

New Sludge Dewatering Concepts for Small Wastewater Treatment Plants

Josef Wendel and Christopher Willing

In recent years, the disposal ways of sewage sludge have changed considerably, even for small wastewater treatment plants up to 10,000 PE. Disposal on agricultural areas, which was common practice until a few years ago, is almost no longer possible, as in some cases the limit values have been tightened and the organisational challenges have increased.

Contract dewatering companies are often not interested in the small plants because the quantities are too small. Thus, the topic of an own sludge dewatering is more and more discussed. There are different possibilities which are compared in detail. Essentially, these are the dewatering of the sewage sludge from several smaller plants at a central sewage treatment plant, contract dewatering by service providers, sewage sludge humification on reed beds, own fixed installed sludge dewatering or an own mobile dewatering solution.

The review of the various mechanical dewatering systems shows that the screw press is in many cases the best solution. A reality-based comparison between decentralised dewatering, service provider and own dewatering solution clearly demonstrates, that an own dewatering machine pays off after a few years even for smaller sewage treatment plants.

Neue Konzepte der Schlammentwässerung für kleine Kläranlagen

Josef Wendel und Christopher Willing

1.	Kleine Kläranlagen.....	172
1.1.	Anzahl.....	172
1.2.	Aktuelle Situation.....	173
1.3.	Schlammentwässerung.....	174
1.4.	Vorteile kleiner Kläranlagen.....	174
2.	Methoden der Schlammentwässerung.....	175
2.1.	Zentrale Entwässerung.....	175
2.2.	Dienstleister (Lohnentwässerung).....	175
2.3.	Vererdung.....	176
2.4.	Eigene festinstallierte Entwässerung	177
2.5.	Eigene mobile Entwässerung.....	178
3.	Arten der mechanischen Entwässerung	178
4.	Kostenvergleich dezentrale Entwässerung / Dienstleister / eigene Entwässerung	179
4.1.	Kosten dezentrale Entwässerung / Transportkosten Nass-Schlamm zur zentralen Entwässerung	180
4.2.	Kosten für Dienstleister (Lohnentwässerung vor Ort)	180
4.3.	Kosten eigene Entwässerung	181
4.4.	Kostenvergleich	182
5.	Fazit.....	183
6.	Quellen	184

In den letzten Jahren haben sich die Entsorgungswege der Klärschlämme auch von kleinen Anlagen stark verändert. Die bis vor wenigen Jahren übliche Entsorgung auf landwirtschaftlichen Flächen ist fast nicht mehr möglich auch bei Einhaltung der vorgegebenen Werte. Ausschreibungen von Dienstleistungen der Entsorgung werden zum Teil von den Bietern nicht mehr beantwortet.

Lohnentwässerer sind oftmals an den kleinen Anlagen nicht interessiert da die Maschinen nicht ausgelastet werden können, die Mengen zu gering sind oder zu viel Rüstzeiten entstehen. So wird das Thema einer eigenen Schlammentwässerung immer mehr diskutiert. Diese vielschichtige Problemstellung möchte der Artikel beleuchten.

1. Kleine Kläranlagen

Im Sinne dieser Veröffentlichung werden Kläranlagen bis 10.000 EW (also der Größenklassen 1 bis 3) betrachtet.

1.1. Anzahl

Zur Anzahl der Kläranlagen in Deutschland gibt es je nach Betrachtungsjahr und Veröffentlichung unterschiedliche Zahlen. Eine Gesamtübersicht aus dem Jahr 2010 [1] ist in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Öffentliche Abwasserbehandlungsanlagen, Gesamtausbaugröße und zentral behandelte Jahresabwassermenge nach Ausbaugrößenklassen in Deutschland, 2010

Größenklasse	Ausbaugröße von ... bis unter ... in EW	Anzahl öffentlicher Abwasserbehandlungsanlagen	Anzahl in %	Gesamtausbaugröße in Mio. EW	Anzahl in %	Jahresmittelwert der angeschlossenen EW in Mio.	Anzahl in %	behandelte Jahresabwassermenge in Mio. m ³	Anzahl in %
insgesamt		9.632	100	152,1	100	119,7	100	9.988	100
GK 1	unter 1.000	4.153	43,1	1,5	1,0	1,1	0,9	113	1,1
GK 2	1.000 – 5.000	2.387	24,8	6,0	3,9	4,5	3,8	528	5,3
GK 3	5.000 – 10.000	864	9,0	6,2	4,1	4,9	4,1	511	5,1
GK 4a	10.000 – 50.000	1.657	17,2	37,9	24,9	29,5	24,7	2.740	27,4
GK 4b	50.000 – 100.000	315	3,3	22,2	14,6	16,8	14,1	1.373	13,8
GK 5	100.000 und mehr	256	2,7	78,3	51,4	62,8	52,5	4.722	47,3

