sandfanggut- aufbereitungsanlagen) *)

Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 2.5.1 „Sandfänge“ im ATV-Fachauschuß 2.5 Absetzverfahren

Der ATV-Arbeitsgruppe 2.5.1 gehören folgende Mitglieder an:

- Dr.-Ing. *Andreas Stein*, Essen (Sprecher)
- Prof. Dr.-Ing. *Frank Wolfgang Günther*, Neubiberg
- Dipl.-Ing. *Gerhard Oßwald*, Eching
- Prof. Dr.-Ing. *Heinz Patt*, Essen
- Dr.-Ing. *Hermann-Josef Roos*, Viersen

Darüber hinaus wirkten mit:

- Dr.-Ing. *Karl-Heinz Kalbskopf*, Dinslaken
- Dr.-Ing. *Günter Ostermann*, Berlin

1. Vorbemerkung

In kommunalem Abwasser sind neben organischen auch mineralische Stoffe enthalten. Zu mineralischen Abwasserinhaltsstoffen zählen die in die Kanalisation eingeschwemmten Sande, aber auch Asche und Glas. Der Sandanteil hängt sowohl von den örtlichen geologischen, topographischen und jahreszeitlichen Gegebenheiten als auch von dem Kanalisationssystem ab. Der Sandanfall in der Kanalisation ist in Gebieten mit sandigen Böden und geneigter Topographie deutlich höher als in ebenen Gebieten mit Felsgestein. Im Mischwasserkanal wird der Kläranlage mehr von der Oberfläche eingeschwemmter Sand zugeführt, als in einem Schmutzwasserkanal im Trennsystem.

1.1 Aufgaben von Sandabscheideanlagen

Aus Gründen der Betriebssicherheit der Kläranlage und der Schlammbehandlungseinrichtungen ist die Trennung der im Abwasser mitgespülten Sande und anderer mineralischer Stoffe von den fäulnisfähigen, organischen Stoffen erforderlich (ATV, 1997). Eine unzulängliche Entfernung des Sandes aus dem Abwasser kann zu folgenden betrieblichen Störungen führen (Seyfried, 1994).

In Absetzbecken gefährden Sandablagerungen die Schlammräumeinrichtung vor allem bei Bandräumern. Stärkere Sandschichten an der Beckensohle können durch den erhöhten Räumwiderstand und durch Abrieb des Sandes Schäden an den Räumbalken und Antrieben verursachen. Bei starkem Sandanfall ist es möglich, daß die Schlammabzugseinrichtungen verstopfen. Sandablagerungen in Zuleitungsdüchern von Rundbecken bewirken erhöhte Einströmverluste.

In Belebungsbecken, insbesondere bei Umlaufgräben, in die das Abwasser ohne Vorklärung und unzureichend entsandet eingeleitet wird, kann das für die Abwasserreinigung erforderliche Volumen durch Ansammlung größerer Sandmengen so weit reduziert werden, daß die Reinigungsleistung beeinträchtigt wird. Bei Kreislaufbelüftung kann durch Sandanteile im belebten Schlamm direkt unter den Kreiseln die Beckensohle abgeschliffen werden.

In Faulbehältern können sich nicht abgeschiedene Sande nach längerer Betriebszeit in solchen Mengen ansammeln, daß das Faulraumvolumen sich so stark vermindert, daß der Schlamm nicht mehr ausreichend ausfaut und sich die Gasausbeute ent-

sprechend verringert (Roos/Stein, 1997). In nachgeschalteten Schlammzentrifugen tritt bei schlechter Sandabscheidung erhöhter Verschleiß auf. Schieber und Rohrleitungen verstopfen, wenn sich Sandschichten aus den Schrägen lösen, wodurch langfristige Betriebsunterbrechungen verursacht werden.

Die bisher übliche Praxis der Ablagerung von Abfällen aus der Abwasserbehandlung wird künftig nur noch sehr eingeschränkt möglich sein. Nach den Anforderungen für die Ablagerung gemäß TA Siedlungsabfall (TASi, 1993) dürfen nur noch Abfälle mit einem Glühverlust von ($\leq 3\%$ (Deponieklasse I) bzw. ($\leq 5\%$ (Deponieklasse II) auf Deponien abgelagert werden.

Folgende Hauptziele sollen daher von Sandfängen mit den dazugehörigen Sandfanggutbehandlungsanlagen erreicht werden:

- Abscheidung des Sandes und des anorganischen Materials bis zu einem Korndurchmesser von 0,2 bis 0,1 mm.
- Trennung dieser Stoffe von faulfähigen, organischen Schlammstoffen.

1.2 Definition Sandfanganlagen und Sandfanggut- behandlungsanlagen

Nach DIN 19 569 Teil 2 (DIN, 1989) werden u. a. Sandfanganlagen nach Merkmalen des Bauwerkes, der technischen Ausrüstung und der Funktion unterschieden (Tabelle 1.1).

Unterscheidung nach	Varianten
Abscheideprinzip	<ul style="list-style-type: none"> • unbelüfteter Sandfang • belüfteter Sandfang • kombinierter Sand- und Fettfang
Beckenform	<ul style="list-style-type: none"> • Rundsandfang • Längssandfang • Flachsandfang
Räumprinzip	<ul style="list-style-type: none"> • Saugräumer • Schildräumer • Förderschnecke

Tabelle 1.1: Unterscheidung von Sandfanganlagen nach DIN 19569, Teil 2

In der Europa-Norm EN 1085 (1997) werden Sandfanganlagen folgendermaßen definiert:

„Bauwerk oder maschinelle Einrichtung zum Abtrennen und Entfernen von Sand und ähnlichen mineralischen Feststoffen sowie möglicherweise zugleich zum Abtrennen von Schwimmstoffen.“

Im weiteren Arbeitsbericht werden „Sandfanganlagen“ („Sandfänge“) und „Sandfanggutaufbereitungsanlagen“ unter dem Oberbegriff „Sandabscheideanlagen“ zusammengefaßt. Entsprechend wird das dem Sandfang entnommene Material als „Sandfanggut“ und das aus Aufbereitungsanlagen stammende Material als „Sandgut“ bezeichnet.

Der Sandfang bildet mit der nachgeschalteten Sandfanggutbehandlung eine funktionelle Einheit; bei der Bemessung ist dies zu berücksichtigen. Eine Sandfanggutbehandlungsanlage ist eine Anlage zum Trennen der im Sandwassergemisch enthaltenen organischen und mineralischen Bestandteile. Sie besteht aus einzelnen oder kombinierten Vorrichtungen zum Klassieren, Waschen, Entwässern, Fördern und Stapeln des abgeschiedenen Sandes. Sie muß eine größere Trennleistung als der Sandfang haben (DIN 19569, 1989).

1.3 Sandanfall

Das spezifische Sandfanggutaufkommen ist von Kläranlage zu Kläranlage sehr unterschiedlich. Untersuchungen von Stein (1992) auf 11 kommunalen Kläranlagen ergaben bei Trockenwetter 10 bis 60 g/m³ an mineralischem Material im Zufluß zum Sandfang im Korngrößenbereich von 0,09 bis 3,0 mm, wobei die Kornfraktion um 0,2 mm den größten Anteil ausmacht. Bei der Bemessung von Sandfängen und den Aufbereitungseinrichtun-

*) Anregungen zum nachfolgenden Arbeitsbericht sind erwünscht. Richten Sie diese bitte an die ATV-Hauptgeschäftsstelle, Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef.

gen für Sandfanggut ist daher darauf zu achten, daß Feinsande ausreichend zurückgehalten werden. Eine hohe Abscheideleistung im Bereich der feinkörnigen mineralischen Partikel ist in der Regel auch mit einem vermehrten Rückhalt organischer Stoffe verbunden.

Der durchschnittliche Sandanfall liegt bei etwa 9 g TR/(E·d) (vgl. Tab. 1.2). Bei rund 70 Mio. Einwohnern, welche bundesweit an mechanische und biologische Kläranlagen angeschlossen sind, fallen in Deutschland jährlich über 200 000 Mg Sandfanggut (Trockenmasse) an. Im entwässerten Zustand variiert der Wassergehalt des Sandfanggutes üblicherweise zwischen 30 und 70 %, so daß aus der kommunalen Abwasserreinigung schätzungsweise zwischen 400 000 und 500 000 Mg Sandfanggut jährlich zur Entsorgung anstehen.

Um den Sandanfall auf der Kläranlage zu reduzieren, ist eine sorgfältige Planung der Kanalisation erforderlich. So kann z. B. durch eine leicht erhöhte Anordnung der Kontrollschächte, sofern dadurch nicht Stolperstellen entstehen, erreicht werden, daß bei Regenwetter weniger Sand durch die Lüftungsöffnungen in die Kanalisation gelangt.

Regelmäßige Wartung und Spülung der Kanalisation sowie Entleerung der Schlammeimer entlasten alle technischen Einrichtungen in der Kläranlage, insbesondere auch den Sandfang und die Sandwasch- und Aufbereitungsanlagen. Werden bei Bau und Betrieb der Kanalisation Undichtigkeiten, durch die Sand und Grundwasser eindringen können, vermieden (Günthert, 1992), Rohrschäden rechtzeitig repariert und jede weitere dem Sandfang vorgeschaltete Einrichtung optimal und fachgerecht ausgeführt, gewartet und betreut, so wird ein Sandfang auch nicht mit anderen Fremdstoffen belastet.

1.4 Beschaffenheit von Sandfanggut

Die dem Sandfang entnommenen Feststoffe (Sandfanggut) stellen ein heterogenes Gemisch aus organischen und mineralischen Bestandteilen dar. Neben Sand findet man hier alle sedimentierfähigen, körnigen Abwasserinhaltsstoffe, die in der vorgeschalteten Rechenanlage nicht zurückgehalten wurden, z. B. Nahrungsmittelreste, pflanzliche und tierische Abfälle, Scherben, Asche, Zigarettenkippen und Kronkorken.

Wichtige Parameter zur Charakterisierung dieses Materials sind der Wassergehalt bzw. Trockenrückstand, der Glühverlust des Trockenrückstandes und die Korngrößenverteilung. Der maximale Korndurchmesser reicht in Einzelfällen bis zu d = 10 mm, gegebenenfalls auch darüber. Es ist zu beachten, daß in der Regel 90 % bis 95 % der Gesamtmasse im Bereich d < 2 mm anzutreffen sind. Der mineralische Anteil findet sich hauptsächlich in Korngrößen d < 0,5 mm wieder. Bei den größeren Partikeln handelt es sich überwiegend um organische Stoffe. Der Anteil der organischen Bestandteile (oTR) variiert zwischen 5 % und 80 %; (Dohmann/Dimovsky, 1993). Im entwässerten Zustand bewegt sich der Wassergehalt üblicherweise zwischen 30 und 70 % (vgl. Tabelle 1.2).

Die stoffliche Beschaffenheit des Sandfanggutes wird im wesentlichen durch die Zusammensetzung des Abwassers und durch die Abscheideleistung sowie die Trennschärfe des Sandfanges hinsichtlich der mineralischen und organischen Bestandteile des Abwassers bestimmt. Es wird zwischen

- Wasser,
- mineralischen Stoffen (Sand u. a.),
- Schlamm sowie
- groben organischen Partikeln

unterschieden.

Der mineralische Anteil des Abwassers unterliegt sowohl jahreszeitlichen als auch witterungsbedingten Einflüssen und Schwan-

kungen. Er ist weiterhin, wie bereits erwähnt, durch die geologischen und die topographischen Eigenschaften des Entwässerungsgebietes geprägt.

Kenngroße	Einheit	Bereich
spez. Volumen	l/(E·a)	2 - 12 (im Mittel 4,5)
spez. Masse	g TR/(E·d) kg TR/(E·a)	im Mittel 9 1,5 - 9 (im Mittel 3,3)
Dichte (feucht)	Mg/m³ bzw. t/m³	1,2 - 1,6
pH-Wert	---	6,5 - 7,5
Trockenrückstand TR	%	30 - 70
Glühverlust	% des TR	5 - 80

Tabelle 1.2: Stoffliche Kenngroßen von Sandfanggut aus kommunalen Kläranlagen (durchschnittliche Jahreswerte) nach (Seyfried et. al., 1985; Dohmann/Dimovsky, 1993; Imhoff, 1993; Huppert-Nieder, 1995)

2. Grundlagen des Absetzens in Sandfängen

Die Absetzvorgänge in Sandfängen werden durch die Wirkung der Erdanziehungskraft auf die Feststoffpartikel und das umgebende Fluid bestimmt. Bei belüfteten Sandfängen sind zusätzlich die künstliche Energiezugabe (Luftzugabe) und deren Auswirkungen auf das Strömungsfeld zu berücksichtigen (Spiralströmung).

2.1 Sinkgeschwindigkeiten in ruhenden Flüssigkeiten

In einer ruhenden Flüssigkeit sind die Feststoffteilchen Gewicht-, Auftriebs- und Reibungskräften ausgesetzt (Abbildung 2.1).

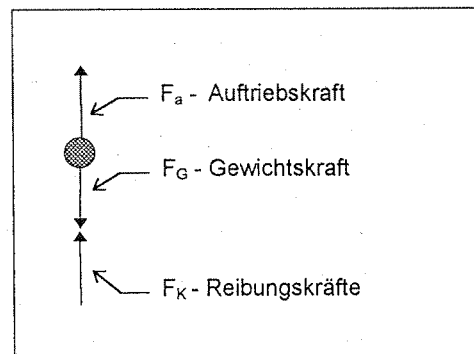


Abb. 2.1: Kräfte auf ein sedimentierendes Feststoffteilchen in ruhender Flüssigkeit

Unter der Voraussetzung des Kräftegleichgewichts ($F_K = F_G - F_A$) kann die Sinkgeschwindigkeit v_s einer Kugel in einer ruhenden Flüssigkeit mit Hilfe folgender Gleichung bestimmt werden (siehe auch Abbildung 3.3 und ATV, 1997).

$$v_s = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{g \cdot d}{c_D} \cdot \left(\frac{\rho_F - \rho}{\rho} \right)} \quad \left[\frac{m}{s} \right]$$

mit

v_s Sinkgeschwindigkeit [m/s]

ρ_F Dichte Feststoff [kg/m³] (z. B. Quarzsand: 2 650 kg/m³)

ρ Dichte Wasser [kg/m³] (1 000 kg/m³)

d Korndurchmesser [m]

c_D Widerstandsbeiwert [-].

