

Entwässerung und Trocknung von Klärschlamm

Christian Schaum und Josef Lux

1 Einleitung

Die angewandten Verfahren der Abwasserbehandlung bedingen, dass Abwasserinhaltsstoffe, die während des Reinigungsprozesses aus dem Abwasser eliminiert, aber nicht in gasförmige Stoffe, z.B. Kohlendioxid, Methan oder Stickstoff überführt werden, in Form von Klärschlamm anfallen, wobei dies auch für die während der Abwasserbehandlung eingesetzten Hilfsstoffe gilt, vgl. SCHAUM (2007).

Klärschlamm besteht in Abhängigkeit von der Verfahrensstufe zu über 95 % aus Wasser, wobei die Trockenmasse zu ca. 50 - 70 % (Faulschlamm bzw. Überschussschlamm) aus organischer Substanz besteht. Bei der anorganischen Fraktion handelt es sich vor allem um Sand, eingetragen durch die Kanalisation, Calcium, eingetragen durch die Wasserhärte, sowie um Aluminium- und Eisensalze u.a. eingetragen durch die Verwendung von Fällmitteln während der Abwasserbehandlung.

Die Bedeutung der Klärschlammbehandlung wird dadurch deutlich, dass rd. 13 % der gesamten Jahreskosten bei der Abwasserbehandlung für die Klärschlamm Entsorgung anfallen, was mit den anfallenden Personalkosten vergleichbar ist (BODE 2000 zitiert in WAGNER 2004). Durch gezielte Verfahrensentwicklungen zur Klärschlammminimierung, d.h. durch Verfahren zur Reduktion des Klärschlammvolumens durch eine weitestgehende Entwässerung, ist es möglich, Entsorgungskosten einzusparen.

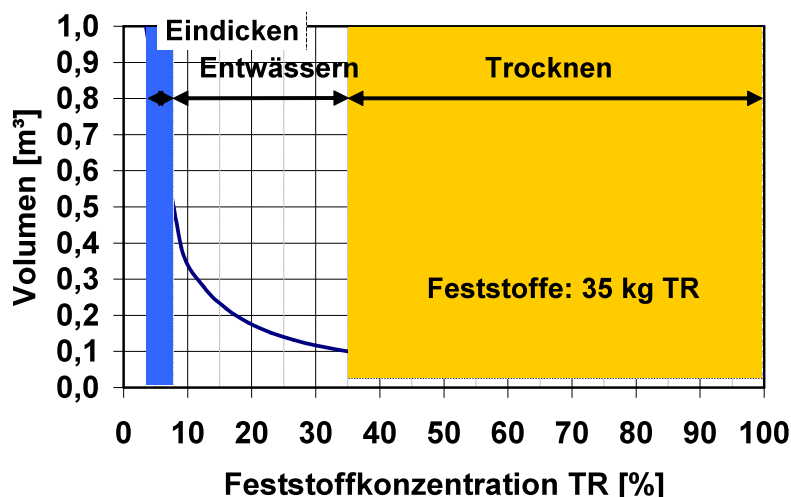


Abbildung 1: Volumenminderung und Zustandsänderung von 1 m³ Klärschlamm durch Reduktion des Wassergehaltes am Beispiel eines Klärschlammes mit 3,5 % Feststoffgehalt, vgl. MÖLLER (1972), ATV (1996), ATV-DVWK M 366 (2000)

Abbildung 1 zeigt exemplarisch die Volumenminderung von 1 m³ Klärschlamm durch Reduktion des Wassergehaltes am Beispiel eines Klärschlammes mit 3,5 % Feststoffgehalt. Durch eine Entwässerung von Klärschlamm mit einer TR-Konzentration von rd. 5 % auf rd. 30 % kann das Klärschlammvolumen um rd. 90 % reduziert werden.

Des Weiteren kommt zukünftig dem Ressourcenschutz sowohl in energetischer wie auch in stofflicher Hinsicht eine besondere Bedeutung bei der Entwicklung nachhaltiger wasserwirtschaftlicher Maßnahmen zu. Dies bedeutet, dass auch für die Klärschlammbehandlung neue Konzepte zu entwickeln sind, womit die Klärschlamm-entwässerung und -trocknung neue Impulse enthält, vgl. CORNEL ET AL. (2010), SCHAUM ET AL. (2010).

2 Möglichkeiten und Grenzen einer Entwässerung von Klärschlamm

2.1 Wasserarten im Klärschlamm und der Einfluss auf die Entwässerung

Klärschlammuspensionen können in vier verschiedene Wasseranteile gemäß ihrer physikalischen Bindung an die Schlammpartikel unterschieden werden (ATV 1996, KOPP 2003):

- Freies Wasser (Zwischen- und Hohlraumwasser), das nicht an die Schlammpartikel gebunden ist,
- Zwischenraumwasser (Haft- und Kapillarwasser), das durch Kapillarkräfte zwischen den Klärschlammpartikeln in der Flocke gehalten wird,
- Oberflächenwasser, das durch Adhäsionskräfte gebunden ist
- und Zellinnenwasser (Adsorptions- und Innenwasser).