Kleine Kläranlagen im Sinne dieses Beitrages machen demnach immerhin über etwa drei Viertel (76,9%) der in Deutschland vorhandenen Kläranlagen aus. Auch wenn davon ausgegangen werden kann, dass rund 50% der genannten Anlagen (Schätzung) bereits über eine eigene Entwässerung verfügen oder vertraglich langfristig gebunden sind, so verbleiben immer noch 3.000 bis 3.500 Anlagen für die Handlungsbedarf besteht. Dennoch wurden Kläranlagen dieser Größenordnungen in der Vergangenheit in Bezug auf Schlammentwässerung vom Markt vernachlässigt.

1.2. Aktuelle Situation

Mit der novellierten Klärschlammverordnung (AbfKlärV) die im Oktober 2017 in Kraft getreten ist, wird die bodenbezogene Verwertung für Kläranlagen der Größenklasse 5 (>100.000 EW ab 2029) und der Größenklasse 4b (>50.000 EW ab 2029) untersagt. Auch wenn die bodenbezogene Verwertung rechtlich nicht verboten wird, bleibt für die kleineren Kläranlagen nicht alles wie bisher. So werden die Betreiber mit folgenden Problemen konfrontiert [2]:

- zurückgehende Akzeptanz der Klärschlammverwertung im Rahmen der Nahrungsmittelerzeugung,
- steigender Anteil der Bio- und Ökolandwirtschaft; solche Betriebe nehmen regelmäßig keinen Klärschlamm zur landwirtschaftlichen Verwertung an,
- zunehmende Flächenkonkurrenz insbesondere zur Gülleausbringung auf landwirtschaftliche Flächen; Gülle ist aus Sicht der Landwirtschaft ein wesentlich hochwertigerer Dünger im Vergleich zum Klärschlamm,
- erweiterter Untersuchungsumfang für den Klärschlamm: bodenbezogen zu verwertende Schlämme sind zusätzlich zum bisherigen Untersuchungsumfang auf weitere Parameter wie Arsen, Chrom, PFC etc. zu untersuchen,
- erhöhte Untersuchungshäufigkeit des Klärschlammes: Neben den organischen Schadstoffen, die wie bisher alle 2 Jahre zu analysieren sind, müssen alle anderen Analysen künftig alle 250 t Trockenmasse (TM); höchstens jedoch einmal monatlich und mindestens alle 3 Monate durchgeführt werden.

Es wurden zudem einige Grenzwerte (z.B. für Zink, AOX und PCB) neu festgelegt und verschärft bzw. neu aufgenommen (BaP). Weiterhin wurden neue Parameter bei Bodenuntersuchungen eingeführt. Die Bereitstellung des Klärschlammes (Feldrandlagerung) und Einarbeitung in den Boden wurde limitiert was einen erhöhten Aufwand für die Logistik mit sich bringt.

Der Anwendungsbereich der AbfKlärV erstreckt sich künftig auch - ohne Übergangsfrist - auf die Verwertung von Klärschlämmen im Landschaftsbau.

Das novellierte Düngegesetz und die Düngemittelverordnung schränken Düngemaßnahmen u.a. durch neue Sperrzeiten und Grenzen für die Zufuhr von Nährstoffen weiter ein. Dies betrifft maßgeblich auch die Verwertung von Klärschlämmen in der Landwirtschaft. Die neuen Vorgaben werden die jährlichen Ausbringungsmengen je Hektar reduzieren. Die längeren Sperrzeiten im Winter erschweren und verteuern die landwirtschaftliche Verwertung durch die Notwendigkeit höherer Lagerkapazitäten.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass die bodenbezogene Verwertung für die Betreiber einen erheblich höheren organisatorischen (Lieferscheinverfahren) und logistischen Aufwand als bisher bedeutet und durch die geänderten Grenzwerte schwieriger, wenn nicht unmöglich geworden ist.

1.3. Schlammmentwässerung

Das Thema Schlammmentwässerung rückt also aufgrund der zukünftig eingeschränkten *einfachen* Entsorgungswege immer mehr in den Fokus. Im Vergleich zu den größeren Anlagen war es aus folgenden Gründen bisher kaum ein Diskussionsthema.