Der Widerstandsbeiwert c_D ist abhängig von der Kornform und der Reynolds-Zahl. Für Quarzsand und ruhendes Wasser kann überschlägig mit den Werten nach Tabelle 1.3 gerechnet werden.

Korndurchmesser d [mm]	c_D [-]
0,1	35
0,2	7
0,5	3,5
1,0	2,2

Tabelle 1.3: Widerstandsbeiwert c_D von kugelförmigen Partikeln in ruhendem Wasser ($2\ 650\ \text{kg/m}^3$)

Weitere Angaben für den Widerstandsbeiwert c_D können auch der Literatur (z. B. Schrimpf, 1987; Patt 1990) entnommen werden.

2.2 Partikelbewegung im Strömungsfeld

In einem beliebigen Strömungsfeld wird die Bewegung eines Feststoffpartikels zusätzlich durch die Geschwindigkeitsverteilung beeinflusst. Die Einflüsse aus dem Strömungsfeld überlagern sich mit den Sinkgeschwindigkeiten der Inhaltsstoffe.

● Absetzen in einer vertikal nach oben gerichteten Strömung

In einer vertikal nach oben gerichteten Strömung können nur Teilchen absinken, deren Absetzgeschwindigkeit v_s größer ist, als die Geschwindigkeit der aufsteigenden Strömung v_y . Die effektive Sinkgeschwindigkeit $v_{s,eff}$ der Feststoffpartikel entspricht der Differenz

$$v_{s,eff} = v_s - v_y \text{ [m/s]}$$

● Absetzen in horizontal durchströmten Becken

Im Fall einer horizontalen Strömung ($v_y = 0$) kann die Partikelbahn aus der vektoriellen Addition der örtlichen Fließgeschwindigkeit v_z (Horizontalkomponente) und der Sinkgeschwindigkeit v_s (Vertikalkomponente) bestimmt werden (siehe Abbildung 2.2). Die Sinkgeschwindigkeit v_s muß zur ausreichenden Sandabscheidung stets größer als die Oberflächenbeschickung q_A sein.

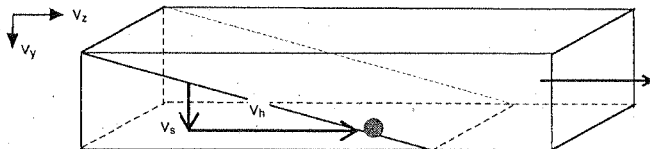


Abb. 2.2: Stationäre Teilchenbewegung in horizontaler Strömung

2.3 Belüftete Sandfänge

Belüftete Sandfänge gehören zu den horizontal durchströmten Sandfängen. Durch die Luftzufuhr wird im Sandfangquerschnitt eine Walzenströmung mit horizontaler Achse induziert. Dadurch wird die Turbulenz erhöht, wodurch die Trennung zwischen mineralischen und organischen Stoffen begünstigt wird. Ein Übermaß an Turbulenz beeinträchtigt aber auch den Sandrückhalt.

Durch die Überlagerung der Walzenströmung mit der horizontalen Beckendurchströmung entsteht eine Spiralströmung, in der sich die Partikel bewegen (Abbildung 2.3). Hinweise zu den Geschwindigkeitsverteilungen in einem belüfteten Sandfang finden sich bei Schrimpf (1987) und Patt (1989).

Je nach Ausgangspunkt, Größe und Dichte haben Partikel unterschiedliche Absetzwege. Feststoffteilchen, die in Querschnittsmitteln zugegeben werden, befinden sich in einem Bereich größerer Längsgeschwindigkeit, als Teilchen in wandnahen Bereichen.

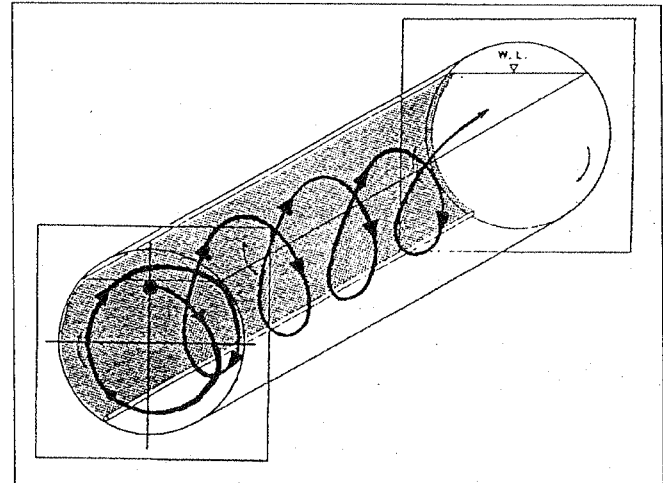


Abb. 2.3: Spiralförmige Bahn eines Feststoffteilchens in einem belüfteten Sandfang mit Kreisquerschnitt (Patt/Stein, 1996)

Letztere legen daher, bis sie die Sohle erreichen und sich dort absetzen können, in Beckenlängsrichtung einen kürzeren Weg zurück. Kleinere Partikel werden von der Strömung stärker beeinflusst, als größere. Die größeren Partikel sinken demgegenüber schneller nach unten.

Ein mathematisches Modell zur Simulation der Partikelbewegung in einem belüfteten Sandfang mit kreisförmigem Fließquerschnitt wurde von Patt (1989) entwickelt. Bei Berücksichtigung der jeweiligen Geschwindigkeitsverteilungen gelten die Aussagen aber auch für andere Querschnittsformen.

2.4 Hydrozyklone

Hydrozyklone werden zur Entsandung, Eindickung und Klassierung eingesetzt. Das Abwasser wird durch den Einlaufkanal tangential in den zylindrischen Teil des Zyklons eingeführt. Durch die Umlenkung des Flüssigkeitsstromes entsteht eine Drehströmung. Der Trennvorgang erfolgt unter Wirkung der erzeugten Zentrifugalkraft, d. h. die spezifisch schwereren Partikel werden an die Zyklonwand geschleudert und in Richtung Unterlauf transportiert. Spezifisch leichteres Material gelangt in den Innenwirbel der Rotationsbewegung und wird durch den Oberlauf abgeführt (Hillgardt, 1986). Zur Abscheidung feiner Sande sind kleine Zyklondurchmesser und hohe Einströmgeschwindigkeiten erforderlich.

In kommunalen Kläranlagen können Hydrozyklone durch organische Anteile oder Metallteile im Sandfanggut verstopfen. Günstiger ist der Zykloneinsatz als Teil von Sandaufbereitungsanlagen oder bei Anfall homogener Sande (z. B. Zuckerfabriken) zu bewerten.

3. Sandfänge

3.1 Arten und Funktionsweisen

3.1.1 Flachsandfänge

Zur Gruppe der Flachsandfänge zählen alle Sandfangtypen mit horizontalem Durchfluß (z. B. der Essener Langsandfang, der Dorr-Sandfang oder ähnliche Konstruktionen). Der Konstruktion nach sind Flachsandfänge Absetzrinnen oder flache Absetzbecken. Der Klassiereffekt soll bei diesen Sandfangtypen durch Vorgabe einer horizontal gerichteten Fließgeschwindigkeit von 20 bis 30 cm/s erreicht werden, bei welcher sich die mineralisierten Inhaltsstoffe absetzen, während die spezifisch leichteren organischen Stoffe von der Strömung in Schwebe gehalten und abgespült werden sollen.

Langsandfänge werden als Spülrinnen, meist mit zwei Kammern, mit Rechteck- oder Trapezquerschnitt gebaut. Die Räumung erfolgte früher oft von Hand, heute zunehmend mit Hilfe von Schild- oder Saugräumern. Bei größeren Anlagen sind automatische, an verfahrbaren Brücken installierte Räumssysteme üblich.

Da bei veränderlichem Zufluß die Horizontalfließgeschwindigkeit nahezu konstant gehalten werden soll, muß der Durchflußquerschnitt angepaßt werden. Dies kann durch Querschnittsveränderungen geschehen, z. B. durch den Einbau von Stauprofilen oder durch Gerinneeinschnürungen im Ablauf von Langsandfängen.

Das Abwasser wird beim Dorr-Sandfang dem flachen Betonbecken von meist quadratischer Grundfläche an einer Seite zugeführt (vgl. ATV, 1997). Zur Verteilung des Zuflusses sind vor dem Einlaufquerschnitt verstellbare vertikale Leittafeln angebracht, um eine möglichst gleichmäßige Durchströmung des Beckens zu erreichen. Nach Durchfließen des Beckens überströmt das Abwasser ein Ablaufwehr mit freiem Überfall. Das auf der Beckensohle abgesetzte Material wird unter Wasser durch einen drehenden Räumern nach außen in eine seitlich angeordnete Rutschenöffnung geschoben. Die Kratzer sind so konstruiert, daß sie sich bei starken Sandablagerungen an der Sohle automatisch anheben und den Sand von oben schichtweise abschieben, wodurch eine Überbelastung der Räumereinrichtung vermieden wird.

3.1.2 Rundsandfänge

In Rundsandfängen wird das Abwasser einem kreisförmigen Trichterbecken am Rande tangential zugeführt. Beim Rundsandfang nach Geiger (1942) gelangt das Abwasser nach Durchfließen eines Zentriwinkels von über 180° in den Auslauf.

Durch die Kreisströmung entsteht ein Quergefälle im Sandfang, das den Transport des abgeschiedenen Sandes in den zentralen Sammelraum begünstigt (Abbildung 3.1). Der Sandrückhalt kann durch die Anordnung einer geraden Zulaufstrecke vor dem Sandfang mit Fließgeschwindigkeiten zwischen 0,7 und 1,1 m/s verbessert werden. Darin sinken die Sande bis in den Sohlbereich ab und werden nicht mehr über den höher liegenden Ablauf ausgespült. Die Wasserspiegelregelung erfolgt zweckmäßig über eine Kombination von Streichwehrablauf und Venturi-Einschnürung im Ablaufgerinne (Ostermann, 1967 und 1968).

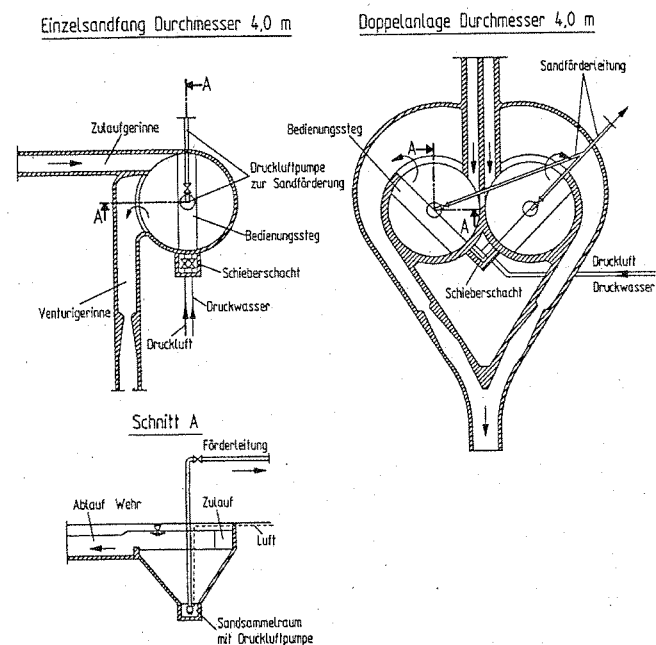


Abb. 3.1: Bauweisen von Rundsandfängen mit tangentialen Zulaufgerinne (nach TGL 22765, 1976)

Vorteilhaft ist der geringe Platzbedarf von Rundsandfängen sowie die einfache Sandfangguträumung durch eine stationäre, robuste Druckluftpumpe. Eine Sandfanggutspülung zur Verringerung der organischen Anteile vor der Räumung ist möglich. Bei zu intensiver Spülung können Feinsande wieder ausgetragen werden. Der gesonderte Sandsammelraum im Sandfangtrichter kann bei großen Rundsandfängen mit über 5 m Durchmesser entfallen. Bei hohem Sandanfall in Industrieanlagen ist eine kontinuierliche Räumung möglich.

Eine Abwandlung stellt der Strate-Sandfang dar, wobei Elemente des Tiefsandfanges und eine Belüftung verwendet werden. Das Abwasser wird tangential in eine zentrisch angeordnete Innenkammer geleitet, in der die Strömung abgebremst und nach unten abgelenkt wird. Nach Unterströmen der Tauchwand des Innenraumes gelangt das Abwasser in den oberflächennahen Ablauf. Die spezifisch schwereren Bestandteile sinken in den Sandsammelraum ab. Die Trennung von Sand und spezifisch leichteren Bestandteilen wird durch eine Ringbelüftung an der Unterkante der Tauchwand unterstützt.

3.1.3 Belüftete Sandfänge

Bei den bisher beschriebenen Sandfangtypen ist es schwierig, eine konstante, vom Zufluß unabhängige Fließgeschwindigkeit einzuhalten. In einem belüfteten Sandfang können diese Schwierigkeiten weitgehend ausgeschaltet werden. Die Ablagerung organischer Stoffe wird durch eine gleichmäßige Umwälzströmung begrenzt. Diese wird durch Einblasen von Luft in Sohlhöhe an einer Sandfangbeckenseite erzeugt. Querschnittsform und zugehörige Abmessungen sind so zu wählen, daß eine gleichmäßige Umwälzung des Abwassers im Becken erreicht wird (siehe auch Kapitel 2.3).

Untersuchungen über den Einfluß von Querschnittsform und Luft-eintrag auf den Sandrückhalt haben gezeigt, daß eine Ausrundung des Querschnittes in bezug auf das Geschwindigkeitsprofil günstig ist (Hartmann/Pöpel, 1958; Dönges/Londong, 1965; Patt, 1989; Stein, 1992).

Bei heutigen Kläranlagen kommen zumeist bautechnisch einfach herzustellende Trapezprofile zum Einsatz (siehe auch Abb. 3.4). Auf der Seite der Belüfterrohre soll die Sohle möglichst steil ansteigen. Die Sandsammelrinne wird zweckmäßig seitlich nahe den Belüfterrohren angeordnet. Sie soll nicht zu breit gewählt werden, um Wirbelbildungen und Sekundärwalzen zu vermeiden, die bereits abgelagertes Material erneut aufwirbeln können.

Die Einlaufströmung muß abgebremst werden, um bei Regenwetterzufluß eine merkliche Verkürzung der wirksamen Länge des Sandfanges zu verhindern. Erfolgt der Zulauf in Längsrichtung, ist eine Prallwand vorzusehen. Bei seitlicher Zuführung wird die Einlaufströmung gegen die gegenüberliegende Wand gelenkt (BOES, 1990).

