

Maschinelle Schlammmentwässerung*)

Arbeitsbericht des ATV/BDE/VKS-Fachausschusses 3.2 „Stabilisation, Entseuchung, Eindickung, Entwässerung und Konditionierung von Schlämmen“

Der damalige ATV/VKS-Fachausschuß 3.2 hat im Jahre 1987 einen Arbeitsbericht gleichen Namens in der „Korrespondenz Abwasser“ 5/87, S. 559–571 vorgelegt, welcher im zurückliegenden Zeitraum für viele praxisorientierte Nutzer den gesicherten Stand der Technik in diesem bedeutenden Teilbereich nahezu aller Verfahrensketten der Klärschlammbehandlung dargestellt hat.

Damals wurde erwartet, daß sich in kürzerer Zeit „die Anforderungen an die Entwässerungen stetig ändern und sowohl bei der Maschinenteknik, als auch bei der Konditionierung relativ schnelle Entwicklungen eintreten könnten, weshalb dieser Themenbereich in angemessenen Zeiträumen zu überarbeiten“ sei.

Diese Veränderungen sind weitgehend eingetreten, wobei sich auch durch das Inkrafttreten der Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TA-Siedlungsabfall) wesentliche Änderungen der Zielsetzung der Klärschlammmentwässerung ergeben.

Der ATV/BDE/VKS-Fachausschuß 3.2 mit seinen Mitgliedern

Dr.-Ing. Loll, Darmstadt (Obmann)
Dipl.-Ing. Melsa, Viersen (stellv. Obmann)
Dr.-Ing. Bischof, Essen
Dipl.-Ing. Blei, Ludwigshafen
Dr.-Ing. Busse, Aarbergen
Dr.-Ing. Denkert, Bochum
Dr.-Ing. Hruschka, München
Dipl.-Ing. Kassner, Stuttgart
Prof. Dr.-Ing. Möller, Essen
Dr.-Ing. Ostermann, Berlin
Dipl.-Ing. Wolf, München
Dr.-Ing. Zingler, Viersen

legt nachfolgend eine überarbeitete und erweiterte Fassung des Arbeitsberichtes „Maschinelle Schlammmentwässerung“ vor, welcher als praxisbezogene Orientierungshilfe verstanden werden soll.

1. Aufgabe

An die Beschaffenheit und die Eigenschaften von Klärschlämmen werden bei der Verwertung/Entsorgung immer schärfere Anforderungen gestellt. Daraus ergibt sich auch, daß innerhalb nahezu aller Verfahrensketten der Klärschlammbehandlung erhöhte Entwässerungsgrade notwendig sind, um für nachfolgende Prozeßschritte (z. B. Kompostierung, Trocknung, Verbrennung) eine geeignete Beschaffenheit des Aufgabegutes zu erreichen (z. B. im Landbau, auf Deponien).

Festzustellen ist, daß die maschinelle Entwässerung stark an Bedeutung zugenommen hat.

Für die Volumenminderung von Klärschlämmen stehen im wesentlichen folgende Verfahren zur Verfügung:

EINDICKUNG – ENTWÄSSERUNG einschließlich KONDITIONIERUNG (s. Kapitel 3) – TROCKNUNG und VERBRENNUNG. Je nach Verfahrensschritt fallen dabei Schlammwässer mit unterschiedlicher Beschaffenheit an, die als Rückbelastung für das Klärwerk zu beachten sind (s. Kapitel 9).

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

Eine Kombination der zuvor genannten Verfahrensschritte hat sich an vorhandenen Möglichkeiten der Verwertung/Entsorgung auszurichten.

Für die maschinelle Schlammmentwässerung gibt es eine Reihe unterschiedlicher Verfahrenstechniken, auf die in den Abschnitten 3 bis 6 dieses Arbeitsberichtes näher eingegangen wird.

Bevor im Einzelfall die Entscheidung für ein bestimmtes Verfahren getroffen werden kann, müssen alle folgenden Behandlungsschritte bis zur Verwertung/Entsorgung und die zugehörigen Bedingungen bekannt bzw. festgelegt sein. Daraus ergibt sich u. a., welcher Trockenrückstand und welche Konsistenz jeweils erreicht werden müssen.

Die maschinelle Klärschlammmentwässerung erfordert eine vorherige Konditionierung (z. B. Flockung) des zu entwässernden Schlammes, s. Kapitel 3.

Durch die Verfahrenskombination KONDITIONIERUNG – MASCHINELLE ENTWÄSSERUNG entsteht ein erheblicher technischer und kostenmäßiger Aufwand, der gründliche Vorüberlegungen und Bemessungsversuche erfordert. Daher sollte die Auswahl und Bemessung von Entwässerungsanlagen mit vorgeschalteter Konditionierung nur auf der Basis von Ergebnissen erfolgen, welche mit ausreichend großen Versuchsanlagen ermittelt wurden. Zusätzlich zu den Versuchsergebnissen sind dabei auch ungünstige Betriebsfälle (u. a. Lastschwankungen) für die Entwässerungsanlage in die Bewertung einzubeziehen. In jedem Fall zu beachten ist die unerläßliche System-/Betriebszuverlässigkeit.

Mit diesem Arbeitsbericht sollen Klärwerksbetreibern praxisnahe Grundinformationen und Entscheidungshilfen für den Einsatz maschineller Schlammmentwässerungsanlagen angeboten werden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird lediglich auf die Entwässerungssysteme eingegangen, die am häufigsten im Einsatz sind und über welche die meisten Erfahrungen vorliegen, das sind Zentrifugen, Bandfilterpressen und Kammerfilterpressen. Aus den gleichen Gründen werden lediglich die am häufigsten angewandten Konditionierungsverfahren wiedergegeben.

Für eine Bewertung anderer oder neuer Entwässerungs- oder Konditionierungsverfahren können die in den folgenden Sachabschnitten genannten Beurteilungskriterien sinngemäß genutzt werden.

2. Grundlagen

2.1 Begriffe

Klärschlämme bestehen aus einem flüssigen und einem festen Anteil und sind somit Suspensionen. Ziel einer Entwässerung ist die Anreicherung des festen Anteils (Volumenminderung durch Wasserentzug).

Im verfahrenstechnischen Sprachgebrauch werden die im festen Anteil enthaltenen Stoffe allgemein als Feststoffe, ungelöste Stoffe, Trockenstoffe oder Trockenrückstand bezeichnet (DIN 4045, DIN 38414). Trockenrückstand ist der Rückstand, welcher nach Trocknung einer Probe bei 105 °C verbleibt. Im Trockenrückstand (TR) mit der Maßeinheit kg/kg sind auch die ursprünglich gelösten Stoffe enthalten; er ist deshalb nicht mit dem oft verwendeten Begriff Feststoff (heute Trockenmassenkonzentration/Trockensubstanzgehalt) aus der abfiltrierten Probe zu verwechseln, da dieser die gelösten Stoffe nicht enthält (TS in kg/m³).

Schlammwasser ist das im Schlamm enthaltene Wasser, abgetrenntes Schlammwasser wird je nach Verfahren bezeichnet, z. B. als Überstandwasser (Eindicker), Zentrat (Zentrifuge) und Filtrat (Filter).

2.2 Trockenrückstand, Wassergehalt, Wasserbindevermögen

Vor der Entwässerung weisen Klärschlämme je nach Herkunft unterschiedliche Wassergehalte zwischen 90 % und 99,5 % auf. Ursächlich dafür ist das hohe Wasserbindevermögen der Klärschlämme, welches die Abtrennung des Wassers erschwert. Diese hohen Wassergehalte und die sich daraus ergebenden großen Schlammvolumina führen bei den verschiedenen Prozessen der Schlammbehandlung zu Erschwernissen und technischen Problemen sowie zu einem teilweise erheblichen baulichen, maschinellen und betrieblichen Aufwand.

Durch verschiedenartige zwischenmolekulare Kräfte bestehen zwischen Trockenrückstand und Schlammwasser Bindungskräfte. Die jeweilige Schlammwassermenge und die Intensität der Bindungskräfte sind von einer Vielzahl von Faktoren abhängig, beispielsweise von der Partikelgrößenverteilung, vom organischen Trockenrückstand, von den Anteilen kolloidaler und gelartiger Inhaltsstoffe; diese hängen wiederum ab von der Abwasserzusammensetzung und -behandlung. Von daher führt jeweils das spezifische Wasserbindevermögen in Klärschlämmen zu erheblichen Unterschieden bei der Eindickfähigkeit und der Entwässerbarkeit der Schlämme (s. Bild 1 und Tab. 1).

2.3 Grundoperationen der Entwässerung

Aufgrund der Wasserbindungskräfte ist die Abtrennung von Schlammwasser vorrangig ein Energieproblem.

Wegen des unterschiedlichen Wasserbindevermögens und der aufzuwendenden Kräfte für die Trennung der flüssigen von der festen Phase sind drei aufeinanderfolgende Verfahrensschritte zweckmäßig:

- Eindickung mit Hilfe des natürlichen Schwerfeldes oder eines maschinell erzeugten Zentrifugalfeldes, wobei das nur durch geringe Kräfte gebundene Zwischenraumwasser abgetrennt wird. Zu den Eindickverfahren ist auch die Flotation oder der Einsatz von Seih-Aggregaten zu zählen. Bei anaerob stabilisierten Klärschlämmen bereitet die Eindickung mit dem natürlichen (statischen) Schwerfeld infolge von Nachgasung und/oder Dichteströmungen häufig Schwierigkeiten, denen

durch Hilfsmittel (z. B. Vakuumausgasung oder Strippen) begegnet werden kann.

- Bei der maschinellen Entwässerung werden bei der Filtration höhere Druckdifferenzen (Unter- oder Überdruck) oder bei der Zentrifuge stärkere Schwerfelder erzeugt, mit deren Hilfe die größeren Bindungskräfte des Haft- und Kapillarwassers an den Trockenrückstand überwunden werden können.
- Das Adsorptions- und das Innenwasser sind nur mit thermischer Energie abtrennbar.

Für die maschinelle Schlammmentwässerung stehen zur mechanischen Trennung der flüssigen von der festen Phase zwei Grundoperationen zur Verfügung:

- die Filtration mit Hilfe von Überdruck (Bandfilter, Filterpressen), bei Bandfilterpressen teilweise durch Unterdruckbereiche unterstützt,
- die Trennung durch ein maschinell erzeugtes Schwerfeld in Zentrifugen.

Bei der Filtration ist durch das eingesetzte Filtermaterial eine zwangsweise Trennung von flüssiger und fester Phase gegeben, wobei die Trennschärfe vom Filter, dem Schlamm und der Konditionierung abhängt.

Bei der Schwerentrennung werden die Dichteunterschiede zwischen fester und flüssiger Phase genutzt, wobei maschinell erzeugte hohe Dichteunterschiede die Trennschärfe wesentlich verbessern.

Die maschinelle Entwässerung läßt sich verbessern durch

- optimale Voreindickung
- optimale Konditionierung (s. Kapitel 3).

2.4 Abhängigkeiten und Grenzen der maschinellen Entwässerung

Hohe Trockenrückstände, große Glührückstände und ein weitgehender Stabilisierungsgrad im Klärschlamm begünstigen in der Regel die Entwässerung, wobei auch die Art der Stabilisierung (anaerob oder aerob) von Einfluß ist. Enthält der Klärschlamm

Konditionierungsverfahren	Zentrifugen 1) und Bandfilterpressen				Filterpressen			
	Trockenrückstand einschl. Konditionierungs- mitteln und Zuschlagstoffen		Laborflügelscherfestigkeit		Trockenrückstand einschl. Konditionierungs- mitteln und Zuschlagstoffen		Laborflügelscherfestigkeit	
	im Mittel [%]	Streubereich [%]	im Mittel [kN/m ²]	Streubereich [kN/m ²]	im Mittel [%]	Streubereich [%]	im Mittel [kN/m ²]	Streubereich [kN/m ²]
1 Konditionierung mit Polymeren	25	18 - 30	3	1 - 5	32	28 - 38	15	8 - 30
2 Konditionierung mit Metallsalzen	bel kommunalen Klärschlämmen unüblich							
3 Konditionierung mit Metallsalzen und Kalkhydrat	nicht sinnvoll				40	35 - 45	25	10 - 100
4 Thermische Konditionierung (> 100°C)	kann wegen Sekundärbelastung nicht empfohlen werden, siehe Kap. 3							
5 Konditionierung mit Polymeren und Feinkohle	nur bei nachfolgender Verbrennung sinnvoll							
6 Konditionierung mit Polymeren und Vor- oder Nachbehandlung mit Branntkalk, Zement/Flugasche	nach Entsorgungsziel, mengenabhängig		10	3 - 30	nur seltene Anwendung			
7 Konditionierung mit Polymeren und Nachbehandlung mit Ballaststoffen	nach Entsorgungsziel, mengenabhängig		3	1 - 5	nicht sinnvoll			

1) mit Hochleistungs-Zentrifugen können höhere Werte erreicht werden, siehe Kap. 5

Tab. 2: Erreichbare Ergebnisse bei der maschinellen Klärschlammmentwässerung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Konditionierungsverfahren (Annahme: Mittlere Entwässerbarkeit der Schlämme)

auch Fällungsschlämme, so können die Entwässerungsergebnisse schlechter werden.