Aufgrund der bisherigen gesetzlichen Regelungen konnten die vergleichsweise geringen Mengen an Klärschlamm auf Felder in unmittelbarer Umgebung gebracht oder in benachbarte größere Kläranlagen transportiert werden. Die Transportkosten waren bisher vergleichsweise niedrig oder die Landwirte haben den flüssigen Klärschlamm gleich selbst abgeholt. Vielfach wird die Entwässerung auch durch Lohnunternehmen durchgeführt oder andere Entsorgungswege gewählt (Kap. 2.). Hinzu kommt die mangelnde Erfahrung mit der Schlammmentwässerung, fehlende Messgeräte, manchmal auch Platzprobleme und sehr häufig falsche Vorstellungen über die Kosten und den Personalbedarf einer modernen Entwässerungsmaschine (Kap. 4.). Noch vor einigen Jahren war eine eigene Entwässerungsmaschine für eine kleine Gemeinde wirtschaftlich nicht darstellbar. Die entsprechenden Maschinen waren nicht für einen dauerhaften 24-Stunden-Betrieb ausgelegt und wurden üblicherweise für eine Acht-Stunden Schicht bemessen. Dadurch mussten zwangsläufig relativ große Maschinentypen gewählt werden, die oftmals den Preisrahmen der Betreiber gesprengt haben. Berücksichtigt werden muss auch, dass bei einer Entwässerung in einer Schicht das belastete Filtrat zwischengespeichert werden muss und in den Schwachlaststunden (i.d.R. nachts) dem Kläranlagenzulauf zugegeben wird. Die Kosten für einen Filtrat-Speicher erhöhten die Kosten der eigentlichen Schlammmentwässerung nochmals.

Mittlerweile ist aber durch Fortschritte in der Steuerungstechnik ein unbeaufsichtigter 24h-Betrieb problemlos möglich und die erforderlichen Maschinengrößen können dadurch entsprechend kleiner gewählt werden. Auch haben sich inzwischen Hersteller auf dem deutschen Markt etabliert, die sehr kleine Schneckenpressen speziell für kleinere Kläranlagen anbieten. Durch die geringere Größe sind diese Pressen natürlich deutlich preiswerter als die großen Entwässerungsaggregate.

1.4. Vorteile kleiner Kläranlagen

Anlagen in der Größenklasse 1 bis 3 bieten durchaus Vorteile in Hinsicht auf eine eigene Entwässerungslösung:

- Bedingt durch die demoskopische Entwicklung auf dem Land sind vielfach keine großen Veränderungen in der Einwohnerzahl zu erwarten. Dadurch gibt es nur geringe Veränderungen im Klärschlammaufkommen und langfristig stabile Zahlen. Hierdurch kann die Entwässerungslösung sehr genau und ohne große Sicherheitspuffer geplant werden.
- Oftmals ist der Industrieanteil relativ gering.
- Das vergleichsweise geringe Schlammvolumen ermöglicht kleine Maschinengrößen und dadurch Container- oder mobile Entwässerungslösungen.

2. Methoden der Schlammmentwässerung

Es ist heutzutage weder ökologisch vertretbar noch in Zeiten steigender Transportkosten und ausgelasteter Transportunternehmen wirtschaftlich sinnvoll, Wasser in Form von Dünnschlamm mittels Lastkraftwagen zu transportieren. Die mechanische Entwässerung reduziert das Transportvolumen um den Faktor zehn.

2.1. Zentrale Entwässerung

Vielfach schließen sich kleinere Kommunen oder Verbände zusammen, um den anfallenden Schlamm auf einer gemeinsamen, zentralen Schlammmentwässerungsanlage zu behandeln. Hierbei stellen sich folgende Fragen:

- Wie groß ist die räumliche Entfernung der einzelnen Kläranlagen zur zentralen Schlammmentwässerung?
- Wie hoch sind die daraus folgenden Transportkosten von den Einzelanlagen zur Entwässerung?
- Sind Lagerkapazitäten für Dünnschlamm am Ort der Entwässerung vorhanden?
- Kann das Filtrat aus der Entwässerung vor Ort in die Kläranlage eingeleitet werden und reicht die Behandlungskapazität der Anlage aus, um die zusätzliche Belastung aufzunehmen?
- Gibt es ausreichend Pufferkapazitäten für das Filtrat?
- Ist ausreichend Substrat (BSB) vorhanden, um die Denitrifikation für die zusätzliche Stickstofffracht aus dem Filtrat zu gewährleisten?