Am Ende des Beckens soll das Abwasser möglichst aus der Walzenmitte abgezogen werden. Häufig wird dort auch eine Überlaufschwelle angeordnet, um die Wasserstände im Becken in ihrer Höhenlage festzulegen.

3.1.4 Sandfänge mit hydraulischer Umwälzung

Um einen biologischen Abbau bereits im Sandfang konsequent zu vermeiden, dürfte kein Sauerstoffeintrag durch Luftzufuhr erfolgen. Eine Möglichkeit hierzu ist für die Erzeugung einer gleichmäßigen Umwälzströmung hydraulische Systeme einzusetzen (Gruber et. al., 1988). Zum Umwälzen des Wasserkörpers wird Wasser vom Ablauf des Sandfanges oder der Vorklärung entnommen und, analog der Belüftung, seitlich durch Düsen mit aufwärtsgerichtetem Strahl eingedrückt.

Um eine Walzenströmung zu erzeugen, sind jedoch große Rezirkulationsraten erforderlich, die bei der Berechnung der Durch-

flußzeit berücksichtigt werden müssen. Vergleichende Untersuchungen hinsichtlich Betrieb und Wirkungsgrad sowie allgemeine Bemessungsempfehlungen liegen jedoch bislang nicht vor.

3.1.5 Tiefsandfänge

Die Konstruktion des Tiefsandfanges (Blunk, 1933; ATV, 1997) wurde auf die Absetzgleichung von Hazen (1904) abgestimmt, nach der für den angestrebten Ausscheidungseffekt der Sandkörner die Flächenbeschickung maßgebend ist.

Das Abwasser wird in einen zylindrischen Behälter geleitet und durchströmt diesen vertikal von unten nach oben. Hierbei sinken diejenigen Stoffe zur Trichterspitze ab, deren Sinkgeschwindigkeit größer ist als die Strömungsgeschwindigkeit des aufsteigenden Wassers.

Beim Tiefsandfang wird angestrebt, die Strömungsgeschwindigkeit des aufsteigenden Wasserstromes unabhängig von der Zuflußwassermenge konstant zu halten, indem die Querschnittsfläche durch konzentrische Tauchzylinder in Zonen unterteilt wird. Bei minimalem Abwasserzufluß wird nur die äußere Ringzone durchflossen. Mit steigendem Zufluß treten die übrigen Ringzonen nacheinander in Funktion. Der Durchflußquerschnitt der einzelnen Ringzonen wird für eine vorgegebene Flächenbeschickung bestimmt. Bei z. B. $v_0 = q_A = 10 \text{ cm/s}$ wird nur eine Grobentsandung des Abwassers für Sande über 0,6 mm Korn Durchmesser ermöglicht.

Der Tiefsandfang sollte heute nicht mehr eingesetzt werden, da er die Anforderungen hinsichtlich der Entnahme von Feinsanden nicht erfüllt.

3.1.6 Siebanlagen

Die Entnahme von Sand mittels Siebanlagen ist prinzipiell möglich und erfolgt, wenn auch in begrenztem Maße, automatisch durch die Anlagerung von mineralischen Stoffen an das Rechen- und Siebgut. Zur gezielten Entnahme von Feinsanden sind jedoch entsprechend geringe Durchlaßweiten der Siebanlagen erforderlich.

Ein Einsatz derartiger Systeme zur Entnahme von Sanden aus dem Abwasser erscheint auf Kläranlagen nicht sinnvoll; sie werden jedoch zur Abtrennung grober Sande aus dem Sandfanggut und zu dessen Entwässerung eingesetzt.

3.1.7 Vorklärungen als Sandfang

Grundsätzlich ist es auch möglich, auf Sandfänge im Hauptstrom zu verzichten. Dann wird der Sand gemeinsam mit dem Primärschlamm in der Vorklärung abgesetzt. Eine Trennung von Sand und Primärschlamm kann anschließend z. B. in einem belüfteten Sandfang erfolgen (Patt/Stein, 1996). Während frühere Anwendungen dieses Verfahrens anfällig auf Verstopfungen durch Sperr- und Spinnstoffe reagierten, ist mit zunehmender Verbreitung und Betriebssicherheit von Feinrechenanlagen diese Gefahr gebannt. Auch der Verschleiß von Pumpen ist heute nicht mehr so problematisch.

3.2 Bemessung und Konstruktion

Im folgenden werden die in der Literatur genannten und zum Teil über 30 Jahre alten Bemessungshinweise zu den unterschiedlichen Sandfangtypen dargestellt. Da über Trennleistung und Bemessung keine vergleichenden Untersuchungen zwischen verschiedenen Sandfangtypen existieren, führen die verschiedenen Bemessungsregeln zu unterschiedlichen Abscheideleistungen. Zusätzlich haben sich die Anforderungen an die Sandabscheidung geändert.

Nach DIN 19569 (1989) wird für Sandfanganlagen im Standardfall als Trennleistung ein Abscheidegrad von 95 % für die Trenn-

korngröße $d_T = 0,2 \text{ mm}$ gefordert. Liegen für eine Bemessung keine Angaben über die erreichbare Trennleistung vor, kann in vielen Fällen alternativ auch nach der Durchflußzeit bei Q_{\max} bemessen werden. Dabei können näherungsweise die Werte für belüftete Sandfänge zugrundegelegt werden (siehe Tabelle 3.1).

3.2.1 Flachsandfänge

In Flachsandfängen wirkt sich der von Dobbins (1944) und Camp (1946) rechnerisch nachgewiesene verzögernde Einfluß der Strömungsturbulenz auf den Absetzvorgang erheblich aus. Dies gilt insbesondere für Feinsande. Zur Bemessung derartiger Sandfänge ist daher die durch einen Korrekturfaktor v_s/v_0 erweiterte Gleichung von Hazen (1904) zu benutzen

$$A = \frac{v_s}{q_A} \cdot \frac{Q}{v_s} = \frac{Q}{q_A} \quad [\text{m}^2]$$

Darin sind

v_s = Sinkgeschwindigkeit eines Sandkornes [m/h]

(siehe Kapitel 2.1)

q_A = Flächenbeschickung [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$]

Q = Zufluß [m^3/h]

A = Sandfangoberfläche [m^2]

Den von Kalbskopf (1966) experimentell ermittelten Korrekturfaktor v_s/q_A zeigt Abbildung 3.2. Die gleichfalls für verschiedene Korndurchmesser versuchstechnisch ermittelten zulässigen Flächenbeschickungen q_A sind in Abbildung 3.3 dargestellt. Weitere Hinweise finden sich bei Schrimpf (1987).

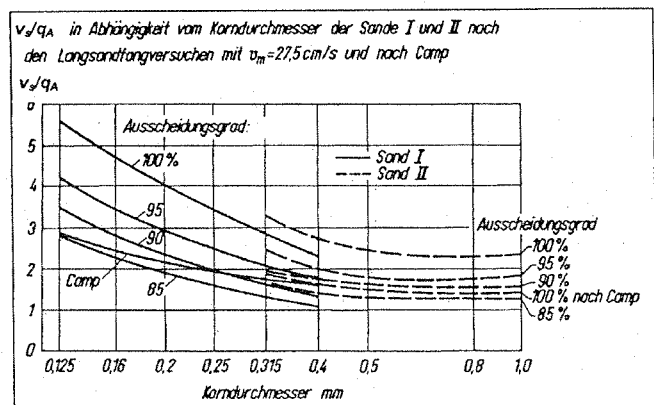


Abb. 3.2: Korrekturkoeffizienten für die Bemessung von Flachsandfängen (nach Kalbskopf, 1966)

Zur Ermittlung der Abmessungen eines horizontal durchflossenen Sandfanges stehen folgende Gleichungen zur Verfügung:

$$A = Q/q_A = L \cdot B \quad [\text{m}^2] \text{ und}$$

$$A_L = Q/v \quad [\text{m}]$$

mit

$$L = \text{Sandfanglänge} \quad [\text{m}]$$

$$B = \text{Sandfangbreite} \quad [\text{m}]$$

$$A = \text{Oberfläche des Sandfanges} \quad [\text{m}^2]$$

$$A_L = \text{durchströmte Querschnittsfläche des Sandfanges} \quad [\text{m}^2]$$

$$v = \text{Horizontalgeschwindigkeit} \quad [\text{m/h}]$$

Der maximale Zufluß Q und die zulässige Flächenbeschickung q_A sind vorzugeben.

Die Anordnung eines Staubleches an der Ablaufseite des Sandfanges, dessen Durchflußprofil so berechnet ist, daß die horizontale Fließgeschwindigkeit in der Sandfangrinne weitgehend kon-

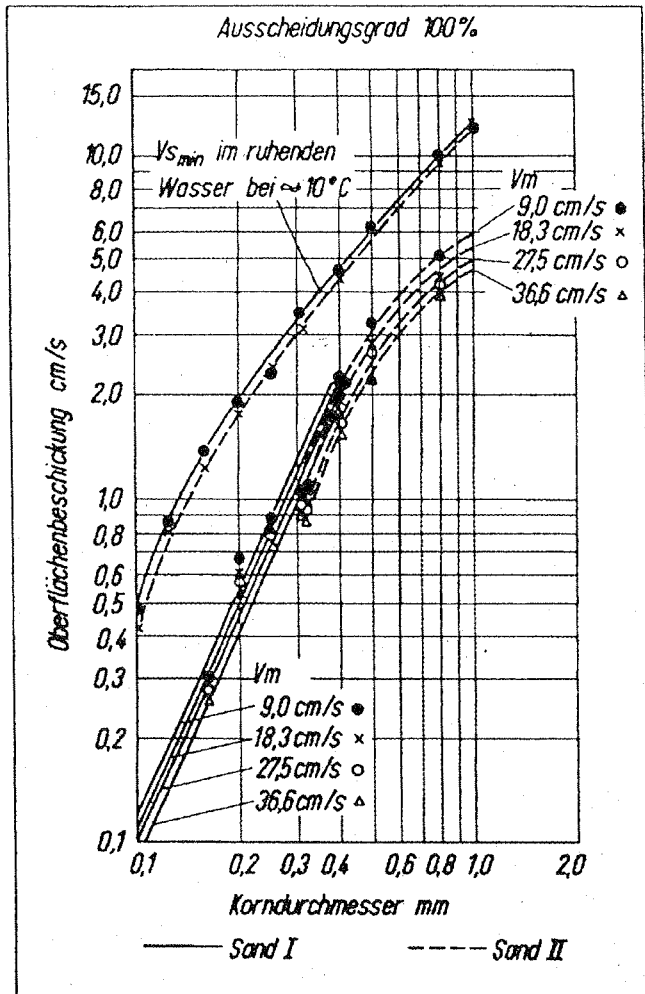


Abb. 3.3: Zulässige Flächenbeschickung eines Langsandfanges (ATV, 1997) (v_m = mittlere Fließgeschwindigkeit, v_s = Sinkgeschwindigkeit in ruhendem Wasser)

stant bleibt, stellt eine günstige Lösung dar, sofern die durch die Stau einrichtungen bedingten Gefälleverluste bzw. die zu deren Ausgleich erforderlichen Pumpenenergien in Kauf genommen werden können. Das Staublech kann durch einen gleichförmigen Staukörper (z. B. Venturi-Kanal) mit seitlichem Anzug ersetzt werden. Für Langsandfänge mit rechteckigen, dreieckigen und parabelförmigen Querschnitten sind die zugehörigen Stauprofile und Bemessungsformeln im *Lehr- und Handbuch der ATV* (1983) und bei Kalbskopf (1966) zu finden.

Zur Aufnahme des abgesetzten Sandes ist an der Sohle ein Sandsammelraum anzuordnen. Da dieser, je nach Füllung, das Durchflußprofil verändert, wird auch hierdurch die Einhaltung einer bestimmten Geschwindigkeit erschwert.

Bei größeren Kläranlagen werden die parallel angeordneten Langsandfänge an der Ein- und Auslaufseite mit Schiebern ausgerüstet. Durch Öffnen oder Schließen der Schieber können die Becken je nach Zufluß in Betrieb genommen werden. Bei Niedrigwasserzufluß empfiehlt es sich, die Absetzrinnen abwechselnd zu betreiben, um das Anfaulen des Abwassers in den nicht durchflossenen Rinnen zu verhindern.

Für Langsandfänge auf kleineren Kläranlagen wurde von Londong (1969) eine Typenreihe entwickelt. Heute werden standardisierte Systeme für kleine Kläranlagen auf dem Markt angeboten.

Die Dimensionierung des Dorr-Sandfanges entspricht der des Langsandfanges. Die Querschnittsfläche wurde bislang so ge-

wählt, daß die horizontale Geschwindigkeit bei ca. 30 cm/s liegt. Niedrigere Werte bis ca. 20 cm/s begünstigen den Feinsandrückhalt.

3.2.2 Rundsandfänge

Für die Dimensionierung von Rundsandfängen gibt Geiger (1942) folgende Hinweise:

- Die Zulaufgeschwindigkeit soll zwischen 0,75 m/s und 1,00 m/s liegen.
- Die Geschwindigkeit im Auslaufquerschnitt darf nicht über 0,80 m/s betragen.
- Das Sandfangvolumen kann durch

$$V = Q \cdot t_R \text{ [m}^3\text{]}$$

mit

$$Q = \text{Abwasserzufluß [m}^3\text{/s]}$$

$$t_R = \text{Durchflußzeit [s]}$$

bestimmt werden.

- Bei maximalem Zufluß sollten nach den damaligen Anforderungen mindestens 25 s Durchflußzeit gewährleistet sein. Im Vergleich dazu sollte die Bemessung von Langsandfängen eine Durchflußzeit von 50 Sekunden sicherstellen. Wie bereits unter den Vorbemerkungen zu Kapitel 3.2 erläutert, ist die Trennleistung den heutigen Anforderungen anzupassen.

Versuche von Kalbskopf (1966) haben gezeigt, daß auch im Rundsandfang der Absetzvorgang durch die Strömungsturbulenz beeinflusst wird und offensichtlich dem in horizontal durchflossenen Flachsandfängen ähnlich ist und ähnlich bemessen werden kann.