Verfahrenstechnisch ergeben sich Grenzen, weil die Entwässerungsmaschinen jeweils nur eine spezifische Trennarbeit zu leisten vermögen. Diese Trennarbeit wirkt sich in dem erreichbaren Trockenrückstand aus (s. Tabelle 2).

Wichtig für gute Ergebnisse einer maschinellen Schlammmentwässerung sind gleichbleibende Prozeßbedingungen. Dazu gehören ein möglichst gleichmäßiger Stoffstrom und eine möglichst gleichmäßige Schlammbeschaffenheit.

Auf die systembedingten Einzelheiten von Bandfilterpressen, Zentrifugen und Kammerfilterpressen gehen die Kapitel 4., 5. und 6. ein.

2.5 Entwässerungsziele

Die Auswahl des Entwässerungsverfahrens mit der zugehörigen Konditionierung innerhalb der gesamten Verfahrenskette bis hin zu thermischen Verfahrensstufen (z. B. Trocknung, Verbrennung) hängt im speziellen Fall von den lokal gegebenen Möglichkeiten für die Verwertung/Entsorgung der Klärschlämme ab.

Das Entwässerungsziel ist im Einzelfall in Abhängigkeit von den sich anschließenden Behandlungsschritten und/oder Verwertungs-/Entsorgungswegen nach betriebswirtschaftlichen Aspekten festzulegen.

Beispielhaft zu nennen sind:

- landbauliche/landwirtschaftliche Verwertung
- Ablagerung nach maschineller Entwässerung auf Deponien (zu beachten: Übergangsfristen nach der TA-Siedlungsabfall)
- Verwertung als Brennstoff
- Verbrennung mit Ascheverwertung oder Entsorgung auf Reststoffdeponien.

Aus der jeweils möglichen Verwertung/Entsorgung ergeben sich spezifische Anforderungen an die Konsistenz der Schlämme und damit ein unterschiedlicher Aufwand für die Konditionierung und den Entwässerungsgrad.

In Tabelle 2 ist eine Zuordnung von Konditionierungs- und Entwässerungsverfahren einschließlich der üblicherweise erreichbaren Trockenrückstände vorgenommen worden.

3. Klärschlammkonditionierung

3.1 Definition

Unter Klärschlammkonditionierung sind in diesem Zusammenhang alle Verfahren zu verstehen, die zu einer Veränderung (Verbesserung) der Eindickfähigkeit und der Entwässerbarkeit in Ausrichtung auf das jeweilige Prozeßziel führen. Eine Klärschlammkonditionierung kann durch chemische und/oder physikalische Operationen erzielt werden.

3.2 Verfahren und Einsatzbereiche der Klärschlammkonditionierung

Für eine Konditionierung werden unterschiedliche maschinelle Einrichtungen, Stoffe/ Chemikalien und Verfahren eingesetzt.

Durch die Konditionierung können nennenswerte Veränderungen der Schlamm-trockenmasse entstehen, welche bei einer entsprechenden Mengenbilanzierung zu berücksichtigen sind.

Durch die bei der maschinellen Klärschlammmentwässerung abgetrennten Filtrate bzw. Dekantate wird eine zusätzliche Belastung des Abwasserreinigungssystems hervorgerufen, welche in Abhängigkeit von der gewählten Konditionierung sehr unterschiedlich sein kann (siehe auch Kapitel 9 dieses Berichtes).

Die heute gebräuchlichen Verfahren der Klärschlammkonditionierung können wie folgt untergliedert werden.

3.2.1 Chemische Verfahren

Die Zugabe von organischen Flockungshilfsmitteln (zur Unterstützung der Fest-Flüssig-Trennung) oder anorganischen Flockungsmitteln/Fällungsmitteln (bilden unter Hydrolyse Flocken) bewirkt und beschleunigt die Reaktionsmechanismen der Koagulation und der Flockulation.

Durch Änderung bzw. Neutralisierung der elektrostatischen Ladungen der einzelnen Schlamminhaltsstoffe bzw. durch Schaffung neuer chemischer Verbindungen bilden sich auf den im Schlamm enthaltenen Feststoffteilchen und den kolloidalen Trübstoffen Mikrofloccen. Die Vermehrung der Feststoffteilchen führt zu größeren Agglomeraten/ Mikrofloccen. Die gleichzeitige Verminderung des Wasserbindevermögens bewirkt schnelleres Sedimentieren und bessere Filtrierbarkeit.

Die Art des Konditionierungsmittels, die gewählte Verdünnung, die Zugabestelle und die Einmischenergie beeinflussen das spätere Entwässerungsergebnis wesentlich und sollten daher Ansatzpunkte für eine Optimierung von Konditionierung und Entwässerung sein. Da sich die Schlammeigenschaften mit der Zeit „unmerklich“ ändern können, ist eine Wiederholung der Optimierungsversuche – auch aus Gründen der Wirtschaftlichkeit – in regelmäßigen Abständen zu empfehlen. Bei einer Konditionierungsanlage als Teil eines Entwässerungssystems nimmt die Ansetzstation für das Flockungs(hilfs)mittel einen sehr wichtigen Platz ein. Neben der Frage, ob pulverförmige oder flüssige Mittel eingesetzt werden, spielt die Bemessung der Lager- und eventueller Reifebehälter eine bedeutende Rolle.

3.2.1.1 Einsatz anorganischer Konditionierungsmittel

Als gebräuchlichste Chemikalien haben sich Eisen- oder Aluminiumsalze sowie Kalk oder Kombinationen von Metallsalzen und Kalk bewährt. Diese Konditionierungsmittel werden üblicherweise für die Entwässerung auf Kammerfilterpressen eingesetzt. In einigen Fällen bewirkt die Zugabe von Kalk vor Zentrifugen eine für die Entwässerung vorteilhafte Verschiebung der Teilchengrößenverteilung.

Die anorganischen Konditionierungsmittel führen in ihrer Gesamtmenge zu einer entsprechenden Erhöhung der weiterzuverarbeitenden Trockenrückstandsmenge. Volumen-/Massenbetrachtungen sind je nach Entwässerungsergebnis gesondert zu führen.

3.2.1.2 Einsatz von organischen Konditionierungsmitteln (Polyelektrolyten)

Polyelektrolyte sind entsprechend ihrer Ionenladung anionisch, kationisch oder nicht ionogen. Die Handelsform ergibt sich durch das Herstellverfahren. Es gilt die Zuordnung:

Art der Polymerisation	Endprodukt
Fällungspolymerisation	Pulver/Granulat
Suspensionspolymerisation	Perlen
Emulsionspolymerisation	Emulsion/Dispersion
Lösungspolymerisation	Polymerlösung/Pulver/Granulat

Die Polymere werden je nach Produkt mit unterschiedlichen polymeren Wirkstoffgehalten angeboten. Die tatsächliche Effizienz dieser Mittel ist abhängig von ihren spezifischen Eigenschaften und dem jeweilig zu entwässernden Schlamm.

Vor dem Einmischen der Polyelektrolyte in den Klärschlamm werden sie durch Wasserzugabe aufbereitet.

Zur Auswahl und zum Einsatz von organischen Flockungshilfsmitteln – Polyelektrolyten – bei der Klärschlamm-entwässerung hat der ATV/BDE/VKS-Fachausschuß 3.2 einen Arbeitsbericht erstellt – veröffentlicht: „Korrespondenz Abwasser“ 4/92.

Bisher wurden diese Konditionierungsmittel überwiegend bei Entwässerungsmaschinen mit Druckbereichen unterhalb von 2,5 bar (Zentrifuge und Bandfilterpresse) im Bereich der Klärschlamm-entwässerung eingesetzt.

Neuere Entwicklungen zeigen jedoch, daß beim Einsatz geeigneter Polymere auch eine Hochdruckentwässerung mit Druckdifferenzen > 2,5 bar möglich ist. Hierbei können bei geeigneten Klärschlämmen Trockenrückstände von mehr als 40% TR erreicht werden.

3.2.1.3 Kombination anorganischer und organischer Konditionierungsmittel

Bei einigen Schlämmen kann eine Kombination aus anorganischen und organischen Konditionierungsmitteln der vorgenannten Arten zum optimalen Ergebnis führen.

Hier sollten stets anlagenspezifische Vorversuche durchgeführt werden.

3.2.2 Physikalische Verfahren

Bei den physikalischen Verfahren ist zwischen der mechanischen und der thermischen Konditionierung zu unterscheiden.

Die mechanische Konditionierung verändert die Struktur der Inhaltsstoffe in den zu entwässernden Schlämmen durch Zugabe anorganischer oder organischer Zuschlagstoffe, welche keine chemischen Reaktionen auslösen.

Bei vollständiger Einmischung des Konditionierungsmittels wird durch die Bildung einer nicht kompressiblen Gitterstruktur aus den gerüstbildenden Additiven die Kompressibilität der Gesamttrockenrückstände herabgesetzt, wodurch die Filtrierfähigkeit des Schlammes verbessert und eine höhere Filterkuchendichte erreicht wird. Soll konditionierter und entwässerter Klärschlamm in einem weiteren Verfahrensschritt nachentwässert werden, kann sich je nach eingesetztem Aggregat eine erhebliche Verbesserung des Entwässerungsgrades ergeben. Dies gilt z. B., wenn der vorentwässerte Klärschlammkuchen pelletiert und dann mit einem anorganischen Drainagematerial umgeben wird. Der so erreichte Fließweg des auszupressenden Wassers – der Fließweg geht in den Fließwiderstand quadratisch ein – verbessert das Entwässerungsergebnis.

Bei thermischen Verfahren werden durch Wärmeentzug oder Wärmezufuhr die Zellstrukturen der organischen Inhaltsstoffe aufgebrochen, was dazu führt, daß bei diesen Verfahren die weitestgehende Wasserabtrennung möglich ist. Hier kann im Gegensatz zu allen anderen Konditionierungsmethoden auch das Adsorptions- und Zellinnenwasser abgetrennt werden.

Der Aufschluß und die Eluierung der Klärschlamm-inhaltsstoffe nimmt mit steigenden Temperaturen und Drücken sehr stark zu; kritische Folgewirkungen entstehen vor allem aus rückgelösten organischen Klärschlamm-inhaltsstoffen und deren wesentlichen stofflichen Veränderungen im Hinblick auf klärwerksinterne Rückbelastungen der Abwasserreinigung sowie im Hinblick auf mögliche Geruchsemissionen (siehe dazu auch Kapitel 3.2.2.3).

3.2.2.1 Mechanische Konditionierung

Bei der mechanischen Konditionierung können Asche, Feinkohle, Sägemehl, Sande und Kieselgurprodukte eingesetzt werden.

Prinzipiell ist eine mechanische Konditionierung bei allen Entwässerungsmaschinentypen einsetzbar. Hauptsächlich findet sie jedoch bei Kammerfilterpressen ihren Einsatz.

3.2.2.2 Gefrierkonditionierung

Bei der Gefrierkonditionierung wird eine Temperaturabsenkung auf -20 °C eingestellt.

Sowohl der technische als auch der energetische Aufwand des Verfahrens sind so erheblich, daß eine Verbreitung dieser Technik zur Behandlung von Klärschlämmen nicht zu erwarten ist.

In kalten Klimazonen wird die Methode vielfach bei der natürlichen Schlamm-entwässerung genutzt.

3.2.2.3 Hochthermische Konditionierung

Der Schlamm wird auf Temperaturen zwischen 180–230 °C unter Druck (10–25 bar) erhitzt, wobei die Zellstrukturen der organischen Inhaltsstoffe aufgeschlossen werden. Diese Konditionierungsmethode kann sowohl bei Rohschlamm als auch bei stabilisiertem Schlamm eingesetzt werden. Eine zusätzliche chemische Konditionierung ist nicht erforderlich.

Bei diesem Verfahren geht ein großer Teil der organischen Inhaltsstoffe in Lösung, was zu einer erheblichen Belastung der entstehenden Filtratwässer bzw. Dekantatwässer und somit des Abwasserreinigungsverfahrens führt. Auffällig ist auch insbesondere die erhebliche Aufstockung der im Schlammwasser enthaltenen, schwerabbaubaren Inhaltsstoffe, wie diese durch den CSB erfaßt werden.

Weiterhin ist auf eine prozeßspezifische, intensive Geruchsbildung hinzuweisen, welche zu Belastungen führen kann.