Für eine Entwässerung müssen die einzelnen Bindungskräfte überwunden werden, wobei die Bindungskraft vom freien Wasser bis zum Innenwasser zunimmt und mit ihr auch die für die Entwässerung notwendige Energie (MÖLLER 1972). Der größte Wasseranteil stellt das freie Wasser dar, das nach MÖLLER (1972) durch eine **Eindickung** mittels Schwerkraft abgetrennt werden kann. Die Abtrennung des Haft- und Kapillarwassers kann nach MÖLLER (1972) durch die **maschinelle Entwässerung** erfolgen. Nach KOPP (2001) kann durch die maschinelle Entwässerung lediglich das freie Wasser abgetrennt werden. Das Oberflächen- und Zellinnenwasser ist das am stärksten gebundene Wasser und kann nur **thermisch** entfernt werden (MÖLLER 1972, KOPP 2001).

2.2 Einflussgrößen auf die Entwässerung von Klärschlamm

Abbildung 2 zeigt die Einflussfaktoren auf die Entwässerung von Klärschlamm.

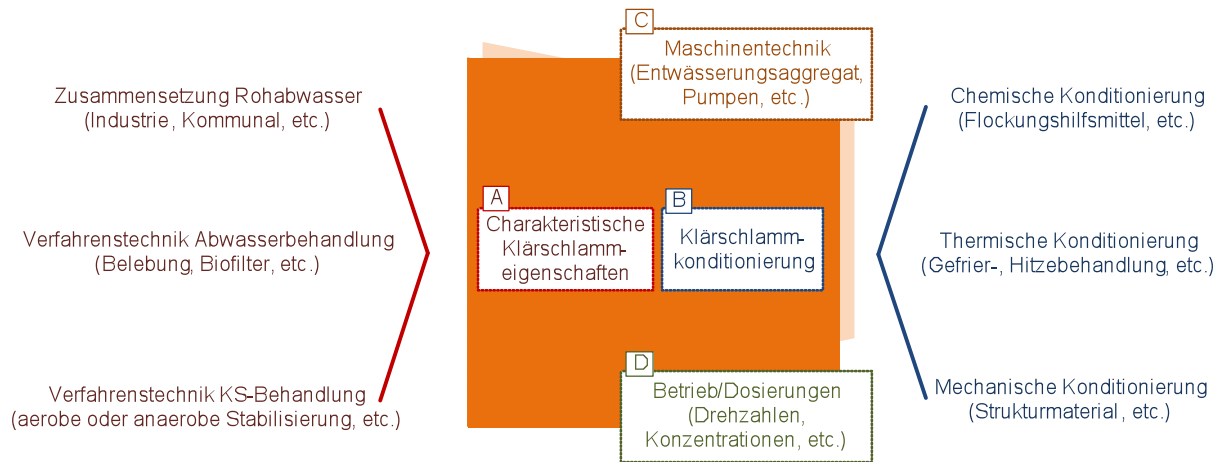


Abbildung 2: Einflussfaktoren auf die Entwässerung von Klärschlamm

Die Praxis zeigt, dass an verschiedenen Standorten von Abwasserbehandlungsanlagen mit gleichen Entwässerungsmaschinen sehr unterschiedliche Entwässerungsergebnisse erzielt werden. Die Ursache kann den folgenden Einflussgrößen zugeordnet werden:

- (A) Charakteristische Klärschlamm-eigenschaft, geprägt durch das Rohabwasser aber auch durch die Verfahrenstechnik der Abwasser- und Klärschlammbehandlung. Ein Einfluss auf die direkten Klärschlamm-eigenschaften ist nur begrenzt möglich. Zur Beschreibung der spezifischen Eigenschaften wurden verschiedene Modelle entwickelt, vgl. SCHAUM (2007). Insbesondere durch Industrieeinleiter können die charakteristischen Klärschlamm-eigenschaften, wie z.B. das Entwässerungsverhalten negativ beeinflusst werden. Durch eine Anordnung einer entsprechenden Verfahrenstechnik kann im Prozess positiv entgegengewirkt werden.
- (B) Art der Klärschlammkonditionierung, vgl. Kapitel 2.2
- (C) Art der Maschinentechnik, insbesondere des Entwässerungsaggregats, vgl. Kapitel 2.3
- (D) Betrieb der Maschinen (Drehzahlen, spez. Einstellungen, etc.) sowie Dosierung von Konditionierungsmitteln (Menge, Konzentration, etc.). Insbesondere die variablen Maschinenparameter müssen auf die jeweilige Klärschlammart und -eigenschaften angepasst und optimiert werden (DENKERT, 2011)

2.2 Vorbehandlung zur Entwässerung: Klärschlammkonditionierung

Klärschlammteilchen weisen negative Oberflächenladungen auf. Die negativen Oberflächenladungen wiederum verursachen elektrostatische Abstoßungskräfte, die das Sedimentieren der Schlammteilchen behindern (KOPP 2001). Eine effektive Entwässerung ist daher nur nach einer vorherigen Schlammkonditionierung möglich, mit dem Ziel, die Abstoßungskräfte zu überwinden.

Nach ATV (1996) stehen prinzipiell drei Verfahrensvarianten zur Verfügung:

- Chemische Verfahren

Durch die Zugabe von kationischen Ladungsträgern, anorganische wie z.B. Eisen, Aluminium oder Calcium, oder durch organische Chemikalien wie z.B. Polymere, ist eine Destabilisierung der Klärschlammteilchen möglich, wodurch eine Flockenbildung erreicht werden kann. Die Agglomeration erfolgt dabei durch die Prozesse der Flockung und Mitfällung (STUMM UND HAHN 1967), vgl. JECKEL (1987).