Mit Blick auf die künftig obligatorische Phosphorrückgewinnung ist zudem zu beachten, dass es durch die Lagerung des Rohschlamm häufig zu einer Rücklösung von Phosphat kommt.

Alternativ kann der Klärschlamm in eine nahegelegene größere Kläranlage gebracht werden. Die Fragestellungen entsprechen hierbei weitgehend dem vorgenannten Konzept einer gemeinsamen zentralen Entwässerung.

2.2. Dienstleister (Lohnentwässerung)

Für viele Betreiber war die Lohnentwässerung bisher die bevorzugte Lösung, wenn eine landwirtschaftliche Verwertung nicht in Betracht kam.

Es wird für die kleineren Kläranlagen allerdings immer schwieriger geeignete Lohnentwässerer zu finden. Diese sind oftmals an den kleinen Anlagen nicht interessiert, da die Maschinen nicht ausgelastet werden können oder zu lange Rüstzeiten entstehen. Die Folge davon ist, dass die Preise steigen und die Kommunen in hohem Maße abhängig von den Entwässerungsunternehmen sind.

Ein wichtiger Aspekt ist die hohe Stickstoffbelastung verteilt auf einen sehr kurzen Zeitraum. Nach dem Motto *Zeit ist Geld* ist der Dienstleister daran interessiert, möglichst viel Schlamm

in möglichst kurzer Zeit zu entwässern. Die Stickstoffbelastung für die Kläranlage durch das Filtrat ist dadurch weit höher als vorgesehen. Das Filtrat muss in jedem Fall gespeichert werden und anschließend zu Schwachlastzeiten der Belebung zugegeben werden. Vielfach sind diese Speicher auf der Kläranlage nicht vorhanden oder zu klein.

Als Folge davon reicht die Nitrifikationskapazität nicht mehr aus und die Denitrifikation findet mangels ausreichender Substratquelle nicht oder nur noch sehr eingeschränkt statt. Oftmals muss der Nährstoff (Methanol) dann künstlich zugesetzt werden. Sehr häufig werden während der Dauer der mobilen Entwässerung die Ablaufwerte nicht eingehalten, was zu entsprechenden Problemen mit den Überwachungsbehörden führt.

Zu beachten ist außerdem der hohe Strombedarf für die vorwiegend eingesetzten Kammerfilterpressen oder Zentrifugen. Es ist nicht immer gewährleistet, dass die erforderliche Anschlussleistung vor Ort zur Verfügung gestellt werden kann.

Viele Lohnentwässerer bieten gleichzeitig auch die Entsorgung und thermische Verwertung mit an. Alternativ kann durch geeignete eigene Entsorgungsverträge der Kommunen mit den Verwertern die Entsorgung separat vergeben werden. Idealerweise werden diese Verträge in Kooperation mit Nachbargemeinden abgeschlossen.

2.3. Vererdung

Bei der Klärschlammvererdung mit Schilf in modular angelegten speziellen Beeten, handelt es sich um ein naturnahes Entwässerungsverfahren für Klärschlamm. Mit Hilfe von Schilfpflanzen werden in weitläufigen Pflanzenbecken Wasser und Feststoffe getrennt und die Organik verringert. Alle fünf bis sieben Jahre wird das Beet mit dem humusartigen verbliebenen Reststoff geräumt (Bild 1).