3.2.2.4 Niederthermische Konditionierung

Die niederthermische Konditionierung arbeitet in Temperaturbereichen zwischen 60 und 80 °C.

Die Reaktionstemperaturen können durch künstliche Wärmezufuhr, Ausnutzen von Rauchgasen oder chemische Reaktionen bei der Zugabe von Fällungsmitteln erzeugt werden.

4. Zentrifugen (Dekanter)

A. Grundlagen, Bauarten

In Zentrifugen wird ein maschinell erzeugtes Schwerfeld dazu benutzt, die „flüssige“ Phase des Klärschlammes von der „festen“ Phase zu trennen.

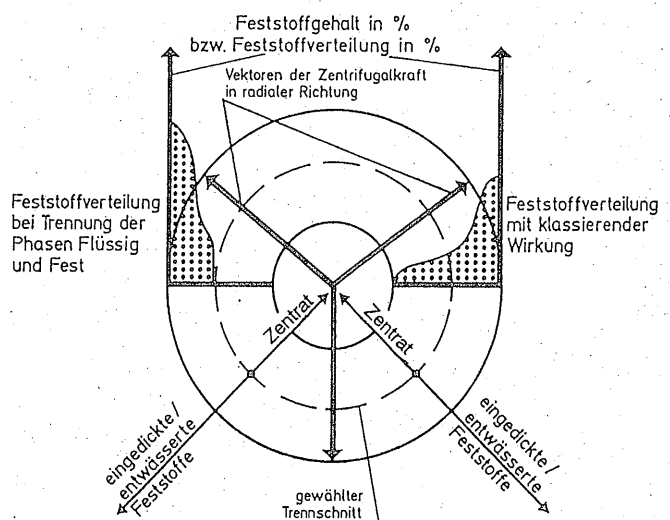


Bild 2: Theoretische Verteilung der Feststoffe in einer Zentrifuge bei
 a) Trennung der Phasen Flüssig und Fest
 b) klassierender Wirkung

Mit dem Einsatz der organischen Flockungshilfsmittel, den Polyelektrolyten, gelingt es, im Schwerfeld absetzbare Flocken so zu erzeugen, daß über eine rein klassierende Wirkung hinaus eine Trennung der beiden genannten Phasen erfolgt und in der Regel der erforderliche Abscheidegrad erreicht wird (Bild 2). Theoretisch kann eine beliebig niedrige Eingangsfeststoffkonzentration bei vorhandenem Dichteunterschied der beiden Phasen gefahren werden.

Aus der Forderung nach einem reibungslosen Betrieb und den Vorteilen einer kontinuierlichen Beschickung hat sich für die Klärschlamm entwässerung mit Zentrifugen der Einsatz der Vollmantelschnecken-zentrifuge (Dekanter) durchgesetzt. Dennoch verbleiben für die verschiedenen Anwendungsfälle sinnvolle und wirtschaftliche Einsatzmöglichkeiten für andere Zentrifugenbauarten, die hier jedoch nicht weiter erläutert werden sollen.

Zur Klärschlamm entwässerung werden Gleich- und Gegenstrom-zentrifugen eingesetzt. Diese Maschinen unterscheiden sich in der Strömungsrichtung der festen und der flüssigen Phase, die entweder gleich oder gegeneinander gerichtet sind.

B. Konstruktion, Steuerungsmöglichkeiten

Der zu entwässernde Schlamm wird durch das Einlaufrohr in die umlaufende Zentrifugentrommel eingeführt. Die Zentrifugalkräfte bewirken das Absetzen der Feststoffflocken an der inneren Trommelwand, während sich die flüssige Phase (Zentrat) als innenliegender Ring darüber ausbildet. Die Höhe der Teichtiefe (Tiefe der flüssigen und festen Phase) wird durch Wehrscheiben definiert und liegt in der Regel mit ihrer Oberkante unter dem durch die Verjüngung eines Trommelendes (Konus) vorgegebenen Durchmesser. Die um die Differenzdrehzahl schneller bzw. langsamer als die Trommel umlaufende Transport- und Austragschnecke hat die Aufgabe, die auf den Trommelwandungen abgesetzten Feststoffe in Richtung Konus zum Austrag zu transportieren. Die Länge der sogenannten Trockenzone (Bereich im konischen Trommelteil oberhalb des Wasserringes) wird im Betrieb in Abhängigkeit der Schlamm-eigenschaften optimiert.

Das Prinzip der Gegenstrom-zentrifuge (Bild 3) sieht gegenläufige Bewegungen der Feststoffe bzw. Flüssigkeit vor. Systembedingt ist dabei, daß im Bereich der Flüssigkeitszone sedimentierte Feststoffe durch den turbulenten Aufprallbereich in der Höhe der Einlaufrohrmündung bewegt werden müssen. Durch verschiedene Konstruktionsdetails wird das Aufmischen der abgesetzten Flocken vermindert.

In der Gleichstrom-zentrifuge werden Feststoff und Flüssigkeit vom Zugabeort, der sich an der dem Konus gegenüberliegenden Seite befindet, gemeinsam in Richtung Trockenzone gefördert. Die Flüssigkeit fließt über innenliegende Abnehmerohre (Rücklaufkanäle) ab. Durch die Schlammzugabe bedingte Turbulenzen liegen somit der Trockenzone gegenüber und können bereits abgesetzte Flocken nicht mehr mischen.

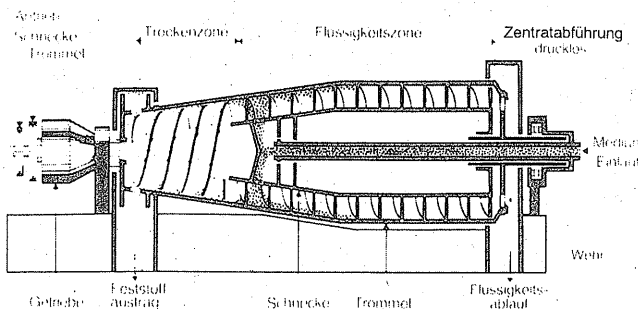


Bild 3: Prinzipskizze einer Gegenstromzentrifuge (Werkbild Firma Flottweg)

Die theoretisch leicht erkennbaren Vorteile des Gleichstromverfahrens lassen sich in der Praxis kaum meßbar nachweisen. Meist überlagern nicht mehr reproduzierbare Einflüsse anderer Art die Entwässerungsergebnisse derart, daß eindeutige Feststellungen für oder gegen eine der beiden Bauarten nicht gemacht werden können.

Die Steuermöglichkeiten im Betrieb der Dekanter (Bild 4) ergeben sich mit der Trommeldrehzahl, der Differenzdrehzahl zwischen Schnecke und Trommel, der Teichtiefe, dem Schlamm-durchsatz pro Zeiteinheit und der Flockungshilfsmitteldosierung nach Art und Menge. Die variablen Parameter werden unter Berücksichtigung der Entwässerungsziele den jeweiligen Klärschlammarten und -eigenschaften angepaßt.

VARIABLE	AUSWIRKUNG
Trommel-drehzahl	
Differenz-drehzahl	
Flüssigkeits-niveau	
Durchsatz	
Flockungs-mittel	

Bild 4: Mögliche Maßnahmen zur Veränderung von Betriebsparametern eines Dekanters

Für die stufenlose vom Schneckendrehmoment und damit von der Feststoffbelastung abhängige Einstellung der Differenzdrehzahl sind spezielle Antriebe entwickelt worden.

Eine Steuerung der Zentrifuge kann neben den Möglichkeiten der automatischen Differenzdrehzahlregelung über die Beobachtung/Messung des Zentratablaufes und/oder die Messung des zugeführten Feststoff-Massenstroms vorgenommen werden. Bei der Beobachtung des Zentrats wird die Flockungshilfsmitteldosierung – gegebenenfalls auch der zulaufende Schlamm-Volumenstrom – manuell oder automatisch so geregelt, daß das Zentrat weitgehend trübungsfrei ist. Im zweiten Fall wird bei konstanter Flockungshilfsmittelzugabe der zulaufende Schlamm-Volumenstrom so variiert, daß in Abhängigkeit von der zugeführten Feststoffkonzentration ein gleichbleibender Feststoff-Massenstrom zugeführt wird. Dies bedingt eine kontinuierliche Messung der Feststoffkonzentration, die bisher noch nicht in allen Fällen befriedigt.

Hochleistungszentrifugen

Aufgrund der sehr stark ansteigenden Klärschlamm-Entsorgungskosten bieten verschiedene Maschinenhersteller sogenannte Hochleistungszentrifugen an. Mit der Zielsetzung eines möglichst hohen Feststoffgehaltes im Austrag, handelt es sich

dabei um eine maschinentechnische Weiterentwicklung der herkömmlichen Zentrifugen mit folgenden allgemeinen Merkmalen:

- Erhöhung der Trommeldrehzahl mit der entsprechenden deutlichen Erhöhung der Schleuderziffer als Vielfaches der Erdbeschleunigung, die als Kraft auf das Schlammeilchen wirkt;
- Verstärkung des Schneckenantriebes und Verbesserung der Regelung der Differenzdrehzahl;
- Veränderungen an der Schneckengeometrie;
- Veränderungen der Betriebsweise der Zentrifuge, insbesondere in Hinblick auf eine den Schlammverhältnissen angepaßte Verminderung der Differenzdrehzahl mit der entsprechenden Verlängerung der Aufenthaltszeit des Schlammes unter der Zentrifugalbeschleunigung und der damit verbundenen Erhöhung des Feststoffdruckes, gemessen und geregelt über das Schneckendrehmoment.

Entsprechend der Klärschlamm-entwässerungseigenschaften wird mit diesen Hochleistungszentrifugen ein deutlich höherer Entwässerungsgrad erreicht, wobei in der Regel von einer Erhöhung des Austrag-Feststoffgehaltes um ca. 2-5 Prozentpunkte TR gegenüber herkömmlichen Zentrifugen ausgegangen werden kann.

Bedingt durch die hohe Trommeldrehzahl und den verstärkten Schneckenantrieb der Hochleistungszentrifugen muß mit einem erhöhten Energieeinsatz und entsprechend den Klärschlamm-eigenschaften gegebenenfalls mit einem geringfügig erhöhten Bedarf an Flockungshilfsmitteln gerechnet werden.

C. Anwendungsmöglichkeiten

Wenn nicht unabwendbare Zwangspunkte das Entwässerungsverfahren von vornherein festlegen, so empfiehlt es sich stets, betriebstechnische Entwässerungsversuche zur Aggregatauswahl vorzunehmen. Es hat sich eingebürgert, kleine mobile Maschinen zu Versuchszwecken einzusetzen. Betriebsnahe Ergebnisse werden mit Maschinen der späteren Aggregatgröße erreicht. Diese Maschinen können provisorisch am geplanten Einsatzort aufgestellt werden, oder es kann der zu entwässernde Schlamm zu einem in der näheren Umgebung bereits fest installierten Aggregat transportiert und dort nach einer Anpassung der Maschinenparameter und Flockungshilfsmittelart und -menge entwässert werden.

Die Entwässerungsergebnisse und die ermittelten Kosten sind auch nach derartigen Versuchen nur in einer angemessenen Bandbreite auswertbar und richtig, da insbesondere die Schlamm-eigenschaften in ihrer Entwicklung nicht genau abzuschätzen sind. Das gilt insbesondere für die Änderungen der Klärschlamm-eigenschaften nach einer Verfahrensumstellung der Abwasserreinigung und Klärschlammbehandlung, z. B. zur Nitrifikation, Denitrifikation und Phosphorelimination.

Die Einsatzmöglichkeit der Zentrifugen im Klärbetrieb ist vielfältig. Sie eignen sich zur Eindickung und Entwässerung aller Schlammarten. Durch Variationen der geometrischen Bauart und Ausrüstung mit verschiedenen Nebenaggregaten ist ihre Anwendung sehr flexibel.

Für die Schlammaufgabe gibt es praktisch keine Einschränkung hinsichtlich der Eingangsfeststoffkonzentration. Es können sehr dünne, biologische Schlämme mit 0,5 % TR ebenso aufgegeben werden, wie erfolgreich voreingedickte Mischschlämme. Hier müssen die Pumpfähigkeit dieser Schlämme und die Gesamtwirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung der Einmischung des Flockungshilfsmittels mit hoher Wasser-Verdünnung beachtet werden. Grundsätzlich sollte vor einer maschinellen Entwässerung die Möglichkeit der Eindickung des Schlammes mittels Schwerkraft genutzt werden.