Nach DWA (2003) setzen in Deutschland rd. 75 % aller Kläranlagen organisches Flockungshilfsmittel (teilweise auch in Kombination mit Eisensalzen) zur Klärschlammkonditionierung ein, womit das Verfahren die meiste Anwendung findet. Neben der Wahl geeigneter Polymere ist die Polymeraufbereitung mit entsprechenden Einrichtungen und letztendlich die Polymereinmischung in den Klärschlamm von hoher Bedeutung, vgl. Denkert (2011) bzw. DWA M 350 (in Vorbereitung). Neuere Verfahren zeigen, dass durch den Einsatz von Schwefelsäure und Wasserstoffperoxid ebenfalls eine signifikante Verbesserung der Entwässerung erzielt werden kann, vgl. SCHAUM ET AL. (2007). Daneben gibt es ebenfalls Verfahrensordnungen aus dem Bereich der chemischen Desintegrationsverfahren, vgl. ATV-DVWK (2003).

- Thermische Verfahren

Unterschieden werden kann sowohl eine Gefrier- als auch eine Hitzebehandlung, wobei ausschließlich die Hitzebehandlung Anwendung findet. Die Verbesserung der Entwässerungseigenschaften wird dabei durch die alleinige Wärmebehandlung erreicht, vgl. ATV (1996).

Durch die Nutzung von Abwärme kann durch eine Klärschlammwärmung - insbesondere bei Rohschlämmen – eine Verbesserung der Klärschlamm-entwässerung erzielt werden. Des Weiteren zeigen Verfahren aus dem Bereich der thermi-

schen Desintegration positive Einflüsse auf die Entwässerung (ATV-DVWK 2003).

- **Mechanische Verfahren**

Die Verbesserung der Entwässerbarkeit beruht hierbei auf der Zugabe von Strukturmaterialien, wie z.B. Asche oder Kohle (ATV 1996).

Insbesondere die Zugabe von Kohle für die Klärschlammkonditionierung wird zzt. noch in Deutschland vereinzelt praktiziert, vgl. Meyer and Reipa (2008). Untersuchungen zum Einsatz von Aktivkohle in der Abwasserbehandlung zur Elimination von organischen Spurenstoffen zeigen (vgl. Metzger, 2010), dass es durch die Einlagerung der Pulveraktivkohle in den Überschussschlamm zu einer Verbesserung der Entwässerung kommen kann.

2.2 Verfahrenstechniken zur Klärschlammmentwässerung

Für die maschinelle Klärschlammmentwässerung stehen zur mechanischen Trennung der flüssigen von der festen Phase zwei Grundoperationen zur Verfügung (ATV-DVWK M 366 2000, METCALF & EDDY 2003):

- Trennung durch ein maschinell erzeugtes Schwerfeld (Dekanter/Zentrifuge), vgl. RECORDS UND SUTHERLAND (2001), STAHL (2004)
- Filtration mit Hilfe von Druck (Bandfilter-, Kammerfilter- oder Horizontal-Hydraulik-Filterpresse, Schneckenpresse)

Kurzbeschreibung von Verfahren zur Klärschlammmentwässerung:

- **Dekanter/Zentrifuge:**

Die Abtrennung des Wassers erfolgt hierbei durch ein maschinell erzeugtes Zentrifugalfeld. Durch die hohen Zentrifugalkräfte kann im Vergleich zur reinen statischen Entwässerung die Entwässerung beschleunigt und erhöht werden. Dekanter bestehen aus einer Trommel sowie einer innen gelagerten Transport- und Austragsschnecke, die den an den Trommelwandungen abgesetzten Klärschlamm zum Austrag fördert. Die im Vergleich zur Trommel unterschiedliche Drehzahl der Schnecke wird als Differenzdrehzahl bezeichnet. Maßgebende Einflussgrößen auf das Entwässerungsverhalten sind die Trommeldrehzahl, die Differenzdrehzahl, der Schlammdurchsatz, die Flockungshilfsmitteldosierung sowie die Stellung der Wehrscheiben, vgl. DWA (2000), WEF (2008), RECORDS UND

SUTHERLAND (2001), STAHL (2004). Rd. 50 % der in Deutschland anfallenden Klärschlämme werden nach DWA (2003) mittels Dekanter entwässert.

- **Bandfilterpresse:**

In Bandfilterpressen wird der Klärschlamm zwischen zwei Filterbändern in mehreren Schritten bei steigendem Druck entwässert. Die Filterbänder werden dabei mittels Walzen immer enger zusammengeführt bzw. zusammengepresst. Maßgebende Einflussgrößen auf das Entwässerungsverhalten sind die Flockungshilfsmitteldosierung, Wahl und Geschwindigkeit des Filterbandes sowie der Pressdruck, vgl. DWA (2000), WEF (2008). In Deutschland werden rd. 6 % des anfallenden Klärschlammes mit Bandfilterpressen entwässert, wobei insbesondere bei kleineren Anlagen die Technologie zum Einsatz kommt (DWA, 2003).