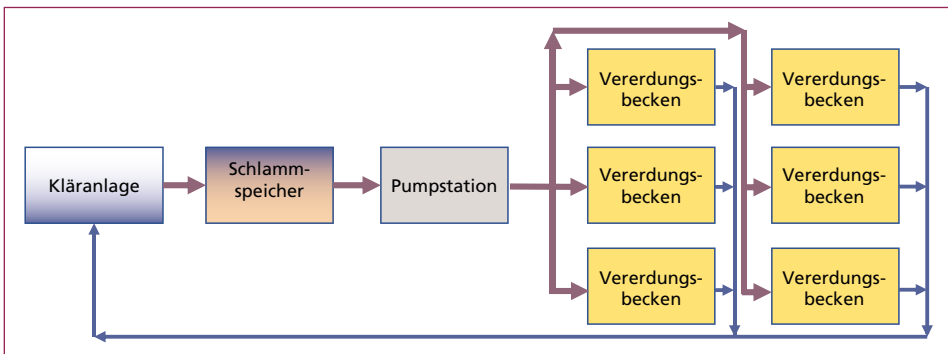


Bild 1: Prozessschema einer Klärschlammvererdung

Das Verfahren ist flächenintensiv ($0,5 - 1,5 \text{ m}^2/\text{EW}$) und daher mit nicht unerheblichen Investitionen verbunden. Zusätzlich sollten Reserven für eine spätere Nachlagerung des Materials bei der Flächenplanung berücksichtigt werden. Als weiterer Kostenfaktor ist dabei auch die notwendige Pflege der Pflanzen in den Beeten zu berücksichtigen. Ein wichtiger Aspekt ist, dass das Filtratwasser bzw. das überschüssige Regenwasser in der Kläranlage mitbehandelt und die Kapazität der Anlage entsprechend vergrößert werden muss. Für

einen erfolgreichen Betrieb ist eine gute Schlammstabilisierung erforderlich (ausreichend hohes aerobes Schlammalter) was zu höheren Stromkosten führt, wenn die Kläranlage zuvor nur teilstabilisierend gefahren wurde.

Eine betriebsbegleitende Qualitätssicherung zur Überprüfung des Entwässerungserfolges und der qualitativen Eigenschaften des Materials ist daher ebenso anzuraten wie die Bildung von ausreichenden Rückstellungen für eine spätere Entsorgung des Klärschlammes. [3]

Aufgrund der neuen Düngeverordnung ist ein Ausbringen der Erde auf landwirtschaftlichen Flächen so gut wie gar nicht mehr möglich. Die Entsorgung der Beete durch den Verkauf der gebildeten Erde hat sich bei vielen Anlagen aufgrund möglicher Schadstoffbelastungen als sehr schwierig erwiesen. [5, 6]

Viele Entsorger nehmen den gebildeten Reststoff nur ungern an, da er sehr viele Störstoffe (Wurzeln, Steine, etc.) enthält. Die Entsorgung über die Verbrennung ist im Allgemeinen nicht sinnvoll, da der Wassergehalt sehr hoch und der Brennwert niedrig ist. Aufgrund der Entsorgungsproblematik stellt dies dennoch vielfach die letzte Möglichkeit dar. Hinzu kommen gelegentlich auch Probleme mit Anwohnern, da die Beete – entgegen den Ankündigungen der Hersteller – eben doch nicht ganz geruchsfrei sind.

2.4. Eigene festinstallierte Entwässerung

Eine eigene Entwässerung auf der Kläranlage bietet langfristig nicht nur wirtschaftliche Vorteile (Kap. 4.) sondern auch ein hohes Maß an Unabhängigkeit. Für die Aufstellung einer Entwässerungsmaschine auf einer kleineren Kläranlage kommen zwei Möglichkeiten in Betracht:

- Installation der Entwässerung in einem Gebäude oder
- Installation in einem wetterfesten, klimatisierten Container.

Die Vor- und Nachteile der beiden Möglichkeiten sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Gegenüberstellung der beiden Installationsmöglichkeiten im Gebäude und im Container

Installation im Gebäude	Installation im Container
Gebäudeneubau / Umbau erforderlich	nur Streifenfundament oder Pflasterung erforderlich
Neubau: Baugenehmigung erforderlich	keine Baugenehmigung notwendig
Rohrleitungsinstallation an Gebäude angepasst	Container komplett verrohrt, nur Anschluss-Rohrleitungen
Elektroverkabelung erforderlich	Komponenten im Container fertig verkabelt, nur Anschlusskabel notwendig
Beleuchtung und Belüftung erforderlich	Beleuchtung und Belüftung im Container vorhanden
Rohrleitungen: Dichtheits- und Drucktest erforderlich	Rohrleitungen im Container komplett geprüft
Platzbedarf i.d.R. eingeschränkt	Aufstellung des Containers flexibel möglich
lange Lebensdauer der Gebäude	mittlere Lebensdauer
detaillierte Planung erforderlich	Planung nur für die Container-Anschlüsse notwendig
sehr lange Genehmigungs-, Bau- und Montagezeit	Installationszeitraum in weniger als vier Monaten bis zur Inbetriebnahme möglich

2.5. Eigene mobile Entwässerung

Alternativ zu einer festinstallierten Entwässerungsmaschine besteht auch die Möglichkeit ein mobiles Aggregat einzusetzen. In der Regel handelt es sich bei dieser Größenklasse um eine Schneckenpresse die idealerweise in einem geschlossenen PKW-Anhänger installiert ist. Damit kann mit den vorhandenen Zugfahrzeugen die Entwässerungsmaschine leicht zum Einsatzort transportiert werden. Größere zweiachsige Anhänger können nur mit einem LKW oder Unimog als Zugfahrzeug bewegt werden und sind bei weitem nicht so handlich und flexibel wie ein kleiner Einachs- oder Tandemachsen-Anhänger.