Hinweise auf die zweckmäßige Art der konstruktiven Gestaltung, die einen erheblichen Einfluß auf den Wirkungsgrad und den organischen Anteil im Sandfanggut hat, sind bei Geiger (1942) und Ostermann (1967, 1968 und 1969) zu finden. Die Versuche von Ostermann führten zu einer Norm mit Bemessungsangaben für Rundsandfänge von 2,5 bis 8,0 m Durchmesser und tangenialem Abwasserzufluß (TGL 22765, 1976). Auch Angaben und Nomogramme zur Streichwehreberechnung, zu den Venturi-Einschnürungen im Ablaufgerinne, zur Konstruktion sowie zu den Zulaufquerschnitten, sind in dem genannten Regelwerk enthalten.

Bei der Sandfanggütförderung wird, bezogen auf einen Teil Sand, etwa die fünffache Abwassermenge mitgefördert.

3.2.3 Belüftete Sandfänge

Die Querschnittsfläche des Sandfanges A_f ist so zu wählen, daß eine horizontale Fließgeschwindigkeit von 0,2 m/s nicht überschritten wird. Niedrigere Werte sind zulässig. Eine gängige Querschnittsform zeigt Abbildung 3.4. Die Bemessungsgrößen sind in Tabelle 3.1 zusammengestellt.

Für die Umwälzung des Wasserkörpers werden zumeist grob-biasige Belüfter installiert, da diese eine geringe Empfindlichkeit gegen Verstopfungen aufweisen. Die Abstände zwischen den Belüfterrohren sind zwischen 0,6 und 1,0 m zu wählen; eine Linienbelüftung ergibt eine gleichmäßigere Umwälzströmung. Vorteilhaft ist es, wenn die Belüfter während des Betriebes ausgebaut werden können, um Verstopfungen und Zopf-bildungen zu beseitigen. Wird der Sandfang zur Vermeidung von Geruchsemissionen abgedeckt, wird die Wartung erheblich erschwert. Ausreichende Wartungs- und Beobachtungsluken sind vorzusehen. Um etwaigen Zopf-bildungen zu begegnen, sind vor abgedeckten Sandfängen besonders leistungsfähige Rechen- oder Siebanlagen anzuordnen. Die Sandsammelrinne sollte nicht zu groß gewählt werden, um Turbulenzen in diesem Bereich zu vermeiden.

In bezug auf den erforderlichen Lufteintrag gibt es in der Literatur eine Vielzahl von Hinweisen (Kalbskopf, 1966; Londong, 1987;

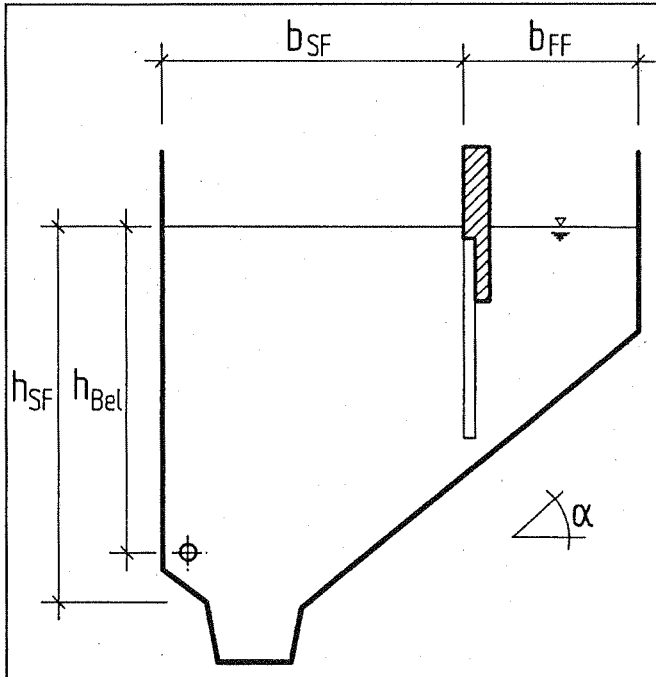


Abb. 3.4: Querschnittsform für belüftete Sandfänge mit Fettfangtasche (nach STEIN, 1992)

Parameter	vorgeschlagener Wertebereich
horizontale Fließgeschwindigkeit	< 0,20 m/s
Breiten-/Tiefenverhältnis b_{SF}/h_{SF} bei Trockenwetterzufluß	< 1,0
Breiten-/Tiefenverhältnis b_{SF}/h_{SF} bei Regenwetterzufluß	> 0,8
Querschnittsfläche A_L (ohne Fettfang)	1 - 15 m ²
Beckenlänge	mindestens 10-fache Breite, max. 50 m
Durchflußzeit für Q_{max} - bei geringen Anforderungen - bei hohen Anforderungen an den Sandrückhalt	ca. 10 min ca. 5 min ca. 20 min
Einblastiefe ($h_{SF}-h_{Bel}$)	30 cm über der Sandrinnenoberkante
Sohlquerneigung	35 - 45°
spez. Luftertrag bezogen auf das Beckenvolumen	0,5 - 1,3 m ³ /(m ³ ·h)
Breite der Fettfangtasche b_{FF}	0,20 bis 0,50 b_{SF}

Tabelle 3.1: Bemessungsdaten für belüftete Sandfänge

Boës, 1990; Stein, 1992; Seyfried, 1994; ATV, 1997). Es wird vorgeschlagen, einen Luftertrag von ca. 0,8 m³/(m³·h) bei Sandfängen unter 3,0 m² Querschnittsfläche und 1,3 m³/(m³·h) bei größeren Sandfängen nicht zu überschreiten.

Bei Lufterträgen über 1,3 m³/(m³·h) kann es zu einem verminderten Sandrückhalt kommen. Zudem führen sie zu einer Anreicherung mit Sauerstoff und einem damit verbundenen Vorabbau (Teichmann et. al., 1983; Bever et. al., 1993), der insbesondere bei einer nachfolgenden Denitrifikation vermieden werden soll.

Im Gegensatz dazu sind hohe Lufterträge dann erwünscht, wenn der belüftete Sandfang gleichzeitig als Höchstlast-Belastungsstufe eingesetzt werden soll (A-Stufe) (Londong, 1987). In diesem Anwendungsfall kommt es mitunter zu einer Anreicherung von Belebtschlamm im Sandfanggut.

Für eine weitgehende Denitrifikation bzw. biologische Phosphorelimination kann eine Reduzierung der Luftzufuhr auf Werte von 0,1 bis 0,2 m³/(m³·h) erforderlich werden (Seyfried, 1994). In diesem Fall ist eine leistungsfähige Sandfanggutbehandlungsanlage zur Abtrennung organischer Partikel aus dem Sandfanggut besonders wichtig.

Die erforderliche Gesamtluftmenge sollte je nach Größe des belüfteten Sandfanges durch zwei oder drei Gebläseeinheiten gleichen Typs erzeugt werden. Eine Reduzierung des Luftertrages auf die Hälfte sollte später möglich sein, falls der Sauerstoffeintrag zugunsten einer verbesserten Denitrifikation vermindert werden muß. Der Energiebedarf beträgt bezogen auf die eingebrachte Luftmenge je Meter Belüfertiefe ca. 5 W/(Nm³·m). Die Luft wird zweckmäßigerweise etwa 30 cm oberhalb der Sohle eingeblasen, damit die Luftaustrittsöffnungen nicht durch Sandablagerungen verstopfen. Belüftete Sandfänge werden immer mit mechanischen Räumeinrichtungen ausgerüstet.

Werden belüftete Sandfänge parallel eingesetzt, kann, zur Vermeidung eines unerwünschten Vorabbaus insbesondere in den zuflußschwachen Nachtstunden, die Durchflußzeit durch Außerbetriebnahme einzelner Becken begrenzt werden.

Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, die Umwälzung durch ein mechanisches Paddelwerk zu erzeugen. Derartige Systeme sollten weiterentwickelt werden.

Um Schwimmstoffe durch die Flotationswirkung der eingeblasenen Luft aufzutreiben, werden belüftete Sandfänge mittels einer geschlitzten Trennwand durch einen Fettfang ergänzt. Mit Hilfe der Räumbrücke wird durch Räumerschilde der Schwimmschlamm in einen Schacht abgeschoben und der weiteren Behandlung zugeführt. Da zunehmend feinere Rechenanlagen eingesetzt werden, bleibt vermehrt Fett am Rechengut hängen. Daher kann mitunter auf einen gesonderten Fettfang verzichtet werden. Die Trennwand zwischen Sandfang und Fettfang sollte im hinteren Drittel des Sandfanges nicht mehr geschlitzt sein, oder die Fettfangtasche kürzer als der Sandfang ausgeführt werden, um den Sandrückhalt nicht zu beeinträchtigen (Stein, 1992). Das Verhältnis der Breite der Fettfangtasche zur Breite der Sandfangkammer sollte etwa $b_{FF}/b_{SF} = 0,2$ bis 0,5 betragen. Die Größe der Fettfangkammer kann auch aus der Flächenbeschickung $q_{A,FF} \leq 25$ m³/h berechnet werden.

Die Beckenlänge sollte nach Imhoff (1983) eine Durchflußzeit von mindestens 5 Minuten bei Regenwetterzufluß ermöglichen. Bei derartig bemessenen Sandfängen kann es in Einzelfällen zu Sandablagerungen in den nachfolgenden Stufen kommen. Um eine weitgehende Abscheidung auch von Feinsanden zu erreichen, werden Durchflußzeiten bei Regenwetter von mindestens 10 Minuten empfohlen (Londong, 1987; Dammann, 1990; Stein, 1992).

Die Länge des Sandfanges sollte in etwa mindestens der zehnfachen Breite entsprechen, um den Einfluß von Ein- und Auslauf-turbulenzen gering zu halten. Sandfanglängen über 50 m sind wegen der langen Räumwege unzweckmäßig.

Selbst bei derartig langen Sandfängen ist eine völlige Abtrennung der Sande mit Korndurchmessern zwischen 0,1 und 0,2 mm nicht zu erreichen. Einen Hinweis auf den erreichbaren Rückhalt geben Tabelle 3.2 und Abbildung 3.5. Ein Rückhalt feinerer Sande als 0,1 mm ist in belüfteten Sandfängen nicht zu erreichen.

Korndurchmesser	Rückhalt
0,3 mm	95 %
0,2 mm	85 %
0,15 mm	75 %
0,1 mm	50 %
< 0,07 mm	< 10 %

Tabelle 3.2: Mittlere erreichbare Wirkungsgrade in belüfteten Sandfängen in Abhängigkeit vom Korndurchmesser (STEIN, 1992)

3.3 Anordnung von Sandfängen

Die Anordnung von Sandfängen erfolgt zumeist nach der Rechenanlage, damit der Eintrag von Sperr- und Spinnstoffen

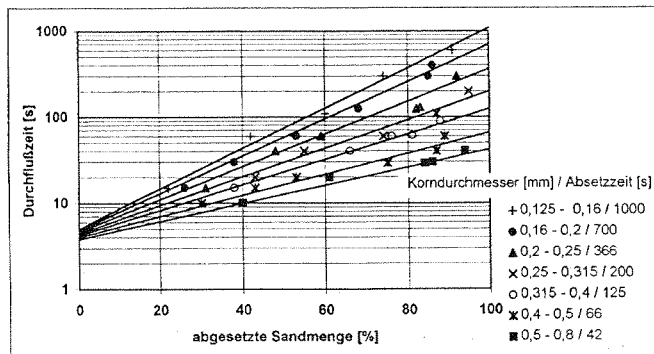


Abb. 3.5: Im belüfteten Sandfang in Abhängigkeit von der Zeit abgesetzte Sandmenge (nach Kalbskopf, 1966)

vermieden wird. Durch den Einsatz zunehmend feinerer Rechen- und Siebanlagen wird es möglich, grobes organisches Material dem Sandfang weitgehend fernzuhalten, was zu einer Senkung des organischen Anteils im Sandfanggut führt.

Für Rechen- und Siebanlagen werden breite Gerinne benötigt. Durch die Reduzierung der Fließgeschwindigkeit vor der Rechenanlage kommt es teilweise zu erheblichen Sandablagerungen, die den Betrieb beeinträchtigen können und erheblichen Personalaufwand zur Räumung erfordern. Als Abhilfe werden von den Herstellern von Rechenanlagen verschiedene Spül- und Belüftungseinrichtungen angeboten. Auch eine Profilierung der Gerinnesohle vor der Rechenanlage zur Erhöhung der Fließgeschwindigkeiten bei Niedrigwasserzufluß ist möglich.

Eine andere Möglichkeit, Sandablagerungen vor dem Feinrechen zu vermeiden, besteht darin, ihn erst nach dem Sandfang anzuordnen. Bei größeren Anlagen sollte dem Sandfang dann ein zusätzlicher Rechen vorgeschaltet werden. Dieser ist so zu bemessen, daß davor keine Sandablagerungen zu erwarten sind.

4. Sandfanggutaufbereitung

4.1 Allgemeines zur Sandfanggutbehandlung

Das Sandgut aus kommunalen Kläranlagen wird bisher zu 97% deponiert (Dohmann/Dimovsky, 1993) und der Rest in Abfallverbrennungsanlagen entsorgt oder kompostiert. Spätestens nach dem Jahr 2005 wird eine Deponierung ohne vorherige Behandlung aufgrund der Bestimmungen der TA Siedlungsabfall (TASi, 1993) nicht mehr möglich sein, da die in der TA Siedlungsabfall geforderten Grenzwerte für den organischen Anteil der abzulagernden Massen (Glühverlust < 5 Massen-%; TOC < 3 Massen-%) beim Sandgut üblicherweise weit überschritten werden. Es ist zu beachten, daß sowohl im Kreislaufwirtschaftsgesetz als auch in der TA Siedlungsabfall der Verwertung des Sandgutes Vorrang vor der Deponierung eingeräumt wird. Hierzu bedarf es einer vorherigen Konditionierung.

Weitere Gründe für eine Behandlung des Sandfanggutes sind in der damit verbundenen Verbesserung der Lagerfähigkeit, der Rückführung der organischen Bestandteile in den Schlammbehandlungsprozeß oder in sonstige Verwertungspfade, und schließlich in der Minimierung der Transportmasse zu sehen. Zur Behandlung und Entsorgung von Sandfanggut außerhalb der Kläranlage nimmt die ATV-Arbeitsgruppe 3.11.2 „Abfälle aus Kläranlagen – Rechengut, Sandfanggut, Fett“ in einem Arbeitsbericht Stellung (ATV, 1996).