- **Kammerfilterpresse:**

Filterpressen bestehen aus mehreren mit Filtertüchern überspannten Einzelplatten die mit einem Schließdruck von rd. 300 bar zusammen gehalten werden. Die Kammern zwischen den Platten werden mit Klärschlamm bis rd. 15 bar (bei Membranfilterpressen auch bis 30 bar) befüllt, womit das Wasser über die Filtertücher abfließen kann. Durch eine Entlastung des Schließdrucks öffnen die Kammern und der Filterkuchen fällt in den Abwurfbunker. Einflussgrößen auf das Entwässerungsverhalten sind die Filtertücher und die Filtratableitung, die Konditionierung (Polymere oder auch durch Zugabe von Kalk) sowie der Pressdruck einschl. Haltzeit, vgl. DWA (2000), WEF (2008). Rd. 30 % der in Deutschland anfallenden Klärschlämme werden nach DWA (2003) mittels Kammerfilterpresse entwässert.

- **Horizontal-Hydraulik-Filterpresse:**

Die Horizontal-Hydraulik-Filterpresse, eine Entwicklung aus der Fruchtsaftindustrie, besteht aus einem Zylinder, der mit flexiblen Drainageelementen und einem in Zylinderlängsrichtung verschieblichen Hydraulikkolben ausgestattet ist. Jedes Drainageelement besteht aus einem Drainagekern zum Ableiten des Filtratwassers und einem Filterstrumpf, bestehend aus einem Filtergewebe, ähnlich dem der Kammerfilterpressen. Das Befüllen der Presse erfolgt durch Impuls-Füllvorgänge. Jeder Impulsvorgang besteht aus dem Einpumpen, Abpressen und Auflockern während der Kolbenbewegung. Wenn ausreichend Filterkuchen aufgebaut ist, geht die Maschine in den Pressvorgang über, in der sich Pressen bis max. 10 bar und Auflockern abwechseln, vgl. Schaum et al. (2007). Im Bereich der Klärschlamm-entwässerung ist die Presse zzt. auf rd. 9 Anlagen in Deutschland, der Schweiz und Skandinavien installiert.

- Schneckenpresse

Die Schneckenpresse besteht aus einem zylindrischen Sieb in dem sich ein Schneckenwendel mit konischer Schneckenwelle langsam dreht. Im letzten Schneckendrittel befindet sich eine Hochdruckzone, die durch einen pneumatischen angepressten Konus verschlossen wird. Das Filtratwasser läuft über das Siebblech ab, der entwässerte Klärschlamm wird über das Schneckenende ausgetragen, vgl. MARTIN (2011), DENKERT (2011). Schneckenpressen ist auf verschiedenen Kläranlagen installiert.

Verfahrenstechnisch ergeben sich Grenzen, weil die Entwässerungsmaschinen nur eine spezifische Trennarbeit zu leisten vermögen. *Abbildung 3* zeigt in einem Box-Plot-Diagramm die mit unterschiedlichen Entwässerungsaggregaten erreichten TR-Konzentrationen. Die Daten wurden im Rahmen einer Klärschlammumfrage erfasst, vgl. DWA (2003). Die neueren Maschinen (Horizontal-Hydraulik-Filterpresse und Schneckenpresse) mit zzt. geringerer Verbreitung sind daher nicht enthalten.

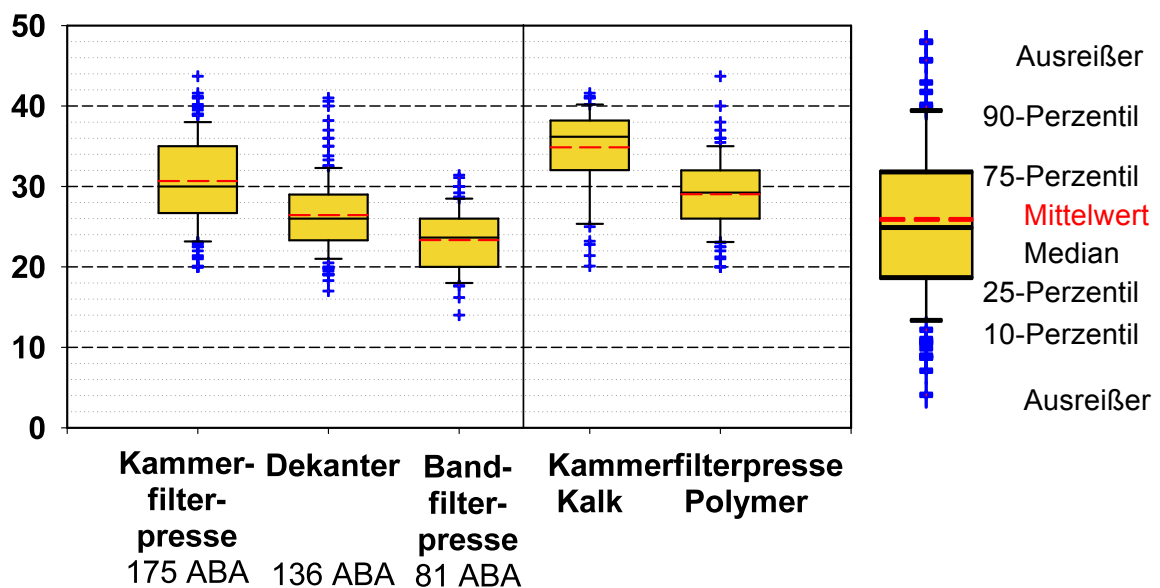


Abbildung 3: TR-Konzentrationen nach Entwässerung in unterschiedlichen Entwässerungsaggregaten sowie Unterschied bei unterschiedlicher Konditionierung mit Kalk bzw. Polymer bei Entwässerung mittels Kammerfilterpresse (DWA 2003)

Tabelle 1 gibt einen Gesamtüberblick über die wesentlichen Kenndaten der verschiedenen Entwässerungsaggregate.