Zentrifugen werden von den verschiedenen Herstellern in den unterschiedlichsten Größen angeboten:

	von	bis
Nenndurchsatz in m ³ /h	1	200
Feststoffdurchsatz in kg/h	20	6 000
Trommeldurchmesser in mm	250	1 400
Trommellänge einschließlich Konus in mm	600	4 200
Umdrehungen pro Minute	700	5 000

D. Entwässerungsergebnisse und deren Abhängigkeit

Mit einer vorgegebenen Zentrifuge und den dazugehörigen Aggregaten sind die meisten Parameter für die Schlamm-entwässerung festgelegt. Neben der schlamm-spezifischen Anpassung der variablen Maschinenparameter sind zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit die Möglichkeiten im Bereich der Konditionierungsmittelwahl und -zugabemenge von entscheidender Bedeutung.

Dennoch sind auf den verschiedenen Kläranlagen, die mit gleichen Maschinen ausgestattet sind, sehr unterschiedliche Entwässerungsergebnisse zu erzielen, weil die Schlamm-eigenschaften von Anlage zu Anlage sehr unterschiedlich sein können.

Bei der Beurteilung von Entwässerungsverfahren und -ergebnissen ist neben dem erreichten Trockenrückstand im Austrag der Flockungshilfsmittelverbrauch, der erreichte tatsächliche Durchsatz sowie der Abscheidegrad als Gesamtleistung maßgebend. Bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ist unbedingt die vollständige Verfahrenskette in ihren Einzelkosten zu berücksichtigen. Mit einzubeziehen ist dabei unter dem Aspekt der Rückbelastung der Kläranlage der feststoffbezogene Abscheidegrad, der z. B. bei manchen schlecht ausgefaulten Schlämmen oder angefaulten Rohschlämmen stark abnehmen kann.

E. Erfahrungen und Hinweise

Die hohe Betriebssicherheit und Verfügbarkeit der Zentrifuge kann durch den Einsatz hochlegierter Stähle für Rotor und Schnecke noch gesteigert werden. Unter normalen Verhältnissen ist dies jedoch kaum erforderlich. Lediglich bei aggressiven Schlämmen und langen Stillstandszeiten bieten die genannten Materialien Vorteile.

Die Wirtschaftlichkeit kann dadurch erhöht werden, daß die Entwässerung und die Voreindickung mit derselben Zentrifuge durchgeführt werden. Hierbei muß allerdings berücksichtigt werden, daß die maschinelle Eindickung in einer Entwässerungszentrifuge nicht mit optimaler Leistungsfähigkeit betrieben werden kann, wobei aufgrund der geometrischen Besonderheiten insbesondere mit einem erhöhten Verbrauch an Flockungshilfsmittel bei der Eindickung und mit einem unbefriedigendem Eindickgrad zu rechnen ist. Damit ist die Gesamtwirtschaftlichkeit dieser Verfahrensvariante genau zu betrachten.

Der Flockungshilfsmiteleinsetz ist wesentlicher Ansatzpunkt für Optimierungsfragen. Die Art des Flockungshilfsmittels, die gewählte Verdünnung (hohe TR-Gehalte des zu entwässernden Schlammes bedingen eine niedrige Konzentration der Gebrauchsmittellösung, siehe Arbeitsbericht des ATV/BDE/VKS-Fachausschusses 3.2 „Auswahl und Einsatz von organischen Flockungshilfsmitteln – Polyelektrolyten – bei der Klärschlamm-entwässerung“, veröffentlicht in Korrespondenz Abwasser, 39. Jahrgang, 4/1992, S. 569-580) und der Zugabeort beeinflussen das Entwässerungsergebnis erheblich. Hierbei ist der

Feinstanteil im Klärschlamm, der auch von der gesamten Verfahrenstechnik der Abwasserreinigung und Klärschlammbehandlung bestimmt wird, von entscheidender Bedeutung.

F. Weitere Entwicklungsmöglichkeiten

Maschinentechnische Weiterentwicklungen im Detail und zur Erfüllung spezieller Aufgaben auch in Hinblick auf die zukünftigen Klärschlamm-Entsorgungspfade sind weiterhin zu erwarten. Das Ziel weiterer Entwicklungen muß es darüber hinaus sein, die komplette verfahrenstechnische Zentrifugenanlage wartungs- und automatisierungsfreundlicher zu gestalten. In dem Zusammenhang sind die Möglichkeiten zum automatischen Betriebsablauf bei Einsatz entsprechender Meßgeräte zu verbessern. Hier zeichnen sich derzeit positive Entwicklungen bei der klärschlammspezifischen Regelung der Flockungshilfsmittelmenge und bei dem Betrieb der Zentrifuge mit einer konstanten Feststofffracht durch die Regelung der Zulaufmenge ab, wobei weitere Betriebserfahrungen ausgewertet werden müssen.

Außerdem ist durch Auswertung von geeigneten und erprobten Schlamm-Kennwerten und Betriebsergebnissen fertiggestellter Anlagen unter ganzheitlicher Berücksichtigung der Verfahrenstechnik der Abwasserreinigung und Klärschlammbehandlung ein Fundus von Kenntnissen zu sammeln, die es ermöglichen, die Notwendigkeit von Vorversuchen aus wirtschaftlichen Gründen zu vermindern bzw. ihre Aussagekraft und Übertragbarkeit zu erhöhen. Gleiches gilt für die Wirkung der Maschinendaten einschließlich ihrer Geometrie auf die Entwässerungsergebnisse bei bestimmten Schlämmen. Hier geht es darum, beobachtete Zusammenhänge theoretisch unter Einbeziehung der Maschinenteknik und der Abwassertechnik zu untermauern und allgemein anwendbar zu machen.

5. Bandfilterpressen

A. Grundlagen, Bauarten

Bandfilterpressen sind kontinuierlich arbeitende Maschinen, die den Schlamm zwischen zwei Filterbändern in mehreren Folgeschritten bei steigendem Druck und wechselnder Beanspruchung entwässern. Alle Bandfilterpressen arbeiten nach diesem Prinzip, zum Teil mit modifizierter Bauweise für besondere Schlammeigenschaften und Betriebsabläufe.

Der eigentlichen Presse ist eine drucklos arbeitende, im Einzelfall auch durch Unterdruck unterstützte Vorentwässerungszone vorgeschaltet. Nach ihr verengt sich der Spalt zwischen den Bändern. Die stetig steigenden Druckkräfte der Preßzone werden im letzten Teil des Bandweges durch einen Walkvorgang unterstützt. Hier wird durch versetzt angeordnete Druckwalzen eine Relativbewegung der Bänder gegeneinander erreicht. In begrenztem Umfang tritt im Schlamm eine Scher-Beanspruchung (Scherzone) auf.

B. Konstruktion, Steuerungsmöglichkeiten

Vom Vorlagebehälter wird der zu entwässernde Schlamm mit einer regelbaren Pumpe zur Entwässerungsanlage gefördert. Vor der Bandfilterpresse wird Konditionierungsmittel zudosiert und in der Mischeinrichtung intensiv mit dem Schlamm vermengt. Bei der Verwendung von Polyelektrolyten muß hier die Totflockung eintreten. Sie bewirkt, daß der Schlamm einen wesentlichen Anteil des Wassers sofort freisetzt, der in der Vorentwässerungszone durch das Filterband ablaufen kann. Durch verschiedene Vorrichtungen wird der Schlamm im Verlauf der Vorentwässerung umgeschichtet und umgelagert. Am Ende der Vorentwässerung sollte der Schlamm eine so große Stabilität aufweisen, daß er nicht mehr seitlich vom Filterband abläuft. Dabei muß eine gleichmäßige Verteilung des Schlammes auf dem Band ein-

gehalten werden. Sie ist eine Hauptvoraussetzung für ein gutes Entwässerungsergebnis. Bis zum Ende der Vorentwässerung wirken ausschließlich Gravitationskräfte auf den Schlamm ein.

Anschließend wird der auf den Schlamm einwirkende Druck durch stetige Verengung des Bandabstandes langsam erhöht (Vorpressezone). Durch seitliche Abdichtungen wird verhindert, daß der Schlamm in diesem Bereich austritt.

Die erste Preßzone arbeitet mit weiter gesteigertem Druck, indem die Filterbänder mit großem Umschlingungswinkel um eine Walze geführt werden. Die Wasserabführung erfolgt bei den einzelnen Fabrikaten unterschiedlich.

In der zweiten Preßzone werden die Bänder s-förmig über mehrere – meist im Durchmesser abnehmende – Walzen geführt. Die dadurch entstehende Relativbewegung zwischen Ober- und Unterband lagert den Schlamm um und walkt ihn so, daß zunächst noch eingeschlossenes Wasser durch die Filterbänder gepreßt wird (s. Bild 5). Bei einigen Aggregaten wird die zweite Preßzone statt als Preß-Walk-Zone auch alternativ als Liniendruck-Zone, z. T. pneumatisch regelbar, ausgeführt. Andere Maschinen sind mit einer sogenannten Hochdruck-Preßzone ausgestattet. Diese hat in der Regel einen eigenen regelbaren Bandantrieb und getrennte Filterbänder anderer Qualität und Maschenweite. Damit kann der hohe Preßdruck ohne eine Überdehnung der Filterbänder erreicht werden.

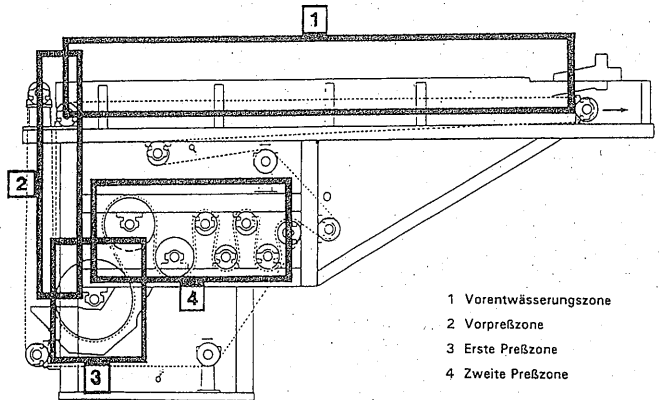


Bild 5: Grundsätzliche Komponenten von Bandfilterpressen (nach Werkbild Fa. Bellmer)

Der Filterkuchen fällt direkt an der Austragsstelle ab, an welcher die Bänder auseingeführt werden. Reste werden durch Schaber gelöst. Im Verlauf der Bandrückführung sind Waschvorrichtungen angeordnet. Sie werden mit einem Wasserdruck von 5 bis 8 bar betrieben und reinigen die Bandfilter vor der erneuten Beschickung. Das für die Wäsche erforderliche Wasser kann meist dem Filtrat entnommen werden. Der Bandlauf wird mit Spann- und Steuervorrichtungen reguliert.

Die Bandfilterpresse kann durch mehrere stufenlos verstellbare Parameter gesteuert und so wechselnden Schlammeigenschaften angepaßt werden. Durch die regulierbare Schlammzuführung bei gleichbleibender Bandgeschwindigkeit werden Durchsatz und Filterkuchendicke eingestellt. Das Entwässerungsergebnis läßt sich auch durch Änderung der Bandgeschwindigkeit bei konstanter Schlammaufgabe beeinflussen.

Die Preßdrücke können durch Einstellung von Bandspannung und Rollenandruck sowie der keilförmigen Bandzusammenführung variiert werden.

C. Anwendungsmöglichkeiten

Nach Möglichkeit sollten der Aggregatsauswahl Entwässerungsversuche mit dem zu entwässernden Schlamm vorausgehen. Sie können mit kleinen mobilen Anlagen auf der Kläranlage oder

beim Maschinenhersteller mit für Versuche antransportiertem Schlamm durchgeführt werden.

Bandfilterpressen eignen sich für Schlämme, die nach der Zugabe von Konditionierungsmitteln und dem Passieren der Vorentwässerung einen standfesten und kompressiblen Filterkuchen ergeben. Der zu entwässernde Schlamm muß kontinuierlich aus einem Vorlagebehälter abgezogen werden können. Seine Zusammensetzung und sein Trockenrückstand sollten möglichst gleichmäßig sein.

Bei dünnen und schwer zu entwässernden Schlämmen, z. B. Überschussschlamm von Belebungsanlagen, wird in der Vorentwässerung meist keine genügende Stabilität erreicht, um in der Preßzone das seitliche Austreten des Schlammes zu verhindern. Mit zunehmender Trockenrückstand-Konzentration des Aufgabeschlammes von über 3 % werden Betriebsbedingungen und Entwässerungsergebnisse besser, bis sich bei 8 bis 10 % Trockenrückstand-Konzentration die Einmischbarkeit der Flockungshilfsmittel-Lösung und die Verteilbarkeit des Schlammes auf dem Oberband verschlechtern und dadurch die Maschinenleistung mindern. Damit kann der Eingangs-Trockenrückstand des zu entwässernden Schlammes auf etwa 3 % bis 9 % eingegrenzt werden.

Die Maschinen werden mit Bandbreiten von 800 bis 3 000 mm hergestellt. Damit können Schlamm-Durchsatzleistungen von 2 bis 30 m³/h und Trockenmasse-Ströme von 100 bis 1 500 kg/h verarbeitet werden.