Wesentliche Zielgrößen bei der Aufbereitung von Sandfanggut sind der Entwässerungsgrad und der Gehalt an organischen Feststoffen. Beide Größen sind direkt miteinander gekoppelt: d. h. hohe Gehalte an organischer Substanz bedingen eine vergleichsweise schlechte Entwässerbarkeit, hohe Anteile minera-

lischer Stoffe erleichtern die Entwässerung. Während die weitestgehende Wasserabtrennung ein universelles Ziel darstellt, um die zu entsorgende Masse zu minimieren, ist der Anteil an organischen Feststoffen in Abhängigkeit vom gewählten Entsorgungsweg zu bewerten.

Soll das behandelte Sandgut deponiert oder als Baumaterial verwertet werden, so bedarf es einer möglichst vollständigen Abtrennung der organischen Bestandteile. Bei der Deponierung müssen die Materialeigenschaften den Anforderungen der TA Siedlungsabfall entsprechen, bei der Verwendung im Baubereich müssen sie die Qualitätsprofile für Recyclingbaustoffe erfüllen.

Hinsichtlich der hygienischen Beschaffenheit von Sandgut existieren bisher keinerlei Anforderungen. Dabei ist es unwesentlich, ob es sich um rohes oder aufbereitetes Material handelt. Dies gilt sowohl für den Umgang mit Sandgut auf der Kläranlage als auch bei einer Verwertung im Bauwesen. Insofern wird diese Thematik hier nicht näher behandelt.

Sind eine thermische oder eine biologische Behandlung vorgesehen, so ist selbst ein hoher organischer Feststoffgehalt als nicht nachteilig einzustufen. Die thermische Behandlung von Sandfanggut beschränkt sich in Deutschland bisher auf die Mitverbrennung in einigen wenigen Hausmüllverbrennungsanlagen.

Da die in Hausmüllverbrennungsanlagen üblicherweise verwendeten Rostsysteme für die Aufnahme feinkörniger, sandiger Materialien systembedingt nicht geeignet sind, lehnen viele Anlagenbetreiber die Annahme von Sandfanggut ab. Aufgrund des oftmals sehr hohen organischen Stoffanteils im Sandfanggut bietet sich dennoch eine thermisch-oxidative Behandlung an. Diese sollte allerdings separat erfolgen und könnte analog zur thermischen Regenerierung von Gießereialtsanden beispielsweise in Wirbelschicht- oder Drehrohröfen durchgeführt werden. Die grundsätzliche Eignung des Wirbelschichtofens zur Behandlung von Sandfanggut aus kommunalen Kläranlagen konnte anhand von Pilotversuchen im technischen Maßstab bereits nachgewiesen werden (Roos/Radke, 1996).

Aufgrund seiner stofflichen Zusammensetzung eignet sich Sandfanggut auch für eine biologische Behandlung mit dem Ziel der

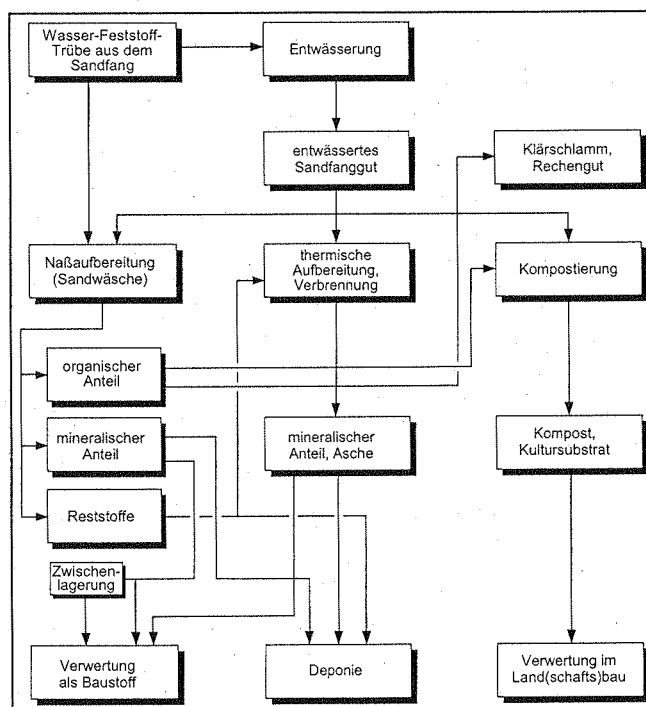


Abb. 4.1: Aufbereitungs- und Entsorgungsmöglichkeiten von Sandfanggut (nach Roos, 1996)

Herstellung eines Kompostes bzw. eines Pflanz- oder Bodenersatzsubstrates. Die hierzu entwickelten, bzw. in Entwicklung befindlichen Konzepte und Verfahren, sehen eine aerobe biologische Behandlung gemeinsam mit anderen kompostierbaren Materialien, insbesondere Klärschlamm, vor. Die erzeugten Produkte sollen vorzugsweise bei der Rekultivierung devastierter Flächen eingesetzt werden (Bleif/Jung, 1995; Huppert-Nieder, 1995).

Die grundsätzlich in Frage kommenden Behandlungs- und Entsorgungsmöglichkeiten für Sandfanggut sind in Abbildung 4.1 dargestellt. Die wichtigsten dabei eingesetzten Aggregate und Anlagen werden nachfolgend weiter erläutert.

4.2 Sandfanggutaufbereitungsanlagen

4.2.1 Sandklassierer

Sandklassierer stellen Multifunktionsaggregate dar, deren Hauptaufgaben in der Separierung der mineralischen und der organischen Bestandteile der im Sandfang abgeschiedenen Feststoffe sowie der Entwässerung und dem Transport des Sandgutes bestehen. Der Trennung der genannten Stoffgruppen liegen sowohl klassierende (Trennkriterium: Partikelgröße) als auch sortierende (Trennkriterium: Partikeldichte) Effekte zugrunde. Eine vollständige Trennung der mineralischen und der organischen Sandfanggutbestandteile ist aufgrund der Korngrößenverteilung und der Dichteverhältnisse jedoch weder theoretisch noch praktisch möglich. Dies bedeutet, daß nach einem Klassiervorgang die „Sandfraktion“ nach wie vor organische Stoffe beinhaltet bzw. die „organische Fraktion“ einen entsprechenden Anteil an Sand aufweist. Da die „organische Fraktion“ mit dem Überlaufwasser in den Klärprozeß zurückgeführt wird, gelangt auch ein mehr

oder minder großer Teil der zuvor im Sandfang abgeschiedenen mineralischen Substanzen in die Kläranlage zurück. Somit wird durch den Einsatz eines Sandklassierers die Entsandungsleistung stets verschlechtert.

Insgesamt bleibt festzuhalten, daß die Trennschärfe von Sandklassierern in der Regel nicht ausreicht, um die im Sandfanggut vorhandenen mineralischen und organischen Bestandteile so weit zu trennen, daß eine Deponierung (GV < 5 %) oder eine baustoffliche Verwertung des mineralischen Anteils möglich ist.

Bei den zur Sandklassierung im Einsatz befindlichen Apparaten und Anlagen handelt es sich um Pendel- bzw. Pilgerschrittklassierer oder um Schneckenklassierer. Sie dienen heute vorzugsweise der Sandfanggutentwässerung.

● Pendel-/Pilgerschrittklassierer

Die wichtigsten Bestandteile eines Pendelschrittklassierers sind eine langgestreckte Kammer in Beton- oder Stahlbauweise mit schräg ansteigender Sohle, einer maschinellen Harkenvorrichtung mit Kurbelschwingen und einer Antriebseinheit (Abbildung 4.2).

Über eine Zulaufrinne gelangt das Feststoff-Wasser-Gemisch in den Auffangtrog. Das dort sedimentierende Sandgut wird durch die pilgerschrittartige Bewegung der Harken- bzw. Rechenvorrichtung entlang der Sohle aufwärts transportiert. Dabei werden die Feststoffe von den Schilden des Rechens jeweils um eine Hublänge (ca. 350 bis 400 mm) weiter befördert. Durch das rückwärtige Umsetzen des Rechens wird die Sedimentmenge vom nächsthöheren Schild erfaßt und wiederum um eine Hublänge aufwärts transportiert. Während des Umsetzens fließt das überschüssige Wasser ab.

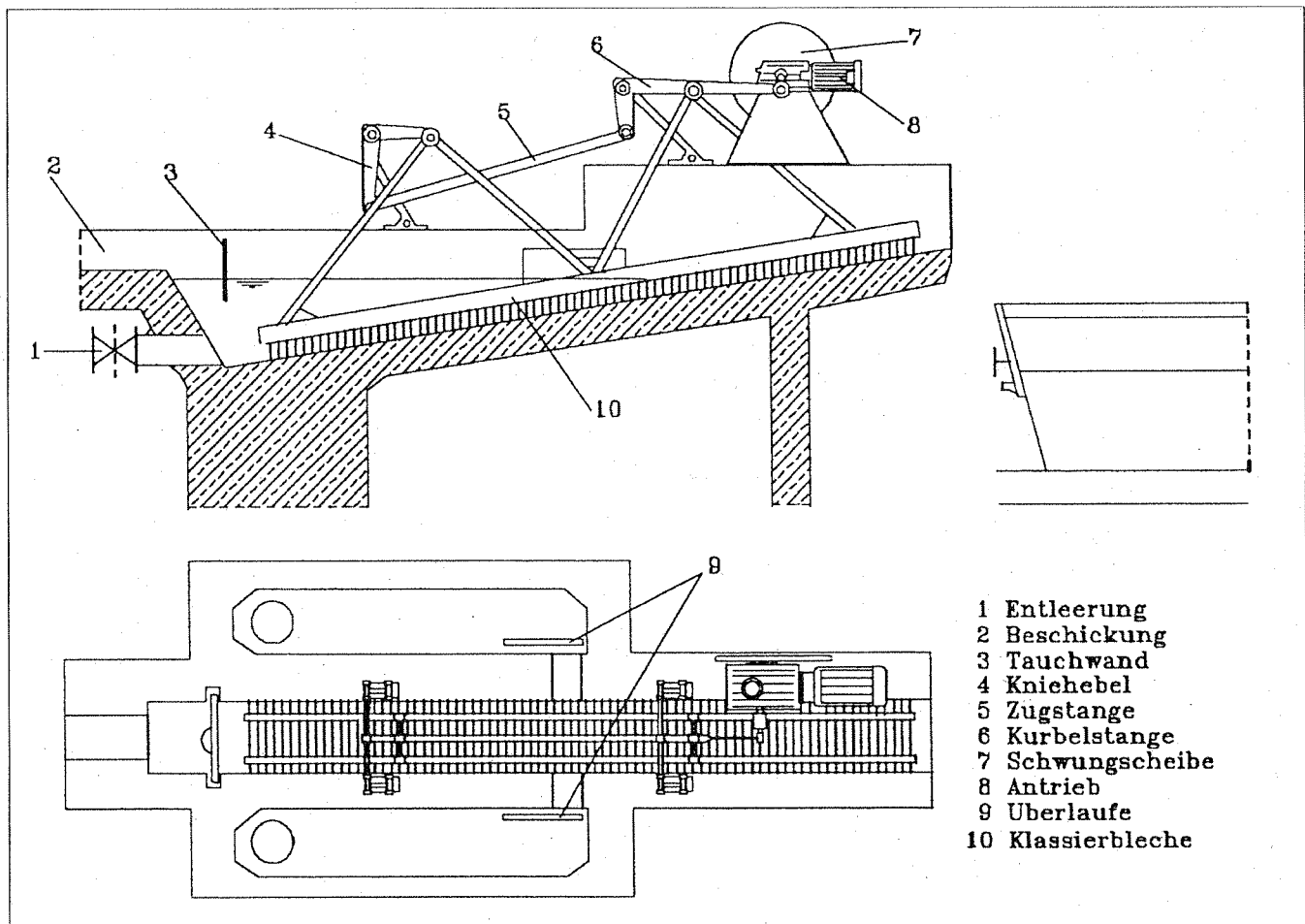


Abb. 4.2: Pendel-/Pilgerschrittklassierer (Werksbild Fa. Windhoff)

Durch die Bewegung soll eine Säuberung (Auswaschung) der Sandpartikel von anhaftendem organischem Restschlamm erfolgen. Das Sediment wird unter ständiger Umwälzung über den Flüssigkeitsspiegel des Troges hinausgefördert.

Sobald das Gut in den wasserfreien Bereich gelangt, wird durch die Umschlagwirkung der Harken eine weitere Entwässerung bewirkt. Das entwässerte Sandgut gelangt über eine Abwurfkante auf ein Förderband oder direkt in einen Sammelbehälter (Container o. ä.).

Während die Bewegung der Harkenrechen als kontinuierlich bezeichnet werden kann, ist die Bewegung der Feststoffe eher diskontinuierlich. Geräte, die eine stufenlose Regelung der Hubzahl zulassen, bieten den Vorteil, daß eine genaue Anpassung durchgeführt werden kann.

● Schneckenklassierer

Schneckenklassierer bestehen im wesentlichen aus Sedimentationskammer, Förderschnecke, Fördertrog und Schneckenantrieb (Abbildung 4.3). Das Abwasser-Feststoff-Gemisch wird über eine turbulenzdämpfende Zulaufvorrichtung der Absetzkammer zugeleitet. Hier setzt sich das Sandgut an der schrägen Behältersohle ab, wird von der Schnecke erfaßt und aufwärts transportiert.

Durch die Rotation der Förderschnecke entstehen im Wasser-spiegelbereich Turbulenzen. Die vom Sand gelösten organischen Materialien sollen so in Schwebelage gehalten werden und gelangen mit dem abgetrennten Wasser in den Überlauf des Klassierers.

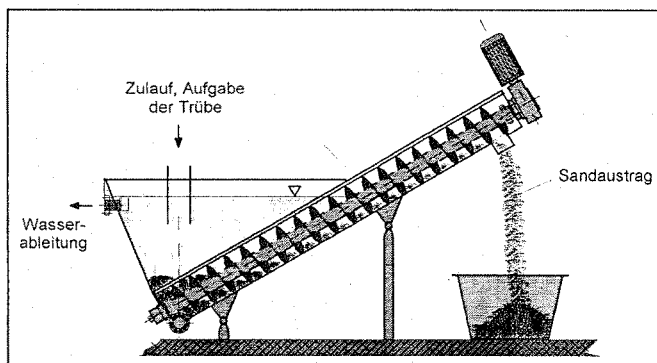


Abb. 4.3: Schneckenklassierer zur Aufbereitung von Sandgut (Werkbild Fa. Geiger)

Im Förderbereich zwischen Wasseroberfläche und Auswurf wird der Sand durch häufiges Umschlagen, ähnlich wie beim Pendelschritt-Klassierer, entwässert. Länge und Neigung der Schnecke sind für den Grad der Entwässerung entscheidend. Es können Feststoffgehalte von 30 bis 70 % erreicht werden.