Tabelle 1: Wesentliche Kennzahlen von Entwässerungsmaschinen, vgl. ATV-DVWK M 366 (2000), WEF (2008)

		Kammerfilterpresse	Dekanter	Bandfilterpresse	Horizontal-Hydraulik-Filterpresse	Schneckenpresse
Durchsatz	m ³ /h	-	1 - 200	2 - 30	-	1 - 25
Betrieb		diskontinuierlich	kontinuierlich	kontinuierlich	diskontinuierlich	kontinuierlich
TR-Austrag***	%	22 - 30 30 - 40*	22 - 30	20 - 28	k.A.	25 - 30**
Spez. FHM-Verbrauch	g WS/kg _{TR}	6 - 12	8 - 14	6 - 12	k.A.	8 - 15**
Energiebedarf	kWh/m ³	0,8 - 1,0	1,0 - 1,6	0,5 - 0,8	k.A.	k.A.
	kWh/Mg TR	30 - 40	40 - 60	20 - 30	30 - 65	5 - 10**

* Polymer bzw. Kalk-/Eisen-Konditionierung

** MARTIN, 2011

***exemplarisch für Faulschlamm

Die Jahreskosten der verschiedenen Entwässerungsverfahren bestehend aus Investitions-, Personal- und Betriebsmittelkosten werden geprägt durch die Entsorgungskosten des Klärschlammes. Durch eine Maximierung des Entwässerungsergebnisses können Volumen und damit Entsorgungskosten eingespart werden. Dem gegenüber stehen die Kosten für die Investition und dem Betrieb. Für den spezifischen Anwendungsfall auf der Abwasserbehandlungsanlage ist dementsprechend eine detaillierte Kostenvergleichsrechnung durchzuführen und Berücksichtigung der spezifischen lokalen Randbedingungen.

3 Möglichkeiten und Grenzen einer Trocknung von Klärschlamm

3.1 Anwendungsbereiche der Klärschlamm-trocknung

Nach einer Klärschlamm-entwässerung ist es möglich, den Wassergehalt im Klärschlamm durch eine Teil- oder Volltrocknung weitestgehend zu reduzieren, wodurch auch eine maximale Volumenreduktion möglich ist, vgl. *Abbildung 1*. Einhergehend mit der Volumenreduktion können damit die Transport- und Entsorgungskosten minimiert werden.

Durch die Trocknung erhöht sich der Heizwert des Klärschlammes auf bis zu 17.000 kJ/kg. Der getrocknete Klärschlamm ist damit ein interessanter Brennstoff für die Monoklärschlammverbrennung oder auch Kraft- und Zementwerke. Für die Monoklärschlammverbrennung erfolgt dabei oft eine Teiltrocknung, so dass eine selbstgängige Verbrennung möglich ist. Durch eine intelligente Nutzung des bei der Verbrennung erzeugten Dampfes kann sowohl eine Stromerzeugung mittels Turbine als auch die Bereitstellung der Energie für die Trocknung sichergestellt werden, vgl. LUX UND SCHAUM (2010).

Der Einsatz der Klärschlamm-trocknung ist damit an Gesamtkonzepte verknüpft. Insbesondere die Energiezufuhr zur Trocknung durch solare Energie oder Dampf erfordert intelligente Konzepte, z.B. durch die Nutzung von Verbundwärmenetzen oder Kombinationen mit einer Monoklärschlammverbrennung, vgl. SCHAUM UND LUX (2010).

In Deutschland werden ca. 15 - 20 % der Klärschlämme getrocknet (DWA 2003, WESSEL 2005), wobei der überwiegende Anteil (über 90 %) der getrockneten Klärschlämme thermisch verwertet wird (WESSEL 2005), was die Kombination zwischen Trocknung und thermischer Verwertung verdeutlicht.

3.2 Verfahrenstechniken zur Klärschlamm-trocknung

In DIN EN 1085 (2005) wird die Klärschlamm-trocknung als ein Verfahren zur Entfernung von Wasser aus Schlamm durch Verdampfen definiert. Verfahrenstechnisch werden die Verfahren zur Klärschlamm-trocknung nach der Art der Wärmeübertragung in Konvektions-, Kontakt- und Strahlungstrocknung, unterschieden, vgl. ATV (1996), ATV-DVWK M 379 (2004), WESSEL (2005), ERMEL ET AL. (2007).

Konvektionstrockner, vgl. ATV-DVWK (2004):

Bei der Konvektionstrocknung um- bzw. überströmt das Trockengas den zu trocknenden Klärschlamm, d.h. der zu trocknende Klärschlamm steht in direktem Kontakt zum Wärmeträger.

-
- Die Trocknung im Trommeltrockner erfolgt in einer ständig rotierenden Trommel. Der Transport durch die Trommel geschieht je nach Typ mit dem Heißgasstrom, durch Leitbleche oder durch geneigte Trommelstellung. Trommeltrockner werden ausschließlich zur Volltrocknung eingesetzt und zeigen bei korrekter Materialwahl kaum Verschleißprobleme.
 - Bei Bandtrocknern ist die Materialwahl von Presse und Lochmatrix bei der Produktaufgabe auf die hohen mechanischen Kräfte abzustimmen. Im Bereich der Schlammaufgabe auf das Förderband ist unbedingt auf die Erzeugung einer gleichmäßigen Haufwerksschüttung mit definierter Höhe zu achten, da ansonsten keine vollständige Trocknung sichergestellt werden kann und die Brandgefahr aufgrund lokaler Überhitzungen sowie durch örtliche Staubanreicherung in Folge von Trockengutzerfall stark zunimmt.