Voraussetzung für den Einsatz ist immer die gesamte Verfahrenskette der Schlammentsorgung, welche auf die vorhandenen Schlammigenschaften und den mit der Bandfilterpresse zu erreichenden Trockenrückstand abzustimmen ist.

D. Entwässerungsergebnisse und deren Abhängigkeit

Entscheidend für die Betriebsergebnisse sind die anlagenspezifischen Schlammigenschaften, das Konditionierungsmittel, die Maschine sowie ihre Bedienung durch das Personal. Die beste Maschine kann die physikalischen Randbedingungen nicht ändern. Bei extrem günstigen Voraussetzungen lassen sich kurzzeitig hohe Trockenrückstände erreichen; solche Werte dürfen nicht verallgemeinert werden.

Schlämme unterscheiden sich hinsichtlich ihres spezifischen Filtrationswiderstandes, ihrer Kompressibilität, sowie ihres Trockenrückstandes und Glührückstandes. In Abhängigkeit davon weisen die Ergebnisse der Schlammentwässerung mit Bandfilterpresse eine erhebliche Bandbreite auf.

Bei einem Flockungshilfsmittel-Verbrauch von 3 bis 5 kg/t TR bei pulverförmigen Produkten oder 5 bis 9 kg/t TR bei Flüssigprodukten (40 % polymere Wirksubstanz) lassen sich Werte gemäß Tabellen 2 und 3 erreichen. Bei ungünstiger Betriebsweise und nicht optimaler Eindickung und Konditionierung liegen die Ergebnisse im unteren Bereich. Dies ist in der Praxis häufig der Fall.

Ob mit Bandfilterpressen entwässerter Schlamm in Deponien eingebaut werden kann, hängt von den individuellen Annahmekriterien der Deponie ab. Der Trockenrückstand ist in vielen Fällen ausreichend, während die geforderte Laborflügelscherfestigkeit meist nicht erreicht wird. Sie kann durch die Nachbehandlung mit verfestigenden Stoffen (siehe Kap. 8) erhöht werden.

E. Erfahrungen und Hinweise

Eine Bandfilterpresse kann mit optimalen Ergebnissen nur dann betrieben werden, wenn der Schlamm in gleichmäßiger Beschaffenheit anfällt.

In der Dosierung der Konditionierungsmittel liegt ein wesentlicher Faktor für den gesamten Entwässerungserfolg. Eine zu ge-

ringe Zugabe ergibt keine Totalflockung. In der Vorentwässerung entsteht dann kein durchgehend standfester Filterkuchen und das Gesamtergebnis fällt ab. Bei zu hoher Dosierung verschmieren die Siebbänder leicht, wodurch der Wassergehalt im Filterkuchen ansteigt.

Die Nutzungsdauer von Bandfilterpressen ist sehr unterschiedlich. Daher sollen bei der Beschaffung Betriebssicherheit und Verfügbarkeit der Maschine eine entscheidendere Rolle spielen als die Investitionskosten.

Die Standzeit der Filterbänder ist sehr unterschiedlich und beträgt zwischen 1 000 und 4 000 Betriebsstunden. Für die Nutzungsdauer der Bänder ist eine gleichmäßige Schlammverteilung und ein einwandfreier Bandlauf wichtig. Grobstoffe wie z. B. Kronenkorken, welche zu erhöhtem Verschleiß führen, sollten vorher abgeschieden werden.

Häufig lassen sich durch den Einsatz besonders qualifizierter Mitarbeiter Entwässerungsergebnisse verbessern und Kosten sparen.

F. Weitere Entwicklung

Die bisher eingesetzte Regelung der Flockungshilfsmitteldosierung in Abhängigkeit von der Schlammmenge oder dem Trockenmassenstrom führte häufig zu schwankenden Entwässerungsergebnissen. Ursache sind unterschiedliche Schlamm-dichte oder Gaseinschlüsse im Schlamm, welche das Ergebnis der Schlamm-dichtemessung beeinflussen.

Aufgrund dieser Betriebserfahrungen wird auch für Bandfilterpressen der Einsatz von Flockbild-Sonden zur Regelung und Optimierung der Flockungshilfsmitteldosierung, ähnlich wie bei Kammerfilterpressen, angestrebt.

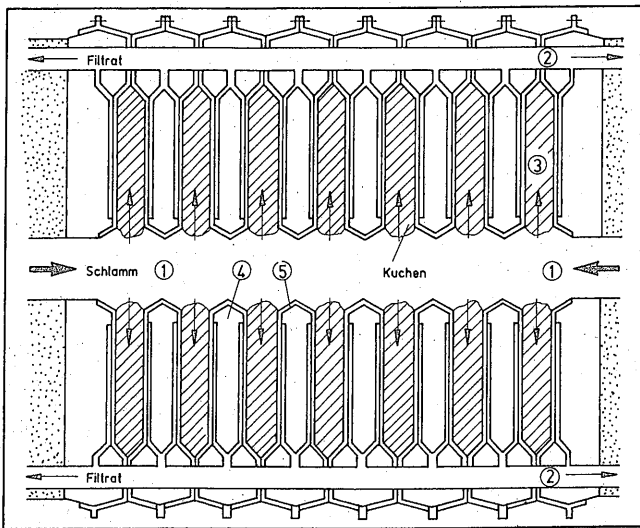
Die weitere Entwicklung der Bandfilterpressen ist wegen der großen Herstellerzahl nicht eindeutig bestimmbar. Ergänzungen zielen auf eine Steigerung des Preßdrucks ab. Zur Ergänzung der vier gängigen Druckzonen werden die Rollendurchmesser variiert und Hochdruckzonen mit unterschiedlichen Techniken angeboten, die zu einem um 3 bis 5 % höheren Trockenrückstand führen können. Wegen des häufig wechselnden Mediums Klärschlamm ist der Erfolg maschinentechnischer Veränderungen erst nach längerer Bewährung belegbar. Nach den bisherigen Erfahrungen ist zu erwarten, daß Verbesserungen der Entwässerungsergebnisse durch maschinelle Entwicklungen begrenzt bleiben werden. Die nachgeschaltete Zuschlagstoff-Dosierung (siehe Kap. 8) dürfte das Ergebnis wirksamer und zuverlässiger steigern.

6. Filterpressen

A. Grundlagen, Bauarten

In den Filterpressen erfolgen Schlammzufuhr, Verteilung und der nachfolgende Trennprozeß innerhalb der zum Paket zusammengepreßten Filterplatten mit Tuchausrüstung. Die Abdichtung der Filterkammern erfolgt zwischen den äußeren Dichtflächen in der Regel durch das Filtertuch. (Bild 6).

Filterpressen arbeiten chargenweise nach dem Prinzip der kuchenbildenden Filtration. Ein statisches Druckgefälle am Filtermedium führt zur Durchströmung des Filtermediums und des sich bei diesem Prozeß ausbildenden Filterkuchens. Als Filtermedium wird in der Regel Kunststoffgewebe verwendet, dessen Webart sich nach dem zu filtrierenden Schlamm richtet. Die Trennschärfe der Filtration wird bei Beginn des Filtrationsvorganges durch die Gewebedurchlässigkeit, danach durch die Kapillarität des Kuchens bestimmt. Dies ergibt einen Abscheidegrad von praktisch 100 %.



- | | |
|------------------|------------------|
| 1) Schlammzulauf | 4) Filterplatten |
| 2) Filtratablauf | 5) Filtertücher |
| 3) Filterkuchen | |

Bild 6: Filterplattenpaket (Funktionsdarstellung)

Das Druckgefälle im Filterkuchen wird durch den auf das zu filtrierende Material (Schlamm/Trübe) ausgeübten Flüssigkeitsdruck in der Kammerfilterpresse erzeugt. Dabei ist der Filtrationswiderstand, mit dem Filterkuchen und Filtertuch der Durchströmung entgegenwirken, bestimmend für die spezifische Flächenleistung der Filtertuchausrüstung [Angabe in kg TR pro m² Filterfläche x h bzw. in m³ Schlamm pro m² Filterfläche x h].

Vor der Filtration muß der Schlamm konditioniert werden (s. Kapitel 3).

Kammerfilterpressen sind mit Plattenabmessungen bis zu einer Größe von 2 250 x 2 250 mm bzw. 2 000 x 2 400 mm und bis 200 Filterplatten pro Filterpresse eingesetzt. Die Leistung einer Filterpresse verhält sich proportional zur Anzahl der Kammern. Die häufig geübte Praxis – besonders bei eingeschränkten Investitionsmitteln – bis zu 35% Reservekapazität durch „Freiraum“ im Filtergestell für einen späteren ergänzenden Einbau von Filterplatten vorzusehen, ist unter Berücksichtigung der Betriebskosten nicht immer sinnvoll.

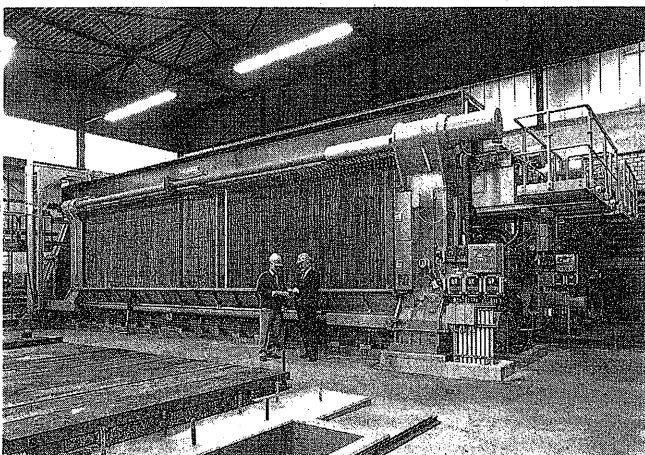


Bild 7: Großfilterpresse GIGAMAT AHD-2250 mit Vierzylinder-Verschlußsystem und automatischer Abspritzvorrichtung (Gesamfilterfläche = 1 300m² bei 145 Filterkammern und Filterplattengröße 2 250 x 2 250mm)

B. Konstruktion, Steuerungsmöglichkeiten

Das Filterpressengestell dient zur Aufnahme der Filterplatten einschließlich Transportsystem, Verriegelung und Verschlußeinrichtung für das Plattenpaket. Gebräuchlich ist heute die Brückenausführung (Bild 7). Filterplatten- und Filtertuchmontage erfolgen von der Seite.

Zusatzgeräte, z. B. zur Filtertuchreinigung (Bild 7), werden auf der Brücke verfahrbar angeordnet. Der Plattentransport erfolgt automatisch, der Verschluß hydraulisch. Unfallschutzlichtvorhänge schützen das Bedienungspersonal.

Für die Klärschlammfiltration hat sich beschichteter Sphäroguß in Qualität GGG 50 (Bild 8) bewährt. Graugußfilterplatten erwiesen sich bei Bedienungsfehlern als nicht betriebssicher genug. Kunststoffplatten sind leichter zu montieren und sicher vor Korrosion. Sie haben aber den niedrigsten Elastizitätsmodul und verformen sich daher bereits bei relativ geringen Differenzdrücken infolge ungleicher Kuchenbildung auf den beiden Filterflächen. Hierdurch entstehen unterschiedliche Kuchendicken, die bei geforderter gleicher Entwässerungsleistung zur Verlängerung der Filtrationsdauer und damit zu Leistungseinbußen führen. Dies macht sich um so mehr bemerkbar, je größer die Maschinenabmessungen und je höher der Filtrationsdruck gewählt sind. Kunststoffplatten kommen daher nur bis zu Plattengrößen von 1 200 x 1 200 mm häufiger zum Einsatz.

Die Festigkeit der Filterplatten wird durch Stütznocken, wie sie Bild 8 zeigt, wesentlich verstärkt. Bei Kunststoffplatten wird die Anzahl der Stütznocken verdoppelt und die Plattendicke verstärkt (20 bis 25%), um die zuvor genannten Nachteile zu kompensieren. Dadurch geht bei gleicher Gestellgröße Filterfläche bis zu 35% verloren.

Die Schlammzuführung erfolgt über Pumpen von der Stirnseite des Plattenpakets durch den Gestellständer, bei längeren Filterpressen zusätzlich auch durch das Druckstück. Bevorzugt werden Pumpen, die die Filtrierbarkeit des Schlammes nur wenig durch Scherwirkung infolge Wandreibung und Schlupf verschlechtern, z. B. Kolben-, Kolbenmembran- und Exzenter-schnecken-Pumpen.