Je nach Ausbildung der Schnecke (Schraube) differenziert man zwischen verschiedenen Klassierertypen, z. B. Klassierer mit Vollwendelschnecke, Klassierer mit „hohler“ Schnecke (Förderspirale), Klassierer mit Trommelschnecke und Klassierer mit Schaufelschnecke (rotierende Segmente). Außerdem unterscheiden sich die verschiedenen Schneckenklassierer durch die Ausbildung der Ein- und Auslaufzone sowie durch die Form und Ausstattung der Sedimentationskammer. Die Gestaltung dieser Anlagenteile ist von grundlegender Bedeutung für den Absetzvorgang.

4.2.2 Sandentwässerungsvorrichtungen

Sandentwässerungsvorrichtungen unterscheiden sich von den zuvor beschriebenen Sandklassierern dadurch, daß hier keine Trennung der organischen und der mineralischen Bestandteile des Sandfanggutes gefordert ist. Ihr Einsatzgebiet liegt also

dort, wo kein besonderer Wert auf die Auswaschung und Abtrennung organischer Beimengungen gelegt wird. Die im Sandfang abgeschiedenen Feststoffe werden lediglich aus dem Abwasser entfernt und entwässert. Zu diesem Zweck werden Trogketten- und Schaufelförderer, Absetz- und Überlaufbehälter sowie Entwässerungscontainer eingesetzt.

● Entwässerungscontainer

Bei Entwässerungscontainern handelt es sich im Gegensatz zu den bisher vorgestellten Entwässerungs- und Klassieraggregaten um statische Systeme ohne bewegte Maschinenteile. Sie bestehen in der Regel aus zwei Komponenten: Einem äußeren Normcontainer mit Entwässerungsstützen und einem inneren Filterkorb aus Siebblechen, welcher zusätzlich mit Filtergewebe bespannt sein kann. Dabei werden die Siebblechlochung und das Filtergewebe auf den jeweiligen Einsatzzweck abgestimmt. Der Normcontainer kann mit üblichen Absetzkipper-Fahrzeugen aufgenommen, transportiert und entleert werden.

Der Betrieb eines Entwässerungscontainers ist denkbar einfach. Das aus dem Sandfang abgezogene Feststoff-Wasser-Gemisch wird in den Container gepumpt, in welchem das Wasser über die seitlich und am Boden angeordneten Filterflächen abfließt, während die Feststoffe durch das Filtergewebe zurückgehalten werden.

Weiterentwicklungen solcher Container beinhalten die Möglichkeit des Luft- und/oder Reinwassereintrages über die Filterfläche in umgekehrter Richtung ähnlich wie bei der Rückspülung von Raumfiltern. Hierdurch wird versucht, das Filtergewebe immer wieder frei zu spülen, gleichzeitig aber auch eine Wäsche des eingelagerten Sandfanggutes vorzunehmen und die dabei abgetrennten organischen Bestandteile zumindest teilweise auszuspülen. Bei diesen Bauformen handelt es sich somit um Entwässerungscontainer mit klassierender und sortierender Wirkung. Bei der Aufstellung im Freien ist auf die Wintertauglichkeit zu achten.

● Absetz- und Überlaufbehälter

Die relativ einfach aufgebauten Absetz- und Überlaufbehälter, die auch als sogenannte „Sandwaschbehälter“ vertrieben werden, bestehen im wesentlichen aus einem großen konischen Auffangtrog mit tangential angeordnetem Zulauf, einem Überlauf und einer Feststoffaustrageeinrichtung (Schurre o. ä.). Sie werden zumeist direkt auf der Sandfangräumerbrücke installiert. Die im unteren Teil des Auffangtroges sedimentierten Feststoffe werden nach einem oder mehreren Beschickungsvorgängen in einen bereitstehenden Container entleert. Sofern eine zusätzliche Entwässerung erforderlich ist, kann das Sediment in ein zweites Silo oder in einen Entwässerungscontainer umgeschlagen werden, wo das überschüssige Wasser abfließen kann.

● Trogkettenförderer

Trogkettenförderer bestehen im wesentlichen aus einem trogförmigen Absetzbehälter, einer ein- oder zweisträngigen Förderkette mit entsprechenden Förderelementen sowie einer aus dem Trog herausführenden, aufsteigenden Austragsrutsche, an deren oberem Ende sich der Abwurf befindet (Abbildung 4.4).

Die an der Sohle des Absetztroges sedimentierten Feststoffe werden von den an der Förderkette befestigten Blechen erfaßt und über die Rutsche aufwärts geschoben. Je nach Länge und Neigung des wasserfreien Abschnittes dieser Rutsche wird das Sandfanggut durch Abtropfen entwässert und anschließend in einen Container gefördert.

Trogkettenförderer haben sich in der industriellen Anwendung seit langem bewährt und zeichnen sich dort durch einen ein-

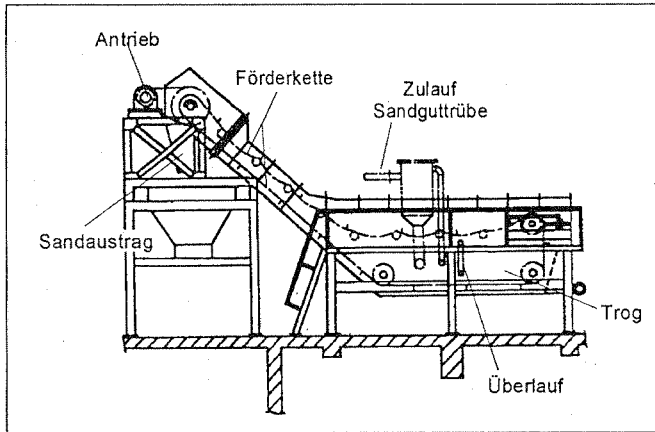


Abb. 4.4: Trogkettenförderer (Werkbild)

fachen und effektiven Betrieb aus. Im Gegensatz dazu sind sie für den Einsatz im kommunalen Bereich wegen des organischen Anteils und der Störstoffe im Sandfanggut erfahrungsgemäß weniger geeignet.

4.2.3 Sandwaschanlagen

Weder mit Sandentwässerungsvorrichtungen noch mit Sandklassierern können die mineralischen und die organischen Bestandteile des Sandfanggutes in ausreichendem Maße voneinander getrennt werden. Eine wesentlich bessere Reinigung der mineralischen Fraktion ist jedoch mit speziellen Sandwaschanlagen erzielbar, welche innerhalb des letzten Jahrzehnts entwickelt wurden (Kupczik, 1990; Bischof, 1994; Klinger/Barth, 1994; Noggerath, 1994; Geiger, 1995; Huber, 1995; u. a.). Dabei ist zwischen einstufigen Sandwäschern und mehrstufigen Sandwaschanlagen zu unterscheiden.

● Einstufige Sandwäscher

Sandwäscher zeichnen sich durch eine einfache Konstruktion und, im Vergleich zu mehrstufigen Sandwaschanlagen, durch relativ geringe Investitions- und Betriebskosten aus. Sie bestehen in der Regel aus einem Waschbehälter, einer Austragsvorrichtung für den gewaschenen Sand und einem Überlauf für das mit den organischen Feststoffen beladene Washwasser. Zur Einstellung weitgehend definierter Strömungsverhältnisse werden sowohl Leiteinrichtungen als auch Rührwerke eingesetzt. Durch Zugabe von Washwasser und/oder Luft werden überwiegend organische Bestandteile aufgeschwemmt und über den Überlauf ausgetragen, während die mineralischen Partikel sedimentieren und am Boden abgezogen werden.

Aus Erfahrung (Klinger/Barth, 1994; Schüßler, 1995) und den Angaben von Herstellern (Bischof, 1994; Noggerath, 1994; Huber, 1995) ist bekannt, daß sich auf diese Weise der Glühverlust im gewaschenen Sand zumeist auf Werte unter 5% absenken läßt, so daß eine künftige Ablagerung des Materials auf Deponien ermöglicht wird. Es muß jedoch beachtet werden, daß, je mehr organisches Material abgetrennt werden soll, auch umso mehr feiner Sand mit ausgewaschen wird. Eine weitergehende Mineralisierung kann, falls erforderlich, mittels einfacher biologischer Nachbehandlung durch Langzeitlagerung (ca. ein Jahr) erreicht werden.

● Mehrstufige Sandwaschanlagen

Mehrstufigen Anlagen liegen Verfahrenskonzepte, wie sie auch im Bereich der Bodenwäsche zu finden sind, zugrunde. Typische Komponenten bilden u. a. Schwingsiebe, Hydrozyklone, Aufstromklassierer und auch Attritionsttrommeln (rotierende Wasch-

trommeln, in denen organische und mineralische Partikel durch eine „Korn-an-Korn-Reibung“ voneinander getrennt werden).

Mit solchen Systemen ist eine weitestgehende Trennung zwischen der organischen und der mineralischen Fraktion bei hohem Feinsandrückhalt möglich. Die groben organischen Bestandteile werden bereits in der Siebstufe zurückgehalten und können der Schlammbehandlung oder dem Rechengut zugeführt werden. Denkbar ist auch die gemeinsame Kompostierung mit anderen organischen Materialien. Die organischen Feinanteile werden mit dem Washwasser der Kläranlage zugeleitet und verbleiben letztlich im Klärschlamm. Die abgetrennte mineralische Fraktion wird nach einer abschließenden Entwässerung in einem Container zwischengestapelt und kann entweder einer Verwertung oder aber der Deponierung zugeführt werden.

Der Washwasserbedarf derartiger Anlagen, der je nach Anwendungsfall durch Rohabwasser, mechanisch vorgeklärtes Abwasser, gereinigtes Abwasser aus dem Ablauf der Nachklärung und ggfs. auch durch Betriebs- oder Trinkwasser gedeckt werden kann bzw. muß, liegt in der Größenordnung von 2 bis 3 m³ je Mg Aufgabegut. Der organische Anteil (oTR, gemessen als GV) der mineralischen Fraktion beträgt in der Regel weniger als 2 bis 5% der Feststoffmasse. Dies ist abhängig von der Beschaffenheit des Sandgutes und dem Aufwand, mit dem die Anlage betrieben wird. Inwieweit das gereinigte Material die sonstigen Anforderungen an eine Verwertung (oder Deponierung) erfüllt, ist im Einzelfall zu prüfen. Größenordnungsmäßig fallen bei der Behandlung in einer Sandrecyclinganlage etwa zwei Drittel des Aufgabegutes als wiederverwertbarer Sand an (Klinger/Barth, 1994).

Im Vergleich zu einstufigen Sandwäschern verursachen mehrstufige naßmechanische Aufbereitungsanlagen sowohl in der Anschaffung als auch im Betrieb deutlich höhere Kosten. Ihr Einsatzbereich beschränkt sich daher aus Gründen der Wirtschaftlichkeit auf größere Kläranlagen oder zentrale Sandfanggutaufbereitungsanlagen. Im Gegensatz dazu liegt das Einsatzgebiet einstufiger Anlagen bei kleinen Kläranlagen. Denkbar ist auch eine Kombination aus dezentraler Vorbehandlung mit einfachen Sandwäschern vor Ort auf der Kläranlage und nachgeschalteter weitergehender Aufbereitung an einem zentralen Standort. Die einfachen Sandwäscher müssen dann nicht die hohen Anforderungen der TA Siedlungsabfall hinsichtlich organischer Verunreinigungen erfüllen. Für die betrieblichen Belange, wie eine gute Entwässerbarkeit des Sandgutes und eine Zwischenlagerung, ist eine Wäsche auf unter 30% GV meist ausreichend.

4.3 Bemessung, Gestaltung und Konstruktion

4.3.1 Allgemeines

Das Sandfanggut bzw. die Sandfangguttrübe stellt als Austrag des Systems „Sandfang“ und als Eintrag des Systems „Sandfanggutbehandlung“ das Bindeglied zwischen beiden Systemen dar. Dementsprechend sollten Rechen- bzw. Siebanlage, Sandfang und Sandfanggutbehandlungsanlage (Klassierer, Sandwaschanlagen) aufeinander abgestimmt werden. Dies ist bereits bei der Auswahl und Bemessung der betreffenden Systeme zu beachten. Beispielsweise macht es wenig Sinn, den Trennschnitt eines Hydrozyklons bei $d = 50 \mu\text{m}$ anzusetzen, wenn im Sandfang nur Partikel $d > 100 \mu\text{m}$ abgeschieden werden. Gleichermassen ist bei der Anlagenauslegung auch die Rohabwasserbeschaffenheit als primäre Inputgröße zu berücksichtigen.

Der Überlauf der Sandfanggutaufbereitungsanlagen kann große Mengen an organischem Material enthalten. In diesem Fall sollte dieser Strom erst nach dem Sandfang eingeleitet werden, damit das organische Material sich nicht im Sandfang anreichert und zu Betriebsproblemen führt.

Der Sandrückhaltegrad des Gesamtsystems der Sandabscheidungsanlagen ist von den Rückhaltegraden der Einzelsysteme „Sandfang“ und „Sandfanggutbehandlung“ abhängig. Ein guter Sandrückhalt im Sandfang ist nur dann hilfreich, wenn auch der Rückhalt in der Sandfanggutbehandlung ausreichend ist.

4.3.2 Sandklassierer

Zur Bemessung von Sandklassierern existieren keine allgemein gültigen Regeln. Mit Ausnahme der bei jedem Klassierertyp erforderlichen Absetzkammer erfolgt die Auslegung üblicherweise auf der Basis von Erfahrungswerten der Herstellerfirmen. Zur Dimensionierung und Werkstoffwahl werden u. a.

- die Art des Abwassers oder Feststoff-Flüssigkeits-Gemisches sowie gegebenenfalls abnorme Eigenschaften (pH-Wert, Temperatur etc.),
- der Durchfluß (Pumpenleistung der Fördereinrichtung),
- die Art der abzutrennenden Stoffe (in der Regel Sand),
- die Trennkorngröße sowie die Trennleistung des vorgeschalteten Sandfanges und
- die gewünschte Trennleistung des Klassierers

benötigt (Dohmann/Dimowsky, 1993).

Die Bemessung der Absetzkammer erfolgt in der Regel über die Flächenbeschickung nach der erweiterten Gleichung von Hazen (vgl. Kap. 3.2.1).