Kontaktrockner, vgl. ATV-DVWK (2004)

Bei der Kontaktrocknung wird der auf einer durch einen Wärmeträger beheizten Fläche zu trocknende Klärschlamm erwärmt, ohne in direktem Kontakt zum Wärmeträger zu stehen.

- Dünnschichtrockner bestehen aus einem horizontalen Stator mit doppelwandigem Zylinder und einem innenliegenden Rotor. Über den Doppelmantel des Zylinders wird dem Trockner die Wärmeenergie zugeführt. Der innenliegende Rotor mit aufgeschweißten Verteil- und Transportelementen hat die Aufgabe den Klärschlamm in einer dünnen Schicht auf den inneren Umfang des Stators aufzubauen. Dünnschichtrockner haben sich im Betrieb als relativ störungsunanfällig herausgestellt. Bei der Ausführung ist im Hinblick auf Verschleiß und Korrosion eine Edelstahlausführung von Vorteil. Lediglich die Paddel sind in regelmäßigen Abständen zu kontrollieren, da sich diese im Laufe des Betriebs verbiegen können.
- Scheibentrockner bestehen aus einem Stator und einem innenliegendem Rohr. Der Rotor setzt sich aus einer Hohlwelle mit aufgeschweißten hohlen Scheiben zusammen, die mit dem Heizmedium durchströmt werden. Scheibentrockner erweisen sich im Betrieb bei Teiltrocknung in der Regel als problemlos. Die bei der Volltrocknung auftretenden Probleme durch Verschleiß, Korrosion und Abrasion sind in der letzten Zeit durch konstruktive Weiterentwicklungen und eine veränderte Materialwahl weitgehend vermindert worden. Zu Volltrocknung ist die Rückführung des Trockengutes erforderlich.

Strahlungstrockner, vgl. ATV-DVWK (2004)

Bei der Strahlungstrocknung erfolgt die Wärmeübertragung mit Hilfe von elektromagnetischen Strahlen bzw. Infrarotstrahlen. Auch wenn nicht eindeutig klassifizierbar wird im Rahmen dieser Darstellung die solare Trocknung im Folgenden aufgeführt (Mischung zwischen Strahlungs- und Konvektionstrocknung).

- Die solare Klärschlamm-trocknung erfolgt durch Ausnutzung der meteorologischen Bedingungen. Der Verbrauch an Primärenergie wird damit minimiert. Eine zum Untergrund abgedichtete Fläche wird durch eine Gewächshauskonstruktion abgedeckt. In dem dadurch gebildeten Raum läuft dann der Trocknungsprozess durch die Sonneneinstrahlung ab, ggf. kann der Prozess durch die Zufuhr von Abwärme unterstützt werden.

Abbildung 4 zeigt die Anzahl sowie die Kapazität der Klärschlamm-trocknungsanlagen in Deutschland. Vor allem auf kleineren Abwasserbehandlungsanlagen wurden in den letzten Jahren Solartrockner installiert, womit der Einfluss auf die Gesamtkapazität der Klärschlamm-trocknung in Deutschland gering ist. Rd. 50 % der Klärschlamm-menge wird mit Scheibentrocknern getrocknet als Teiltrocknung für die Monoklärschlamm-verbrennung, vgl. LEHRMANN (2011).



Abbildung 4: Anzahl sowie Kapazität [Mg TR/a] der Klärschlamm-trocknungsanlagen in Deutschland, vgl. LEHRMANN (2011)

Tabelle 2 zeigt einen Vergleich der verschiedenen Trocknungsverfahren.

Tabelle 2: Vergleich von Trocknungsverfahren, vgl. ATV-DVWK M 379 (2004)

Trocknertyp	Vorteile	Nachteile
Bandrockner	Problemloses Durchfahren der Leimphase Geringer Verschleiß im Trockner Produktqualität gut einstellbar	Gefahr der lokalen Überhitzung hohe Brandgefahr Klärschlammwässerung auf Pelletierung anpassen
Trommelrockner	Robustes Verfahren Gut geeignet für große Durchsatzmengen Gut einstellbare Produktqualität	Diskontinuierlicher Betrieb ungünstig Niedriger Wärmeübergangskoeffizient Rückmischung erforderlich
Solartrockner/ Ventilationstrockner	Spezifisch geringe Energiekosten Einfache Technik	Flächenbedarf Leistung witterungsabhängig Lange Trocknungszeiten
Wirbelschichtrockner	Keine bewegten Teile im Trockner kaum Verschleiß Problemloses Durchfahren der Leimphase Gleichmäßige Produktstruktur	Hoher Druckverlust Ausführung bisher nur für kleinere Durchsätze Energieintensiv
Scheibentrockner	Guter Wärmeübergang Kompakte Bauweise Gut geeignet für große Durchsatzmengen	Diskontinuierlicher Betrieb ungünstig Rückmischung in Abhängigkeit vom Trocknungsziel erforderlich u.U. hoher Staub- und Faseranteil im Produkt
Dünnschichtrockner	Robustes Verfahren Unempfindlich auf schwankende TR-Gehalte im Eintrag Durchfahren der Leimphase möglich	Volltrocknung energetisch ungünstig große Baueinheit