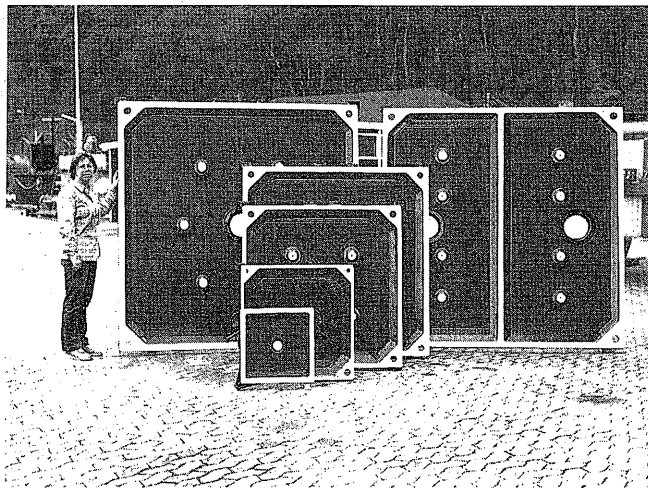


Bild 8: Filterplatten verschiedenartiger Ausführung aus Sphäroguß (GGG 50)

Die Filtratableitung erfolgt gemäß Bild 8 bei Klärschlamm wegen der Geruchsintensität des Filtrates geschlossen und zwar in der Regel durch die in den Plattenecken angeordneten Bohrungen, die sich im Plattenpaket zu geschlossenen Kanälen verbinden.

Filtertücher werden aus Polyamid-, Polyester- oder Polypropylen-Fäden gewebt. Am häufigsten werden Polyamid-Gewebe eingesetzt, und zwar in monofiler Webart. Zwischen Filtertuch

und Filterplatte wird bei den meisten Filtern ein Stützgewebe installiert.

Zur Reinigung der Filtertücher und der dahinter befindlichen Filtratablauf-Kanalisierung werden automatisch arbeitende Abspritz-einrichtungen eingesetzt, die mit einem Spritzwasserdruck von 70 bis 100 bar arbeiten. Bei starker Tuchverschmutzung, insbesondere durch inkrustierende Kalkverbindungen, sind zusätzlich Aggregate zum Absäuern der Filtertücher notwendig.

Die Steuerung der Arbeitstakte einer Filterpresse erfolgt zumeist automatisch nach dem Prinzip der Folgesteuerung. Der Arbeitsablauf (Filterzyklus) läuft intermittierend wie folgt ab: Schließen des Plattenpaketes bis zur Einstellung des maximalen hydraulischen Schließdruckes, Filtration des Schlammes bzw. der Trübe bis zum Erreichen der minimalen Filtratmenge, danach Druckentlastung und Ausblasen der Schlammzulaufbohrung mit Luft und/oder Wasser, Einleitung des Kuchenausstrages mit Entlastung des hydraulischen Schließdruckes, Öffnen des Druckstücks und nachfolgendem Einzelplattentransport bei gleichzeitigem Abfall des Kuchens. Nachdem die letzte Filterkammer geöffnet worden ist, wiederholt sich der Zyklus erneut.

Der Kuchenabwurf ist vom Bedienungspersonal zu beobachten, um bei eventuellen Störungen im Betriebsablauf – beispielsweise durch klebende Kuchen infolge unzureichender Konditionierung – zu korrigieren. Inzwischen sind Lösungen für einen bedienungsfreien Kuchenaustrag mit automatischer Intervallkontrolle bekannt.

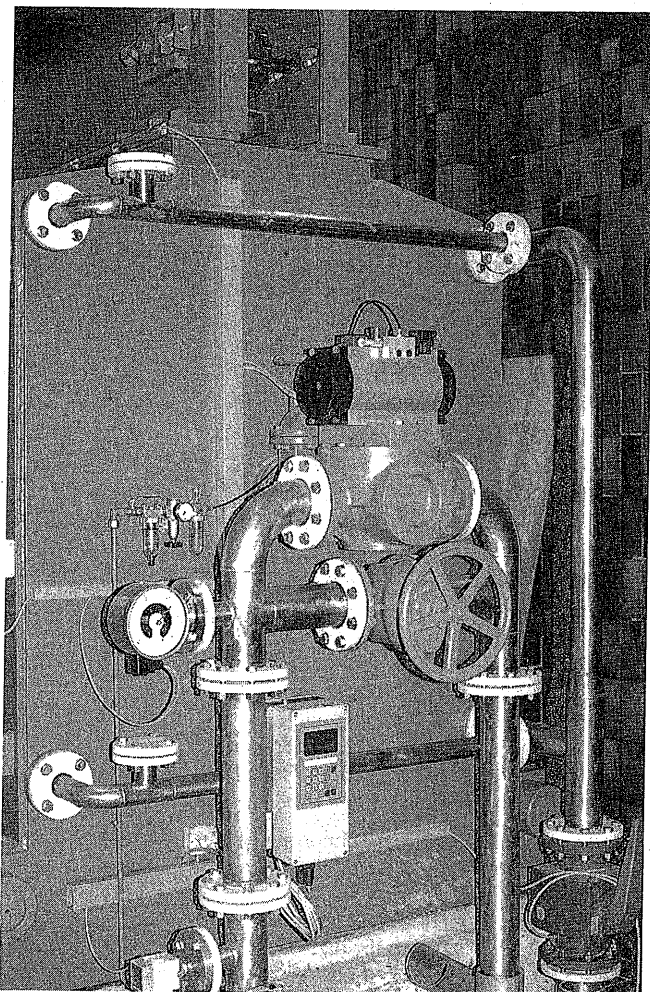


Bild 9: Einlaufbereich einer Filterpresse mit FLOCSONDE in der Kläranlage Bietigheim (foto-optisches Meßverfahren mit Prozeßrechner am Ende des mit einer Mischpumpe arbeitenden Reaktors)

Die Problematik bei polymerkonditionierten Schlämmen wird durch neuentwickelte rechnergestützte Meß-, Regel- und Steuerungssysteme (Bild 9) weitgehend beseitigt.

Durch Regelung der Mengen und Massenströme, des Druckanstiegs und der Mischenergie wird das Filtrationsergebnis optimiert und gleichzeitig der Bedarf an Flockungshilfsmitteln minimiert. Im Einsatz sind z. Z. verschiedene Systeme.

Die Leistung der Kammerfilterpressen wird primär durch wirksame Filterfläche, Effizienz der Konditionierung und Leistung der Beschickungspumpen bestimmt. Für eine Optimierung unter Betriebsverhältnissen müssen Volumen-/Massestrom und Druckanstieg registrierend gemessen und geregelt werden.

Die Dauer der Filtration ist stark schlammabhängig und eine Funktion der Kammertiefe, bzw. der Kuchendicke. In der Regel liegen die Chärgenzeiten bei Eisen-Kalk-Konditionierung bei zwei und bei Polymer-Konditionierung bei zwei bis vier Stunden (Kammertiefe = 30mm).

C. Anwendungsmöglichkeiten

Vor der Auslegung und Planung einer Schlammmentwässerungsanlage ist immer anzustreben, eine repräsentative Schlammprobe für Laboruntersuchungen zu erhalten. Steht der zu behandelnde Schlamm zur Verfügung, so sind Bemessungsversuche vor Ort unbedingt zu empfehlen.

Die Filterpresse kann grundsätzlich zur Entwässerung jeder Schlammart eingesetzt werden. Entsprechende Konditionierung ist dabei Voraussetzung. Es empfiehlt sich aus ökonomischen Gründen, den Schlamm vor der Entwässerung optimal einzudicken.

D. Entwässerungsergebnisse und deren Abhängigkeit

Die Abtrennung des Wassers aus den Schlämmen ist abhängig von der Bindung des Wassers an die Feststoffe und Kolloide. Durch die Konditionierung werden die Bindungskräfte reduziert und durch Erweiterung des Kapillarsystems die Durchströmung des Kuchens erleichtert bzw. überhaupt erst ermöglicht. Die Anwendung eines Druckgefälles bei der Filtration führt zur Kompression und damit zur Verdichtung des Kapillarsystems. Mineralische Bestandteile (Glührückstand) des Schlammes sind praktisch inkompressibel und wirken als Stützgerüst. Dies gilt in gleicher Weise für mineralische Filterhilfsmittel. Diese Zuschlagstoffe begünstigen die Kuchendurchströmung. Organische Bestandteile (Glührückstand) sind dagegen kompressibel und erschweren mit zunehmendem Anteil die Filtration. Ein höherer Anteil an Feinstteilchen im Schlamm, der sich naturgemäß mit der weiterführenden Abwasserreinigung einstellt, erschwert gleichfalls die Filtration.

Einen wesentlichen Leistungsparameter stellt das Bedienungspersonal dar. Erfahrende Betriebsführung, periodischer Service und technisches Engagement des Personals steigern die Leistung einer Anlage wesentlich und tragen erheblich zur Kostendeckung bei.

E. Erfahrung und Hinweise

Die Leistungsfähigkeit einer Filterpresse ist in starkem Maße abhängig vom Zustand der Filtertücher und der Ablaufprofilierung der Filterplatten. Es ist daher erforderlich, daß in periodischen Zeitintervallen, die sich nach den örtlichen Betriebsbedingungen richten, die Tücher gewaschen werden. In der Regel betragen diese Zeitintervalle 50 bis 150 Chargen. Besonders bei Anwendung von Kalk zur Konditionierung ist es darüber hinaus zweckmäßig, nach zwei bis drei Waschprozessen die Filterkammern mit einer 3- bis 5prozentigen Salzsäure zu beschicken, um Kalkverbindungen, die sich an den Tüchern und Filterplatten abgelagert haben, abzulösen. Vor und nach der Säuberung empfiehlt

es sich, die Tücher zu waschen. Die Einwirkungszeit der Säure ist abhängig vom Verschmutzungsgrad und beträgt in der Regel zwei bis zwölf Stunden.

Betriebssicherheit und Verfügbarkeit werden durch einen guten Service wesentlich verbessert. Periodische Wartungsarbeiten erbringen dabei beste Effizienz. Bei Einsatz von Reserveaggregaten empfiehlt es sich, diese nicht nur in Stand-by-Position zu belassen, sondern abwechselnd in Betrieb zu nehmen. Besondere Aufmerksamkeit sollte auf die Gleichförmigkeit der Dosierung und Konzentration in der Konditionierung sowie die weitgehende Konstanz der Schlamm-Stoffwerte gerichtet sein.

Bei Stillstandszeiten von mehr als einem Tag sind zuvor die Leitungen und Pumpen durchzuspülen. Jede Anlage sollte daher mit Spülanschlüssen ausgerüstet sein. Empfehlenswert ist, ganze Prozeßstrecken mit laufenden Pumpen zu spülen. Dies gilt besonders bei Einsatz der Kalkkonditionierung. Filtertücher dürfen nicht abtrocknen. In Betriebspausen ist daher die Filterpresse geschlossen zu halten.

Die Optimierung der Konditionierung ist für das Betriebspersonal von ausschlaggebender Bedeutung. Labor-Kontrollmessungen zur Bestimmung der Filtrierbarkeit müssen daher periodisch durchgeführt werden.

F. Weitere Entwicklungen

Entwicklungsarbeiten an den Filterpressen konzentrieren sich neben Detailverbesserungen besonders auf rechnergestützte Leitsysteme, die vollautomatische Betriebsabläufe realisieren (ohne Bedienungsaufwand). Die Entwicklung noch größerer Filtereinheiten dürfte abgeschlossen sein, nachdem inzwischen Großfilterpressen mit Filterflächen bis zu 1 800 m² Filterfläche je Einheit angeboten werden.

7. Mobile Schlammmentwässerung

Schätzungen zufolge sind derzeit in den alten und neuen Bundesländern über 100 mobile Schlammmentwässerungsanlagen im Einsatz. Der wesentliche Anteil davon wird durch Dienstleistungsunternehmen vorgehalten.

Die mobilen Schlammmentwässerungsanlagen lassen sich bis auf wenige Ausnahmen auf die 3 allgemein bekannten Grundaggregate

- Bandfilterpressen
- Kammerfilterpressen
- Zentrifugen

zurückführen.

Die Größe der Anlagen wird nach oben bestimmt durch die Straßenzulassungsverordnung, in der sowohl die zulässigen äußeren Abmessungen als auch die Gewichte der Aufbauten geregelt werden. Zusätzlich sind die örtlichen Gegebenheiten in der jeweiligen Kläranlage maßgebend.

Mobile Schlammmentwässerungsanlagen zeichnen sich durch ihre funktionell auf engstem Raum installierten Anlagenteile aus, die alle wesentlichen Arbeitsschritte, wie das Abpumpen des Originalschlammes, die simultane oder chargenweise Konditionierung, die Entwässerung, den Austrag des Feststoffes sowie das Abpumpen der Schlammwässer ermöglichen. In der Regel werden alle Vorgänge über einen zentralen Schaltschrank überwacht, geregelt und teilweise dokumentiert.