Der Dimensionierung werden häufig eine Trennleistung von >95% bei einem Korndurchmesser von 0,2 mm und eine Korndichte von 2,65 g/l (Quarzsand) zugrunde gelegt. Hieraus ergibt sich eine maximale Flächenbeschickung von ca. 27 m³/(m² · h). Das Oberflächen-/Volumen-Verhältnis variiert je nach Klassierertyp und Hersteller von 1 bis 2,5, so daß minimale Durchflußzeiten von etwa 60 bis 120 Sekunden zu verzeichnen sind.

In der Praxis hat sich herausgestellt, daß die Absetzkammern von Sandklassiereinrichtungen für einen ausreichenden Sandrückhalt oftmals zu knapp dimensioniert sind. Dies betrifft weniger die Oberfläche als vielmehr das Volumen. Zusammen mit einer ungünstigen hydraulischen Ausbildung der Kammern führt dies zu einem unbefriedigenden Sandrückhalt mit entsprechend nachteiligen Auswirkungen auf das Gesamtsystem der Entsandung. Unter der Maßgabe, daß Sandklassierer in Zukunft im wesentlichen der Sandfanggutentwässerung dienen, sollte als Dimensionierungskriterium die Durchflußzeit herangezogen werden. Diese sollte sich an der Durchflußzeit des betreffenden Sandfanges orientieren.

Es ist weiterhin darauf zu achten, daß die Förderleistung der sandfangseitigen Sandräumeinrichtung auf die hydraulische Belastbarkeit des Sandklassierers abgestimmt wird. Ist das nicht möglich, so empfiehlt sich die Zwischenschaltung eines Puffertanks. Zur hydraulischen Entlastung der Sandklassiereinrichtung sollten die Sandräumeinrichtungen so betrieben werden, daß das geförderte Sand-Wasser-Gemisch möglichst feststoffreich ist.

4.3.3 Sandwaschanlagen

Die Bemessung von ein- bzw. mehrstufigen Sandwäschern erfolgt anhand derselben Ausgangsdaten, welche für die Bemessung von Klassiereinrichtungen herangezogen werden. Über die Feststoffabscheidung hinaus ist es jedoch das Ziel solcher Anlagen, die organischen und mineralischen Bestandteile des Sandfanggutes soweit zu trennen, daß der Glühverlust der mineralischen Fraktion unterhalb von 3 bis 5% liegt. Zur Orientierung sind die wesentlichen Kenngrößen für die einzelnen Anlagenkomponenten in Tabelle 4.2 zusammengestellt.

Anlagenkomponente	Auslegungsparameter	Wert bzw. Wertebereich
Sieb zur Grobstoffabscheidung	Spalt-/Lochweite	2 bis 3 mm
Absetzkammer (Dimensionierung gemäß erweiterter Gl. nach HAZEN, 1904)	Flächenbeschickung	< 27 m ³ /(m ² · h)
	Durchflußzeit	> 5 Minuten
Attritionstrommel	Feststoffgehalt	< 5 %
	Behandlungsdauer	ca. 20 Minuten je Charge
Hydrozyklon (Berechnung s. Kap. 2)	Trennkorndurchmesser d _T	50 bis 100 µm
Aufstromklassierer, Wirbelschichtsortierer	Schwertrübedichte	ca. 1,8 Mg/m ³
Entwässerungssieb	Spalt- bzw. Lochweite	> 0,5 mm

Tabelle 4.2: Kenngrößen zur Dimensionierung von Anlagenkomponenten zur Sandwäsche

5. Entscheidungskriterien und Systemwahl

Sandfang, Sandfanggutbehandlung und Sandfanggutentsorgung bilden hinsichtlich der Systemwahl über den Stofffluß hinaus eine Wirkungskette (Abbildung 5.1). So ist die Wahl des Sandfangtyps und die Art der Sandfanggutbehandlung abhängig von der gewünschten Sandgutentsorgung und umgekehrt. Auch beeinflussen sich die Art der Sandabscheidungsanlagen und der Betrieb der Kläranlage gegenseitig.

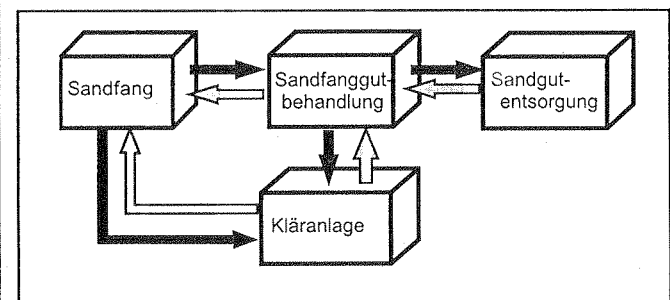


Abb. 5.1: Wirkungskette zwischen Sandfang, Sandfanggutbehandlung und Sandgutentsorgung

Um dem Planer die Wahl des Sandfangtyps und der zugehörigen Einrichtungen zu erleichtern, kann der in Abbildung 5.2 dargestellte Entscheidungsweg benutzt werden. Als Anhaltswert für den Sandanfall können die Werte aus Tabelle 1.2 angesetzt werden.

Zunächst sollte geklärt werden, ob überhaupt ein Sandfang erforderlich ist. Zum Beispiel ist in den Fällen von Teichanlagen oder bei Klein- oder Kleinstanlagen häufig kein Sandfang erforderlich.

Ist ein Sandfang erforderlich, muß das Sandfanggut entsprechend den Anforderungen der Entsorgung aufbereitet werden. Hierbei gibt es zwei Wege:

- Das Sandfanggut soll für eine Deponierung oder Aufbereitung als Baustoff verwendet werden (d. h. Glühverlust < 5%).
- Es wird eine Verbrennung oder Kompostierung angestrebt. Hohe organische Anteile sind somit unschädlich oder gar erwünscht.

Um einen ordnungsgemäßen Betrieb auf der Kläranlage sicherzustellen, ist in jedem Fall darauf zu achten, daß

- der Sandeintrag in die Kläranlage minimiert wird (vgl. Kapitel 1.3),
- Feinsande in ausreichendem Maße zurückgehalten werden,

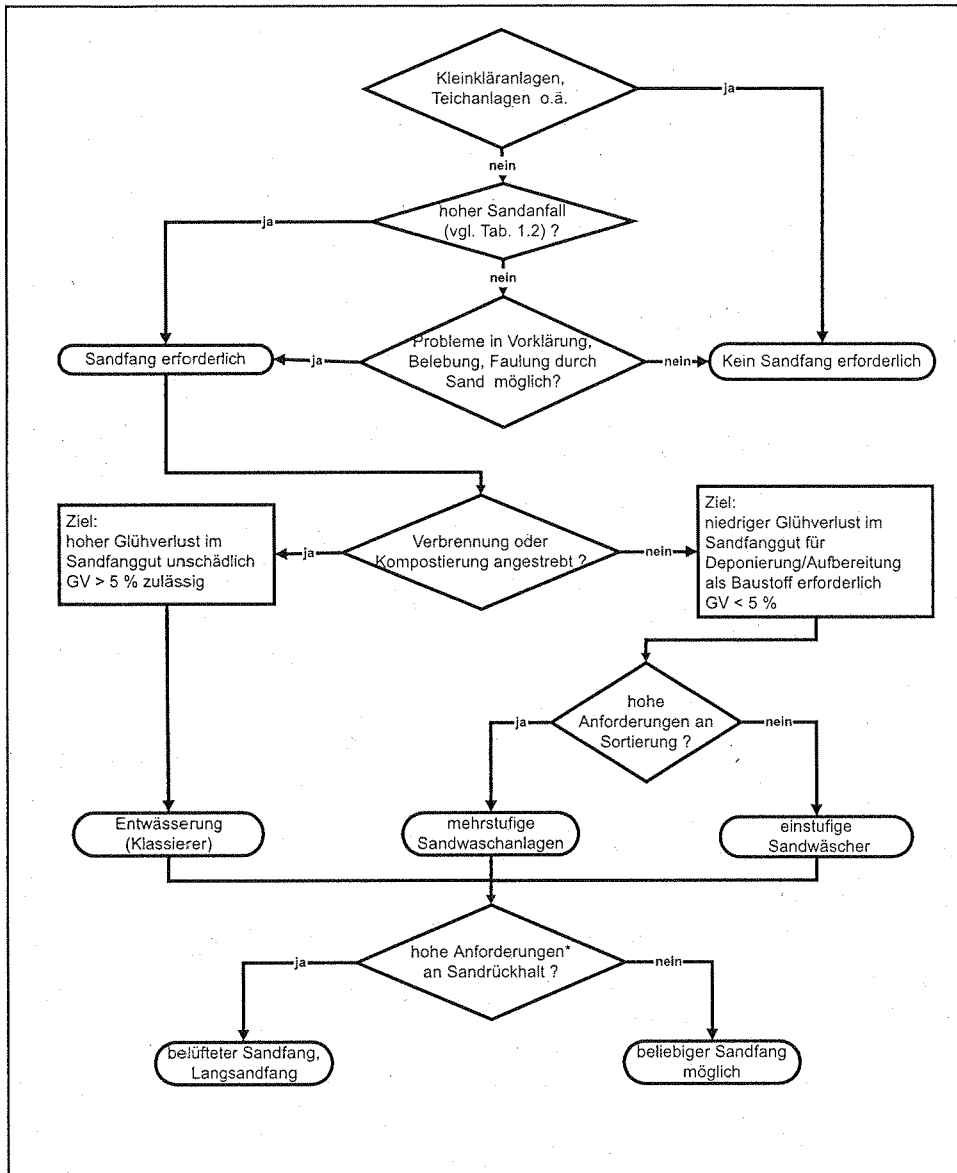


Abb. 5.2: Entscheidungsweg für die Planung von Sandabscheideanlagen*) bei den vorgenannten Bemessungsempfehlungen

- das anfallende Sandfanggut gut entwässerbar ist,
- organische Bestandteile, insbesondere Fäkalschlamm, der Schlammbehandlung zugeführt werden,
- kein Überschuß- oder Fauschlamm vor den Sandfang geführt wird,
- Geruchsbelästigungen und Zugang von Ungeziefer ausgeschlossen werden und
- die hygienischen Anforderungen eingehalten werden.

Die Systemwahl kann auch, wie in den folgenden Abschnitten dargestellt, in Abhängigkeit von der Kläranlagengröße erfolgen (Roos/Stein, 1997).

5.1 Anlagen bis ca. 20 000 EW und Anlagen mit Abgabe an zentrale Behandlungsanlagen

Auf Anlagen bis etwa 20 000 EW mit eigenen Sandfängen sollte das Sandfanggut getrennt vom Rechengut gesammelt werden, um den unterschiedlichen Entsorgungswegen Rechnung zu tragen. Nur bei sehr geringem Sandanfall oder bei vorhandenen Anlagen und beengten Platzverhältnissen ist eine getrennte Erfassung vom Rechengut nicht lohnenswert. Künftig muß dann

das Rechen- und Sandfanggutgemisch in der Regel einer thermischen Behandlung zugeführt werden.

Bei den „größeren“ Anlagen nach Arbeitsblatt ATV-A 126 (ATV, 1993) sind zumindest Klasiereinrichtungen vorzusehen. Eigene weitergehende Aufbereitungsanlagen scheiden in den meisten Fällen aufgrund des relativ geringen Sandfanggutaufkommens (ca. 200 kg/d bei 20 000 EW) aus wirtschaftlichen Gründen aus. Diese Aufgabe kann entweder externen Entsorgungsunternehmen übertragen oder durch einen Zusammenschluß mehrerer benachbarter Kläranlagen bewältigt werden. Um sich hier den künftigen Anforderungen anzupassen, sind je nach Verwertungspfad verschiedene Systemkonfigurationen vorstellbar.

Für die Entsorgungspfade „Sand als Baustoff“ oder „Deponie“ sind „saubere“ Sande das Ziel. Dies kann entweder durch eine naßmechanische oder eine thermische Behandlung erreicht werden. Dem Verwertungspfad Land(schafts)bau ist eine biologische Behandlung vorzuschalten. Die Systemwahl auf der Kläranlage sollte in Abstimmung mit der zentralen Aufbereitungstechnik erfolgen. Zur Sicherstellung eines geordneten Betriebes können die in Tabelle 5.1 genannten Verfahrenstechniken eingesetzt werden.

Wird eine naßmechanische Behandlung angestrebt, so sollten die organischen Stoffe möglichst

Zentrale naßmechanische Behandlung	Zentrale biologische oder thermische Behandlung
Feinstrechen ↓ (belüfteter) Sandfang ↓ (Feinstrechen) ↓ Klassierung oder einstufige Sandwäsche (GV < 30 % ausreichend) ↓ Abgabe an zentrale (externe, mehrstufige) Sandwaschanlage	(Feinstrechen) ↓ unbelüfteter Langsandfang, ↓ Entwässerung oder Klassierung ↓ Abgabe an zentrale thermische Behandlung oder Kompostierung

Tabelle 5.1: Mögliche Verfahrensschritte bei Anlagen bis etwa 20 000 EW und Anlagen mit Abgabe des Sandgutes an zentrale Behandlungsanlagen

frühzeitig abgetrennt werden. In der Kläranlage beginnt dies bereits mit einem leistungsfähigen Feinstrechen und setzt sich fort in einem belüfteten Sandfang sowie einer einstufigen Sandwäsche. Infolge der teilweisen Abtrennung der organischen Stoffe vom mineralischen Rest verbessern sich die Lagerfähigkeit und die Entwässerungseigenschaften. Damit verringert sich auch der Transportaufwand.

Ist ein hoher Anteil organischer Materialien aus Sicht der Verwertung unbedenklich, so brauchen die gewählten Verfahren nur so viele organische Stoffe dem Sandfanggut fernzuhalten, wie dies für einen ordnungsgemäßen Betrieb der Kläranlage wünschenswert ist. Hierzu reichen auf kleineren Kläranlagen ein unbelüfteter Sandfang mit einer nachgeschalteten Entwässerung des entnommenen Sandfanggutes aus.

5.2 Anlagen über ca. 20 000 EW und Anlagen mit Annahme von Fremdsanden

Fallen große Mengen an Sanden auf der Kläranlage an oder ist es geplant eine eigene Aufbereitung des Sandfanggutes, gegebenenfalls unter Annahme von Fremdsanden, durchzuführen, ist die Verfahrenstechnik darauf abzustimmen. Insbesondere ist die Zugabestelle der Feinsande geeignet zu wählen.