4 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel der Klärschlammbehandlung ist es den Klärschlamm derart vorzubereiten, dass er schadlos beseitigt werden kann, wobei kostenminimierte Verfahren im Vordergrund stehen. Eine zukunftsfähige Klärschlammbehandlung erfordert neue Ansätze in der Klärschlammwässerung und –trocknung. Verfahrenstechnische Lösungen im Bereich der Klärschlammbehandlung sollten ganzheitlich untersucht werden. Die charakteristischen Klärschlammeigenschaften, die geprägt werden durch das

Rohabwasser aber auch durch die Verfahrenstechnik der Abwasser- und Klärschlammbehandlung, beeinflussen die Entwässerbarkeit. Somit gilt es unter den lokalen Randbedingungen die optimale Maschinen- und Prozesstechnik (Klärschlammkonditionierung) zu installieren.

Für große Kläranlagen stellt eine Klärschlamm Trocknung in Kombination mit einer thermischen Klärschlammverwertung eine Option dar. Durch eine gezielte Nutzung von Abwärme ist hier ein wirtschaftlicher Betrieb möglich. Für kleinere Anlage kann eine solare Klärschlamm Trocknung ggf. auch in Kombination mit einer Zufuhr von zusätzlicher Wärme, z.B. durch Nutzung von Abwärme aus Blockheizkraftwerken, interessant sein.

Konzepte zur Klärschlamm entwässerung und –trocknung müssen auch die Belange des Ressourcenschutzes berücksichtigen. Hierbei steht im Fokus die Energieeinsparung durch optimierte Prozesse aber auch die Nutzung von im Klärschlamm enthaltenen Nährstoffen insbesondere Phosphor. Verschiedene Technologien zur Rückgewinnung von Phosphor sowohl aus Abwasser als auch aus Klärschlamm und Klärschlamm asche werden zzt. erforscht und stehen vor der großtechnischen Umsetzung, vgl. Petzet et al. (2010), Schaum (2007).

Durch Beachtung aller lokalen Randbedingungen sind ganzheitliche Lösungen denkbar, wobei der Blick auch über die Grenzen der Abwasserbehandlungsanlage gehen sollte. Die Praxis zeigt, dass es vielfach Kombinationen, z.B. mit Biogas- oder Müllheizkraftwerken, gibt, die eine Nutzung von Synergien – insbesondere im Bereich der Energie und Klärschlammverwertung – ermöglicht.

5 Literatur

ATV (1996): ATV-Handbuch: Klärschlamm, 4. Auflage, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH, Berlin

ATV-DVWK (2003): Thermische, chemische und biochemische Desintegrationsverfahren, KA - Abwasser, Abfall, 50, Nr. 6, Hennef

ATV-DVWK M 366 (2000): Maschinelle Schlamm entwässerung, Hennef

ATV-DVWK M 379 (2004): Klärschlamm Trocknung, Hennef

Cornel, P.; Meda, A.; Petzet, S. (2010): Aspekte der Klärschlammbehandlung: Energiegewinnung, stoffliche Verwertung und Ressourcenschonung – Ein Überblick, 85. Darmstädter Seminar – Abwassertechnik, Klärschlammfäulung und –verbrennung: Das Behandlungskonzept der Zukunft? Ergebnisse einer Grundsatzstudie der Städte Augsburg, Frankfurt am Main, Karlsruhe, Mannheim, München, Stuttgart und Zürich, WAR Schriftenreihe Band 204, Darmstadt

Denkert, R. (2011): Das neue Merkblatt M 366 „Maschinelle Schlamm entwässerung“, 7. Klärschlamm tage, 29.-31.03.2011, Fulda

DIN EN 1085 (2005): Abwasserbehandlung - Wörterbuch, Entwurf, Beuth Verlage GmbH, Berlin