Um für möglichst alle auftretenden Einsatzfälle gerüstet zu sein, sind mobile Anlagen mit Zubehör universell ausgestattet. Dazu gehören unter anderem Rohrleitungen, Pumpen, Kupplungen, Strom- und Wasserverteiler sowie Ersatzteile.

Durch die kompakte Bauweise von Zentrifugen lassen sich mit diesen Aggregaten, bezogen auf das Gewicht und die Abmessungen, die höchsten spezifischen Durchsätze erzielen. Geht man von einer durchschnittlichen Anlagengröße aus, lassen sich auf mobilen Bandfilterpressen oder Kammerfilterpressen Durchsätze von rund 10–20, und auf mobilen Zentrifugen von 20–50 m Flüssigschlamm/Stunde erzielen. Sonderbauformen ermöglichen auch wesentlich höhere Durchsätze.

7.1 Mögliche Einsatzbereiche

Die Einsatzfälle für mobile Schlammmentwässerungsanlagen sind vielfältig und bedingen eine individuelle, auf den Entsorgungsfall zugeschnittene Planung.

- Die klassischen Einsatzfälle sind kleine und mittlere Kläranlagen mit geringem Schlammanfall, für die eine eigene Entwässerungsanlage betriebstechnisch und/oder ökonomisch nicht sinnvoll ist.
- Bei Kläranlagen, die ihren Schlamm planmäßig flüssig oder entwässert an die Landwirtschaft abgeben, können Engpässe durch fehlende Aufbringungsflächen oder durch Wetterlagen, die ein Befahren der Felder zeitweise verhindern, mit mobilen Anlagen ausgeglichen werden.
- Während der Revision an ortsfesten Entwässerungsanlagen kann eine mobile Anlage die Zeitspanne während der Bau- oder Reparaturmaßnahme überbrücken.
- Durch den Ausbau einer Kläranlage können erhöhte Schlamm-mengen die Kapazität der zugehörigen Schlammmentwässerungsanlage übersteigen, so daß eventuell zusätzliche Entwässerungsaggregate mobil bereitgestellt werden müssen.
- In Verbindung mit einer Faultrumentleerung und der Außerbetriebnahme einer Kläranlage bietet sich der Einsatz einer mobilen Schlammmentwässerungsanlage an, da es sich hierbei um außergewöhnliche Betriebszustände handelt, die durch ortsfeste Anlagen in der Regel nicht abgedeckt werden können.
- In den neuen Bundesländern war die Klärschlammbehandlung nicht auf die maschinelle Schlammmentwässerung ausgerichtet. Durch die Anwendung der Umweltschutzbestimmungen auch auf die neuen Bundesländer kann das Entwässerungsproblem im wesentlichen durch den Einsatz mobiler Anlagen bewältigt werden.
- Durch den Aufbau von Verbundsystemen lassen sich mehrere Kläranlagen eventuell kostengünstig durch eine mobile Schlammmentwässerungsanlage entsorgen.
- Die Auslegungsgrundlagen einer ortsfesten Schlammmentwässerungsanlage lassen sich allein durch den großtechnischen Versuchseinsatz einer mobilen Anlage bestimmen.

7.2 Abrechnungsmodalitäten

Für die Leistungsabrechnung sind verschiedene Modalitäten möglich. Am einfachsten läßt sich die vor Ort entnommene Schlammmenge zur Abrechnung heranziehen, die auf dem mobilen Aggregat gemessen wird. In Frage kommen hierzu elektronische Meßgeräte.

Bei der auch üblichen Abrechnungsbasis pro m durchgesetzter Flüssigschlammmenge werden alle eingesetzten Filterhilfsmittellösungen mengenmäßig miterfaßt und kommen mit dem Kubikmeterpreis zur Abrechnung. Der Kläranlagenbetreiber sollte in diesem Fall wissen, daß sich die abzurechnende Menge je nach Aggregat und Konditionierung erheblich erhöht. Insbesondere bei Einsatz von Polymeren beträgt die Gebrauchsmittellösung bis zu 30 % der Originalschlammmenge.

Eine andere Abrechnungsmöglichkeit ergibt sich über das Verwiegen des entwässerten Schlammes. Bei der Kammerfilter-

presse läßt sich die Kuchenmenge zusätzlich einfach durch Multiplikation des Kammervolumens mit der Chargenzahl ermitteln. Da das Abrechnungsergebnis bei dieser Methode weitgehend vom erreichten Feststoffgehalt und vom eingesetzten Konditioniermittel abhängt, sind besondere Angaben/Abrechnungsmodalitäten notwendig.

7.3 Betriebliche Besonderheiten

Die Einsätze von mobilen Schlammbehandlungsanlagen erfordern eine genaue Planung und müssen auf die jeweilige Entsorgungskette abgestimmt sein. Wird der Schlamm der landwirtschaftlichen Verwertung zugeführt, so wird ein mit Kalk behandelte Klärschlamm zur Düngung und/oder zur pH-Wertregulierung von den Landwirten bevorzugt.

Da auf kleineren Kläranlagen im Hinblick auf den Einsatz mobiler Großaggregate oftmals kein ausreichend dimensionierter Energieanschluß zur Verfügung steht, muß diesem Punkt besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Auf der Abwasserseite muß der Einsatz mobiler Entwässerungsaggregate genau geplant werden, da die stoßweise Belastung durch das Filtrat/Zentrat den Betrieb der Abwasserreinigungsanlage nachteilig beeinflussen kann. Einem zu hohen pH-Wert im Filtratlauf kann durch Neutralisation begegnet werden. Präventiv kann in der Biologie durch eine frühzeitige Schlammangepassung (Schlammindex) eine zu hohe Belastung vermieden werden.

Die sichersten Betriebsabläufe können durch eine Zwischenspeicherung des Filtrates/Zentrates erreicht werden. In Einzelfällen ist der Abtransport des Schlammwassers in Erwägung zu ziehen.

8. Nachbehandlung

Unter Nachbehandlung wird hier die gezielte Veränderung der Eigenschaften maschinell entwässerter Klärschlämme durch weitere Behandlungsschritte verstanden, um ihre endgültige Verwertung/Entsorgung zu ermöglichen. Beispielhaft kann die Veränderung der Transport- oder Deponierfähigkeit sowie des Energiegehalts genannt werden. Art und Intensität der einzelnen Maßnahmen (Behandlungsschritte) werden durch die Art der Verwertung bzw. durch das Entsorgungsziel bestimmt.

Die Nachbehandlung braucht in keinem räumlichen oder funktionalen Zusammenhang zur Kläranlage zu stehen. Sie kann durch physikalische, chemische oder thermische Behandlungsschritte erfolgen. Bei den physikalischen Behandlungsschritten werden inerte Zuschlagsstoffe, wie z. B. Sand, Steinmehl oder Kohlestaub, zugegeben mit dem Ziel, den Trockenrückstand oder den Heizwert des Schlammgemisches zu erhöhen. Reaktive Stoffe, wie z. B. Branntkalk oder Zement, lösen nach der Zugabe im Schlammgemisch chemische Reaktionen aus, die in erster Linie

dessen bodenmechanische Eigenschaften für den Einbauzustand verbessern.

Die novellierte TA-Siedlungsabfall fordert zukünftig die Ablagerung mineralisierter Klärschlämme. Damit wird eine Nachbehandlung mit thermischen Behandlungsschritten zwingend notwendig, da Klärschlamm nur durch Verbrennen, gegebenenfalls nach vorangegangener Trocknung im erforderlichen Maße mineralisiert werden kann.

9. Schlammwasser, Schmutz- und Nährstofffrachten

Das durch Eindickung/Entwässerung abgetrennte Schlammwasser, vor allem das aus anaerob stabilisierten Klärschlämmen, weist in der Regel erhebliche Schmutz- und Nährstofffrachten auf. Das belegen auch die Werte in der Tabelle 3, welche in einer begrenzten Umfrage bei Klärwerksbetreibern erhoben wurden.

Die Streuung der gemessenen Konzentrationen ist maßgeblich beeinflusst von

- der Abwasserbeschaffenheit und den Abwasserbehandlungsverfahren (z. B. Tropfkörper-, Belebungs-, Fällungsverfahren)
- der Klärschlammvorbehandlung (aerob oder anaerob, mesophil oder thermophil, evtl. thermisch) mit eventuellen Rückflüssen oder Stoffaufschlüssen
- dem Flockungshilfsmittelverbrauch mit seinen Einflüssen auf die Trennschärfe bzw. den Abscheidegrad
- der eingesetzten Entwässerungstechnik
- dem Anfall an Spül-, Reinigungs-, Waschwasser.

Zu Vergleichszwecken sind in den Spalten 6 bis 8 die durchschnittlichen Konzentrationen kommunalen Schmutzwassers wiedergegeben (Quelle: Handbuch der Abwassertechnik, Bd. III (1983), Seite 33).

Für die Abwasserbehandlung ist wesentlich, welche Rückbelastungen durch Schmutz- und Nährstofffrachten aus Schlammwasserkreisläufen auftreten können.

Nach MÖLLER (Quelle: Müll- und Abfallbeseitigung, lfd. Nr. 3020) lassen sich durch Eindickung/Entwässerung mehr als 90 % des Klärschlammvolumens als Schlammwasser abtrennen, siehe Abb. 1. Bei Anfangswassergehalten von 90 % bis 99,5 % entsprechend Abschnitt 2.2 dieses Arbeitsberichtes ergeben sich daraus Schlammwassermengen, die eine Größenordnung von 0,30 % bis 3,0 % des täglichen Klärwerkszuflusses betragen.

Bilanzierungen von Abwassermengen und -konzentrationen einerseits, Schlammwassermengen und -konzentrationen andererseits ergeben, daß bezogen auf die Frachten im Klärwerkszulauf

	Parameter	Anzahl der Analysen	Analysewerte Schlammwasser			Analysewerte Kommunalabwasser ¹⁾		
			Minimum mg/l	Maximum mg/l	Mittelwert mg/l	niedrig mg/l	mittel mg/l	hoch mg/l
1	BSB ₅	66	12	3 420	690	150	300	500
2	CSB	79	70	28 500 ²⁾	2 196	300	600	1 000
3	N _{ges}	40	258	1 810	1 025	-	-	-
4	NH ₄ -N	72	66	1 462	746	20	60	100
5	P _{ges}	64	0,4	1 169	86	5	20	50

1) Analysewerte Kommunalabwasser aus „Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik“ Band III (1983) – korrigiert

2) hochthermische Konditionierung

Tab. 3: Konzentrationen in Schlammwasser und Kommunalabwasser

- die Schmutzfrachten des Schlammwassers mit durchschnittlich $< 5\%$ (BSB₅) bzw. $< 7\%$ (CSB) zu keinen gravierenden Rückbelastungen führen
- Phosphorverbindungen im Schlammwasser durch einen angemessenen Eisensalzüberschuß (z. B. bei einer Simultanfällung in den Belebungsbecken) stark gemindert werden können, $P_{\text{ges}} < 7,5\%$
- Stickstofffrachten im Schlammwasser von 15% bis 30% bei den heutigen Mindestanforderungen an das Einleiten in Gewässer zu erheblichen Problemen bei der Abwasserreinigung führen können, weil das Stickstoff : BSB₅-Verhältnis nachteilig verschoben wird (Substratmangel bei der Denitrifikation) und weil die Steuerung/Regelung der Behandlungsprozesse zur Nitrifikation und Denitrifikation wesentlich erschwert werden.

Die zuvor genannten prozentualen Rückbelastungen können im Einzelfall erheblich überschritten werden, beispielsweise

- durch eine unzureichende Trennschärfe (merkliche Trockenrückstände im Schlammwasser)
- durch Stoßbetrieb (Extremfall, Mietentwässerung).

Bei den verschiedenen Entwässerungsmaschinen ist die Rückbelastung aus den (gelösten) chemischen Wasserinhaltsstoffen, wie z. B. Ammonium oder Phosphor in der Regel durch die Abwasser- und Klärschlammzusammensetzung und die Verfahrenstechnik der Schlammbehandlung, nicht durch die Maschinenteknik, bestimmt.

Die klärwerksspezifischen Rückbelastungen sind daher zu erfassen und auf ihre Verträglichkeit für eine Abwasserbehandlung entsprechend den genehmigten Einleitungsbedingungen zu prüfen.

Die Zwischenspeicherung mit dosierter Eingabe in den Reinigungsprozeß ist zweckmäßig. Hohe Stickstofffrachten im Schlammwasser, das – bezogen auf den Abwasserzulauf – nur in relativ geringen Mengen anfällt, können eine separate Vorbehandlung zur Nährstoffelimination erfordern, beispielsweise eine Ammoniakstrippung/-desorption nach vorheriger Kalkfällung. Andere, für die Abwassertechnik gegebenenfalls geeignete Verfahrenstechniken befinden sich z. Zt. (1993) erst in der experimentellen Phase (MAP-Verfahren nach SCHULZE-RETTMER, Flüssigmembrantechniken).