Je nach Leistungsfähigkeit der Aufbereitungsanlagen oder den Anforderungen einer Kompostierung ist das Fernhalten organischer Stoffe vom Sandfanggut bereits im Sandfang von untergeordneter Bedeutung. Zur Erhöhung der Betriebssicherheit und um Primärschlamm dem Sandfang fernzuhalten, werden dennoch belüftete Sandfänge empfohlen, wobei mit Rücksicht auf die Denitrifikation geringe Lufterträge ausreichend sind (vgl. Kapitel 3.2.3). Je nach Aufbereitungs- und Entsorgungspfad sollte entsprechend den Angaben in Tabelle 5.2 differenziert werden:

naßmechanische Behandlung oder Kompostierung	thermische Behandlung
Feinstreichen ↓ belüfteter Sandfang ↓ (Feinstreichen) ↓ Sandfanggutstapelbehälter mit / ohne Entwässerung ↓ naßmechanische Sandfanggutaufbereitungsanlage oder Kompostierung, jeweils mit Annahme von Fremdsanden (Sandfanggut und Kanalspülsande) ↓ Sandgutstapeleinrichtungen ↓ Abgabe an Verwerter oder Deponie	Feinstreichen ↓ belüfteter Sandfang, ↓ Entwässerung oder Klassierung (Klassierer, Wäscher, Trennvibratoren oder ähnlich) ↓ Sandfanggutstapelbehälter ↓ Abgabe an (externe) thermische Behandlung

Tabelle 5.2: Mögliche Verfahrensschritte bei Anlagen über etwa 20 000 EW

Literatur

ATV:
Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik, Band III, 3. Aufl., Ernst & Sohn, Berlin, 1983

ATV:
Arbeitsblatt ATV-A126, „Grundsätze für die Abwasserbehandlung in Kläranlagen nach dem Belebungsverfahren mit gemeinsamer Schlammstabilisierung bei Anschlußwerten zwischen 500 und 5000 Einwohnerwerten“, 1993

ATV:
Abfälle aus Abwasseranlagen, Arbeitsbericht der ATV-VKS-Arbeitsgruppe 3.11.2, Korrespondenz Abwasser, 11/1996

ATV:
Handbuch – Mechanische Abwasserreinigung, 4. Aufl., Ernst & Sohn, Berlin, 1997

Bever, J., Stein, A., Teichmann, H.:
Weitergehende Abwasserreinigung, Oldenbourg, München, 3. Aufl., 1995

Bleif, A., Jung, H.-D.:
Wirtschaftlicher Betrieb von Kläranlagen aus der Sicht des Abwasser Verband Saar. in: Kurzreferate zum 3. Saarländischen Abwassertag am 21. und 22. Juni 1995 in Saarbrücken, 1995

Blink, H.:
Beitrag zur Berechnung von Sandfängen, Ges. Ing. 54, H. 40, S. 478, 1933

Boës, M.:
Anordnung und Bemessung der Luftzufuhr von belüfteten Sandfängen, Korrespondenz Abwasser, Heft 7, S. 785, 1990

Camp, T. R.:
Sedimentation and the design of settling tanks, Transact. A.S.C.E. 111, 1946, S. 895

Dammann, E.:
Wasserkreisläufe und Abwasserreinigung in Hüttenwerken unter den erschwerten Bedingungen eines schlechten Einsatzwassers, Dissertation an der Universität Hannover, 1990

DIN:
DIN 19569, Teil 2: Besondere Baugrundsätze für Einrichtungen zum Abtrennen und Eindicken von Feststoffen, 1989

Dobbins, W. E.:
Effect of turbulence on sedimentation, Trans. A.S.C.E. 109, S. 629, 1944

Dohmann, M., Dimovsky, A.:
Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit von Sandklassiereinrichtungen auf Kläranlagen. Schlußbericht zum Forschungsvorhaben der Oswald-Schulze-Stiftung, AZ 326/86, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, Aachen, 1993

Dönges, H.-J., Londong, D.:
Die Kläranlage Duisburg Kleine Emscher, GWF, H. 20, 1965

EN:
EN 1085, Wörterbuch der Abwasserbehandlung, 1997

Geiger, H.:
Sandfänge für Abwasserkläranlagen, Archiv für Wasserwirtschaft, 1942

Gruber, Y., Farchill, D.-J., Goldstein, M.:
The design and operation of grit chambers with hydraulic roll, Wat. Sci. Techn., Vol. 20, No. 4/5, S. 237, 1988

Günther, F. W., Kriegsch, R.:
Vorbeugende Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden in Abwasserkanälen, awt Abwassertechnik, Heft 5, 1992

Hartmann, H., Pöpel, F.:
Der neue belüftete Sandfang auf der biologischen Reinigungsanlage der Stadt Heilbronn, GWF, H. 22, 1958

Hazen, A.:
On sedimentation, Transact. A.S.C.E., 53, 1904

Hillgardt, R.:
Zum Einsatz von Hydrozyklonen für die mechanische Aufbereitung organikhaltiger Bagerschlämme, Dissertation an der Technischen Universität Hamburg-Harburg, 1986

Huppert-Nieder, H.-P.:
Herstellung von kulturfähigem Boden mit Hilfe von Klärschlamm und Sandfanggut, In: Dohmann, M. (Hrsg.): Umweltschutz fördern Bürokratie abbauen Eigenverantwortung stärken – Reihe Gewässerschutz · Wasser · Abwasser, Band 152, Aachen, 1995

Huppert-Nieder, H.-P.:
Innovatives Verfahren zur stofflichen Klärschlammverwertung, Korrespondenz Abwasser, Heft 2, S. 226, 1995

Imhoff, K.:
Taschenbuch der Stadtentwässerung, Oldenbourg, 28. Aufl., München, 1993

Kalbskopf, K. H.:
Über den Absetzvorgang in Sandfängen, Veröffentlichungen des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft der TH Hannover, Heft 26, 1966

Klinger, H., Barth, H.:
Entwicklung einer Sandrecyclinganlage für Kläranlagen, Korrespondenz Abwasser, Heft 1, S. 48, 1994

Kupczik, G.:
Bodenwäsche nach dem ASRA®-Verfahren. In: Franzius, V., Stegmann, R., Wolf, K., Brandt, E. (Hrsg.): Handbuch der Altlastensanierung. Kap. 5.4.1.3.4, 7. Lieferung, 12/90, R. v. Decker's Verlag, Heidelberg, 1990

Londong, D.:
Die Typisierung einzelner Kläranlagenteile, Städtehygiene, Heft 1, S. 3 ff, 1969

Londong, J.:
Beitrag zur Bemessung belüfteter Sandfänge unter besonderer Berücksichtigung der gleichzeitigen Nutzung als Adsorptionsstufe, GWA Aachen, Bd. 94, 1987

Ostermann, G.:
Neue Erkenntnisse über Wirkungsweise und Leistungen von Tangential- und Quersandfängen, Dissertation TU Dresden, 1967

Ostermann, G.:
Zum Anwendungsbereich von Tangentialsandfängen in Abwasserbehandlungsanlagen, Wasserwirtschaft-Wassertechnik, H. 2, S. 50 ff, 1968

Ostermann, G.:
Über den Verlauf der Sandsedimentation und dessen Einfluß auf den Wirkungsgrad von Sandfanganlagen, Water Research, H. 7, S. 495, 1969

Patt, H.:
Hydromechanische Untersuchungen an einem belüfteten Sandfang, Mitteilungen des Instituts für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München, Nr. 36, 1989

Patt, H., Stein, A.:
Einsatz belüfteter Sandfänge auf Kläranlagen Korrespondenz Abwasser, 9/1996

Roos, H.-J.:
Entsorgung von Sandfanggut aus kommunalen Kläranlagen, WasserAbwasserPraxis 5, Heft 2, April 1996, S. 54, 1996

Roos, H.-J., Radke, D.:
Thermische Aufbereitung von Sandfangrückständen in einer fluidisierenden Wirbelschicht, unveröffentlichter Untersuchungsbericht, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, 1996

Roos, H.-J., Stein, A.:
Aufbereitung und Entsorgung von Sandfanggut, 30. Essener Tagung, GWA Band 158, 1997

SCHRIMPF, W.:

Ein Beitrag zur Berechnung der Sedimentation von Feststoffen in horizontal durchströmten Sandfängen, Mitteilungen des Instituts für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München, Nr. 20, 1987

Schübler, H.:

Rechengut und Sandfangrückstände – Abfall oder Wirtschaftsgut? *Korrespondenz Abwasser* 42, Heft 2, S. 218, 1995

Seyfried, C. F.:

Rechen, Siebe und Sandfänge – Betriebserfahrungen und Entwicklungen, Schriftenreihe WAR, Darmstadt, H.75, S.189, 1994

Seyfried, C. F., Lohse, M., Schübler, H., Bebandorf, G.:

Vergleich der Reinigungsleistung von Rechen, Sieben und Siebrechen sowie deren Einfluß auf die weiteren Reinigungsstufen. Veröffentlichungen des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover, Band 58, Hannover 1985

Stein, A.:

Ein Beitrag zur Bemessung belüfteter Sandfänge kommunaler Kläranlagen, Mitteilungen des Instituts für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München, Heft 37, 1992

Teichmann, H., Steinle, E., Görtler, R.:

Untersuchungen zum Abbau des chemischen und biochemischen Sauerstoffbedarfs bei belüfteten Sandfängen, *Wasserwirtschaft*, 73/6, S. 190, 1983

TGL 22765:

Fachbereichsstandard Tangentialsandfang, Staatsverlag der DDR, 1976

Verwendete Formelzeichen

A	Sandfangoberfläche [m ²]
A _L	durchströmte Sandfangquerschnittsfläche [m ²]
b _{SF}	Sandfangbreite [m]
b _{FF}	Breite der Fettfangkammer [m]
d	Korndurchmesser [mm]
D	Nenndurchmesser des Hydrozyklons [mm]
F _a	Auftriebskraft
F _G	Gewichtskraft
F _K	Reibungskraft
g	Erdbeschleunigung [m/s ²]
GV	Glühverlust [%]
h _{SF}	Beckentiefe [m]
h _{Bei}	Tiefe der Belüfter unter der Wasseroberfläche [m]
Q	Zufluß [m ³ /h, m ³ /s]
q _{A, V0}	Flächenbeschickung [m ³ /(m ² h)]
t _R	Durchflußzeit [s, h]
V	Volumen des Sandfanges [m ³]
v _m	mittlere Fließgeschwindigkeit [cm/s]
v _s	Sinkgeschwindigkeit [m/h]
v _y	Geschwindigkeit der aufsteigenden Strömung [m/h]
v _z	Horizontalgeschwindigkeit [m/h]
α	Neigung der Beckensohle [°]
ρ	Dichte des Wassers [kg/m ³]
ρ _F	Dichte des Feststoffs [kg/m ³]

Korrektur

In den Arbeitsbericht „Konstruktive Aspekte der Planung von Nachklärbecken für Belebungsanlagen – Horizontal durchströmte Rundbecken“ (*Korrespondenz Abwasser* 11/1997, S. 2061) haben sich zwei Fehler hineingeschlichen:

Auf Seite 2061, rechte Spalte, sechste Zeile von oben, muß es richtig heißen

$$q_{SV} = q_a \cdot VSV = q_a \cdot TS_{BB} \cdot I_{SV}$$

und in der letzten Zeile dieses Absatzes

$$q_{SV}/h_{gesamt} \text{ kleiner } 100 \text{ l}/(\text{m}^3 \cdot \text{h}).$$

ATV-Expertengespräch „Membrantechnik“

Der ATV-Vorstand hat beschlossen, einen Fachausschuß 2.7 „Membrantechnik“ zu gründen. Der Fachausschuß wird am 28. Mai 1998 seine konstituierende Sitzung abhalten. Der Schwerpunkt der Arbeiten soll auf der Kombination von biologischer Reinigung und Abtrennung des belebten Schlammes liegen.

Um bei den Arbeiten von Anfang an den gesamten Sachverstand der Fachwelt nutzen zu können, findet am

28. Mai 1998 ab 15.00 Uhr

im Hörsaal 2.21 des Instituts für Siedlungswasserbau, Wassergüte und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart, Bandtäle 2, 70569 Stuttgart, ein Expertengespräch statt.

Alle Fachleute, die wissen wollen, was dieser neue Fachausschuß konkret zu bearbeiten beabsichtigt, oder die Anregungen und Vorschläge zur künftigen Struktur und Aufgabe des Fachausschusses haben, sind zu diesem Expertengespräch herzlich eingeladen. Um eine reibungslose Organisation zu ermöglichen, werden alle Teilnehmer gebeten, sich spätestens bis zum

15. Mai 1998 bei dem Vorsitzenden, Prof. Dr.-Ing. Kh. Krauth, Fax 07 11/6 85-37 29

zu melden. Wer ein Statement abgeben möchte, soll dies bitte auf dem gleichen Fax vermerken.

Aufbaukurs P- und N-Elimination

Die ATV-Landesgruppe Sachsen/Thüringen führt ab Juni 1998 Aufbaukurse zum Thema Nährstoffelimination durch, in denen die wesentlichen Grundlagen der Stickstoff- und Phosphorelimination vermittelt werden. Die Wissenserweiterung auf diesem Gebiet ist Voraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb der Kläranlage, die sichere Einhaltung der Überwachungswerte und die Minimierung der Abwasserabgabe.

Der Kurs vermittelt u. a. die verfahrenstechnischen Grundlagen der Nährstoffelimination unter besonderer Berücksichtigung betrieblicher Erfahrungen. An einem Tag des viertägigen Kurses erfolgt die Ausbildung praxisbezogen vor Ort auf einer modernen Kläranlage mit P- und N-Elimination.

Der Kurs ist für praxiserfahrene Klärwärter, Ver- und Entsorger, Abwassermeister, Laborfachpersonal sowie Mitarbeiter von Wasserbehörden und Firmen zum Einstieg in die Thematik sowie zur Vertiefung geeignet.

Kosten: ATV-Mitglieder 560,- DM (Nichtmitglieder 690,- DM) (einschließlich Tagungsunterlagen und Mittagessen)

Termine: 1. Kurs: 16. bis 19. Juni 1998
2. Kurs: 27. bis 30. Oktober 1998

Kursort: Sächsische Bildungsgesellschaft für Umweltschutz und Chemieberufe Dresden
Kläranlage Ebersbach/Sachsen (ein Tag)

Auskunft und Anmeldung:

ATV-Landesgruppe Sachsen/Thüringen, Lockwitztalstraße 20, 01259 Dresden, Tel.: 03 51/2 03 20 25, Fax: 03 51/2 03 20 26