-
- DWA (2003): Stand der Klärschlammbehandlung und -entsorgung in Deutschland, Ergebnisse der DWA-Klärschlammhebung 2003, published 2005, DWA-Themen, Hennef
- Ermel, G. and Lux, J. (2007): Lohnt sich heute noch der Bau einer Trocknungsanlage, Conference Proceedings, 5. Klärschlammstage, 21.-23.05.2007, Hildesheim
- Jeckel, M. (1987): Flockung, DVGW-Fortbildungskurse für Wasserversorgungs-technik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Kurs 6: Wasseraufbereitung für Ingenieure, 3. Auflage, Eschborn
- Kopp, J. B. (2001): Wasseranteile in Klärschlammuspensionen - Messmethode und Praxisrelevanz, Dissertation, TU Braunschweig, Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Heft 66, Braunschweig
- Kopp, J. B. (2003): Verfahren zur maschinellen Schlammindickung und Schlammmentwässerung, 1. Fachtagung „Klärschlamm“, Conference Proceedings, 09.09.2003, Berching
- Lehrmann, (2011): Stand und Entwicklung der thermischen Klärschlammmentsorgung in Deutschland, Conference Proceedings, 7. Klärschlammstage, 29.-31.03.2011, Fulda
- Lux, J.; Wittstock, R.; Schröder, L.; Schaum, C. (2010): Möglichkeiten und Grenzen einer Klärschlammbehandlung: Eine Übersicht zum Stand der Technik, 85. Darmstädter Seminar – Abwassertechnik, Klärschlammfäulung und –verbrennung: Das Behandlungskonzept der Zukunft? Ergebnisse einer Grundsatzstudie der Städte Augsburg, Frankfurt am Main, Karlsruhe, Mannheim, München, Stuttgart und Zürich, WAR-Schriftenreihe Band 204, Darmstadt
- Martin (2011): Wirkungsweise von Schneckenpressen und Erfahrungen bei der Entwässerung von Klärschlamm, Conference Proceedings, 7. Klärschlammstage, 29.-31.03.2011, Fulda
- Metcalf & Eddy (2003): Wastewater Engineering - Treatment and Reuse, 4. Auflage, McGraw-Hill, New York
- Metzger, S. (2010): Abwasserbehandlung mit Pulveraktivkohle – ein Vergleich, Conference Proceedings, Aktivkohle in der Abwasserreinigung, 23.-24.06.2010, Mannheim
- Meyer, H. and Reipa, A. (2008): Einsatz von Polymeren in der Klärschlammmentwässerung, Conference Proceedings, 06.03.2008, Bottrop
- Möller, U. (1972): Überlegungen zur Wahl und Kombination verschiedener Verfahren bei der Schlammbehandlung - Hinweise zum Stand der Verfahrenstechnik bei der Schlamm-trocknung, Essener Tagung, 28.-30.04.1971, Schriftenreihe Gewässerschutz, Wasser, Abwasser, Nr. 6, 2. Auflage, 1972, Aachen
- Records, A. und Sutherland, K. (2001): Decanter, Centrifuge Handbook, 1. Auflage, Elsevier Advanced Technology, Oxford, Großbritannien
- Petzet, S.; Cornel, P., Schaum, C. (2010): Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammmasche, DWA Seminar „Chemie und Abwasserentsorgung“, 18.03.2010, Berlin
- Schaum, C. (2007): Verfahren für eine zukünftige Klärschlammbehandlung - Klärschlammkonditionierung und Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlammmasche, Dissertation, Schriftenreihe WAR 185, Darmstadt
- Schaum, C.; Cornel, P.; Faria, P.; Recktenwald, M.; Norrlöw, O. (2007): Kemicond – Sludge Conditioning by an Acidic Oxidative Treatment – Reaction Mechanisms and Process Optimization, in: Hahn, H. H., Hoffmann, E., Ødegaard, H.: Chemical Water and Wastewater Treatment IX, IWA Publishing, Proceedings for the 12th Gothenburg Symposium 21.-23. Mai 2007, Ljubljana, Slovenien

-
- Schaum, C.; Schröder, L.; Lux, J.; Fehrenbach, H., Reinhardt, J.; Cornel, P.; Kristeller, W.; Schmid, S.; Götz, R.; Himmelein, D.; Scholl, B.; Stegmayer, K.; Wagner, G.; Maurer, M.; Mauritz, A.; Hein, A.; Berchtenbreiter, C.; Blotenberg, U.; Haslwimmer, T.; Wiederkehr, P.; Wehrli, M. (2010): Klärschlammfäulung und -verbrennung: Das Behandlungskonzept der Zukunft?, - Ergebnisse einer Grundsatzstudie zum Stand der Klärschlammbehandlung, Korrespondenz Abwasser - Abfall, Nr. 3, Hennef
- Schaum, C. und Lux, J. (2010): Bewertung von Varianten zur Klärschlammbehandlung aus technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht, 85. Darmstädter Seminar – Abwassertechnik, Klärschlammfäulung und –verbrennung: Das Behandlungskonzept der Zukunft? Ergebnisse einer Grundsatzstudie der Städte Augsburg, Frankfurt am Main, Karlsruhe, Mannheim, München, Stuttgart und Zürich, WAR Schriftenreihe Band 204, Darmstadt
- Stahl, W. H. (2004): Fest-Flüssig-Trennung, Industrie-Zentrifugen, Band II, Maschinen- & Verfahrenstechnik, DrM Press, Männedorf, Schweiz
- Stumm, W. und Hahn, H. (1967): Kinetik der Flockung, Chemische und physikalische Einflüsse auf die Geschwindigkeit der Flockung durch Eisen (III) und Aluminium (III) Salze. Veröffentlichungen der Abteilung und Lehrstuhles für Wasserchemie der TH Karlsruhe, Nr. 3 98-128, Karlsruhe
- Wagner, M. (2004): Kosten der Klärschlammbehandlung und -entsorgung, ATV-DVWK WasserWirtschafts-Kurse L/4, Tagungsunterlagen, 13.-15.10.2004, Kassel
- WEF (2008): Design of Municipal Wastewater Treatment Plants, 5th Edition, WEF Manual of Practice No. 8, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 76, USA
- Wessel, M. (2005): Klärschlamm-trocknung - Praxisbeispiele, DWA-Klärschlamm-tage, Tagungsunterlagen, 04. - 06. April 2005, Würzburg

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

WASTE MANAGEMENT, Volume 2

Waste Management, Recycling, Composting, Fermentation,
Mechanical-Biological Treatment, Energy Recovery from Waste,
Sewage Sludge Treatment

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Luciano Pelloni.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2011

ISBN 978-3-935317-69-6

ISBN 978-3-935317-69-6 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2011

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M. Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky, Janin Burbott

Erfassung und Layout: Janin Burbott, Petra Dittmann, Sandra Peters,

Martina Ringgenberg, Ginette Teske

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.