10. Zusammenfassender Überblick

Eine maschinelle Schlammmentwässerung ist innerhalb der Verfahrenskette der Schlammbehandlung bis hin zur endgültigen Verwertung/Entsorgung in zunehmendem Maße erforderlich.

Nahezu bei allen Anwendungsbereichen wird das Erreichen höherer Entwässerungsgrade angestrebt.

Wegen der sehr komplexen Zusammenhänge bei der Entwässerung soll mit diesem Arbeitsbericht eine Hilfestellung für konkrete Problemlösungen gegeben werden.

Bei der Schlammbehandlung sind komplexe Wechselwirkungen zu beachten, die sich aus Unterschieden in

- den Schlammeigenschaften (z. B. Größenverteilung und Zusammensetzung der Inhaltsstoffe, Wasserbindevermögen)
- den spezifischen Verfahrenstechniken von Entwässerungsgraden (z. B. Wirkungsweise, Trennarbeit, Abscheidegrad/Trennschärfe, erreichbare Trockenrückstände bzw. Scherfestigkeiten im Endprodukt)
- der Konditionierung bzw. Nachbehandlung (z. B. durch Chemikalien, Zuschlagstoffe, thermische Einflüsse)

ergeben.

Außer grundsätzlichen Hinweisen zu bestehenden Zusammenhängen und ihren möglichen Auswirkungen auf die Entwässerung werden Angaben zur in der Regel erforderlichen Schlammkonditionierung gemacht und die heute in der Praxis am häufigsten eingesetzten Entwässerungsmaschinen sowie die dabei jeweils zu beachtenden Randfaktoren beschrieben. Dabei sind grundsätzlich die Abhängigkeiten zwischen den Schlammeigenschaften und der Konditionierung in Verbindung mit dem Entwässerungsaggregat unter Berücksichtigung des Entwässerungszieles zu beachten.

Im Hinblick auf die „Auswahl“ und den Einsatz von organischen Flockungshilfsmitteln – Polyelektrolyten – bei der Klärschlamm-entwässerung, wird auf einen entsprechenden Arbeitsbericht des ATV/BDE/VKS-Fachausschusses 3.2 hingewiesen, welcher in der KORRESPONDENZ ABWASSER 4/92, S. 569–580, veröffentlicht ist.

Die Auswahl eines Entwässerungsverfahrens wird im speziellen Falle entscheidend von der Entsorgungssicherheit, d. h., den langfristigen Verwertungs-/Entsorgungsmöglichkeiten bestimmt (Landbau, Deponie nach maschineller Entwässerung, Verwertung als Brennstoff und Entsorgung durch Verbrennung mit Reststoffdeponie oder Ascheverwertung). Erst wenn die Entsorgungssicherheit gewährleistet und damit auch das Entwässerungsziel festgelegt ist, kann die gesamte Verfahrenskette für die Klärschlammbehandlung erarbeitet werden. Die Entwässerung einschließlich der Konditionierung und eine eventuelle Nachbehandlung sind dabei nur Verfahrensstufen innerhalb der jeweiligen Verfahrenskette. Ohne eine solche Gesamtbetrachtung ist ein wertender Vergleich zwischen unterschiedlichen Entwässerungsmaschinen nicht zulässig.

Unter der Prämisse der Entsorgungssicherheit und des sich daraus ergebenden/ abzuleitenden Entwässerungszieles sind bei der Auswahl der Entwässerungsmaschine folgende Kriterien zu prüfen/bewerten:

- Betriebsergebnisse (Trockenrückstände und Laborflügel-scherfestigkeit im Endprodukt und dessen Konsistenz, Trennschärfe/Abscheidegrad)
- Zuverlässigkeit (Betriebssicherheit aller technischen Einrichtungen, Einhaltung vorgegebener Betriebsergebnisse/Entwässerungsziele) und Flexibilität eines Systems (Anpassungsfähigkeit an wechselnde Belastungen, Schlammeigenschaften, Betriebssituation, Betriebsstörungen)
- Betriebsmittelkosten für Chemikalien/Zuschlagstoffe (Konditionierung), Wartung, Unterhaltung (Verschleißteile, Inspektionen), Reinigungsarbeiten
- Folgekosten aus der Schlammnachbehandlung, für die Schlammwasserbehandlung (Rückbelastung einschließlich der Auswirkungen auf den Klärwerksablauf/die Abwasserabgabe), für den Schlammtransport und die Verwertung/Beseitigung
- Investitionskosten (Kapitalkosten) für Maschinen, Installationen und Bauwerke (Hochbauten, Zwischenlager) einschließlich der notwendigen Reserven (Verfügbarkeit, künftige Entwicklungen)

Weiterhin wichtig sind

- Emissionen, wie Gerüche oder Geräusche
- die Anforderungen an das Personal
- der Regelungsbedarf
- die Nutzungsdauer von Aggregaten und Verschleißteilen
- die Verträglichkeit der Schmutzfrachten aus dem Zentrat/Filtrat für das Klärwerk

- die Verträglichkeit/Eignung des entwässerten und evtl. nachbehandelten Klärschlammes für den Landbau (Boden, Pflanzen) oder andere nachfolgende Maßnahmen der Verwertung bzw. Beseitigung.

Nur mit Hilfe einer Gesamtbetrachtung und der sich daraus ergebenden technisch-wirtschaftlichen Konsequenzen ist es möglich, über die Eignung der verschiedenen Entwässerungsmaschinen für den konkreten Einsatzfall zu entscheiden.

Beispielsweise können niedrigen Investitionskosten für die Entwässerungsanlage hohe Betriebs- und Folgekosten (z. B. durch Mehrschichtenbetrieb, Nachbehandlung, Verschleiß) gegenüberstehen.

Wichtig ist, daß nach Möglichkeit Versuche durchgeführt werden sollten, da eine Übertragung der Ergebnisse von anderen Schlammbehandlungs- und Entwässerungsanlagen kaum die erforderliche Zuverlässigkeit bietet. Dies gilt meist auch für Versuche, die nicht mit Maschinen hinreichender Größe erzielt wurden (Up-Scale-Effekt). Garantien, die ohne eingehende Voruntersuchungen abgegeben werden, sind skeptisch zu betrachten.

Für die Bemessung der Anlage (n) sind auch die Schwankungen der Entwässerbarkeit des Klärschlammes zu beachten, wie diese im Versuchszeitraum festzustellen und wie diese darüber hinaus für die vorgesehene Einsatzzeit der Aggregate zu erwarten sind.

Für den „Entwässerungserfolg“ von installierten Anlagen, zumindest aber für Kosteneinsparungen bei den Betriebsmitteln (z. B. Flockungshilfsmitteln) und für die Standzeiten bzw. Nutzungsdauer ist ein interessiertes und gut eingewiesenes Personal von erheblicher Bedeutung.

Abschließend ist nochmals darauf hinzuweisen, daß sich dieser Arbeitsbericht aus Gründen der Übersichtlichkeit auf diejenigen Entwässerungstechniken beschränkt hat, welche derzeit in der Praxis am meisten verbreitet sind.

Die mögliche Eignung anderer Maschinentechniken bzw. Konditionierungsmethoden für Klärschlämme ist unter den hier dargelegten Voraussetzungen und Kriterien zu bewerten.

Nach der derzeitigen Gesetzeslage ist mittelfristig davon auszugehen, daß die Deponierung von Klärschlämmen nach maschineller Entwässerung, welche heute die am häufigsten praktizierte Methode der Schlammensorgung darstellt, entfallen muß, da die Deponiekriterien der TA-Siedlungsabfall diese zukünftig ausschließt.

Limitierend ist hierbei die Forderung, daß der „organische Anteil des Trockenrückstandes der Originalsubstanz bestimmt als Glühverlust kleiner als 5 Masse-%“ sein muß.

Mitarbeiter dieses Heftes

Dipl.-Ing. Bernd Esch, c/o Abwassertechnische Vereinigung e. V. (ATV), Postfach 11 65, 53758 Hennef

Dipl.-Ing. Edgar Freund, c/o Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten, Mainzer Straße 80, 65189 Wiesbaden

Dipl.-Ing. Jürgen Friedrich, c/o KSM Ingenieurgesellschaft GmbH, Wilhelm-Maybach-Straße 19, 55129 Mainz

Dipl.-Ing. Reinhard Götschl, c/o Innovative Umweltechnik Ges. mbH, Schilttern 100, A-2824 Seebenstein

Dr. Hans-Peter Huppert-Nieder, c/o PROCON GmbH, Am Güterbahnhof Gersweiler, 66128 Saarbrücken

Dipl.-Ing. Michael Kern, c/o Prof. Wiemer & Partner, Institut für Abfallwirtschaft, Kirchstraße 8, 37213 Witzenhausen

Dipl.-Ing. Hans-Peter Klein-Schell, c/o KSM Ingenieurgesellschaft GmbH, Wilhelm-Maybach-Straße 19, 55129 Mainz

Dipl.-Ing. Wolfgang Kremsl, c/o Innovative Umweltechnik mbH, Bunsenstraße 1, 71642 Ludwigsburg

Dipl.-Geogr. Gert Krüger, c/o Abwassertechnische Vereinigung e. V. (ATV), Postfach 11 65, 53758 Hennef

Dr.-Ing. Ulrich Loll, c/o Abwasser-Abfall-Aquatechnik, Heidelberger Landstraße 52, 64257 Darmstadt

Dr.-Ing. Ulrich Neumann, c/o Uhde GmbH, Friedrich-Uhde-Straße 15, 44141 Dortmund

Dipl.-Ing. Dieter Nowe, c/o Fachhochschule Magdeburg, Fachbereich Wasserwirtschaft, Virchowstraße 24, 39104 Magdeburg

Dr. Udo Pagga, c/o BASF Aktiengesellschaft, 67056 Ludwigshafen

Prof. Dr.-Ing. Günter Peter, c/o Fachhochschule Magdeburg, Fachbereich Wasserwirtschaft, Virchowstraße 24, 39104 Magdeburg

Dr. Norbert Pranzas, c/o BFBU Hamburg, Umweltberatung Fischer & Köchling, Hermannstraße 40-46, 20095 Hamburg

Prof. Gerhard Rettenberger, c/o Ingenieurgruppe RUK, Hoffeldstraße 15, 70597 Stuttgart

Dr.-Ing. Sigurd van Riesen, c/o Abwassertechnische Vereinigung e. V. (ATV), Postfach 11 65, 53758 Hennef

Dipl.-Ing. Peter Roßwag, c/o KSM Ingenieurgesellschaft GmbH, Wilhelm-Maybach-Straße 19, 55129 Mainz

Rechtsanwalt Michael Scheier, Am Weinberg 2, 51429 Bergisch Gladbach

Dr. Rainer Schmitt, Dipl.-Chem. c/o KSM Ingenieurgesellschaft GmbH, Wilhelm-Maybach-Straße 19, 55129 Mainz

Dipl.-Chem. Rolf Schneider, c/o Ingenieurgruppe RUK, Hoffeldstraße 15, 70597 Stuttgart

Dr. Harald Schoembs, c/o Umweltbundesamt, Abt. III 4.3, Postfach 33 00 22, 14191 Berlin

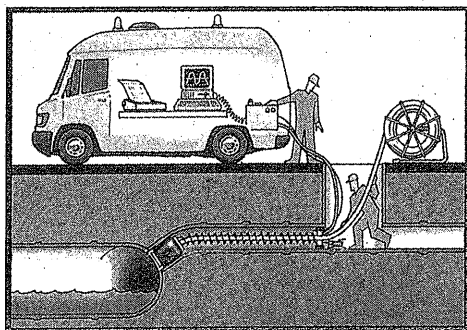
Dr.-Ing. Horst Schübler, Buschkamp 20, 30853 Langenhagen

Dipl.-Ing. Stepanka Urban-Kiss, c/o Ingenieurgruppe RUK, Hoffeldstraße 15, 70597 Stuttgart

Dipl.-Ing. Helmut van Wickeren, c/o Amt für Stadtentsorgung und Wasserwirtschaft, Königstraße 63, 47051 Duisburg

Prof. Klaus Wiemer, c/o Prof. Wiemer & Partner, Institut für Abfallwirtschaft, Kirchstraße 8, 37213 Witzenhausen

Dr. rer. nat. Udo Zietz, c/o Bremer Entsorgungsbetriebe, Oken 2, 28219 Bremen



Hausanschlußprüfung

Kanaldruckprüfung nach DIN 4033

- Automatische Regelung des Prüfablaufs
- gezielte Wasserzufuhr
- Rechnergesteuerte Protokollführung



BEB Brömme Energieüberwachungsgesellschaft mbH

Haldesdorfer Str. 12, 22179 Hamburg, Tel. 0 40/6 41 75 99