Der Vorteil dieser auf einem Anhänger installierten Einheiten ist die Mobilität. Speziell für Verbände mit mehreren kleineren dezentralen Kläranlagen ist diese Variante interessant. So können unnötige Schlammtransporte vermieden werden und der Klärschlamm kann dezentral entwässert werden.



Bild 2: Anhänger mit einer installierten Schneckenpresse als mobile Entwässerungseinheit

3. Arten der mechanischen Entwässerung

Die maschinelle Klärschlamm entwässerung ist ein wichtiger Teilschritt in der gesamten Verfahrenskette der Klärschlammbehandlung. Ziele der Fest-Flüssigtrennung sind zum einen eine Volumenreduktion der anfallenden Menge und zum anderen den Klärschlamm für seine weitere Behandlung entsprechend den Anforderungen vorzubereiten. Prinzipiell stehen zur mechanischen Klärschlamm entwässerung verschiedene Verfahren zur Verfügung, die in der Tabelle 3 vergleichend aufgeführt sind.

Tabelle 3: Vergleich mechanischer Entwässerungsaggregate

	Kammerfilter- presse	Dekanter- zentrifuge	Siebband- presse	Schnecken- presse
CaOH ₂ /FeCl ₃ - Zugabe	ja	nein	nein	nein
Polymerbedarf	mittel	hoch	mittel	mittel
Energiebedarf	mittel	hoch	niedrig	sehr niedrig
Personalaufwand	sehr hoch	mittel	hoch	sehr niedrig
Lautstärke	hoch	sehr hoch	niedrig	sehr niedrig
tägliche Betriebsdauer	kurz	mittel	mittel	sehr lang
Wartungskosten	mittel	hoch	gering	gering
TS-Gehalt Austrag	sehr hoch	hoch	mittel	mittel
geeignet für kleine Durchsätze	ja	nein	bedingt	ja



Bild 3: Beispiel einer Schneckenpresse mit einem Durchsatz 6 kg TS/h aerob stabilisierten Schlamms

Für geringere Schlammthroughsätze hat sich in den letzten Jahren die Schneckenpresse durchgesetzt. Zwar sind Siebband- und Kammerfilterpressen auch für kleinere Durchsätze verfügbar, aber der sehr hohe Personalbedarf bzw. die hohen Investitionskosten lassen diese Maschinentypen für die betrachteten Größenklassen als weniger geeignet erscheinen.

Zentrifugen haben sich bei vielen größeren Kläranlagen bewährt, sind aber für die GK 1 bis 3 nur sehr bedingt geeignet. So müssen aufgrund des niedrigen Schlammthroughsatzes entweder kleine Trommeldurchmesser, die weniger für die Entwässerungsaufgabe geeignet sind, oder alternativ vergleichsweise große Maschinen mit kurzen Laufzeiten gewählt werden. Hinzu kommen die hohen Stromkosten sowie der hohe Genehmigungs- und Überwachungsaufwand bei der Zentrifuge (TÜV-Prüfungen, hohe Drehzahlen).

Neben den aufgeführten Maschinentypen gibt es weitere Entwässerungsverfahren wie die Schlauchentwässerung oder die simple Sackentwässerung. Beide Verfahren bieten zwar Vorteile, konnten sich aufgrund ihrer spezifischen Nachteile aber nicht durchsetzen. So ermöglicht die Schlauchentwässerung zwar sehr gute Entwässerungsergebnisse, erfordert jedoch einen hohen Investitionsbedarf. Die Sackentwässerung ist eher für Kleinanlagen geeignet und benötigt für die Lagerung der gefüllten Säcke große Lagerflächen.

4. Kostenvergleich (Nettopreise) dezentrale Entwässerung / Dienstleister / eigene Entwässerung

Um die Kostensituation zu beleuchten, wurde beispielhaft eine Gegenüberstellung für eine reale Kläranlage mit 8.500 EW und aktuell etwa 5.500 angeschlossenen Einwohnern durchgeführt. Die Anlage besitzt einen Feinrechen mit 6 mm, einen Längssandfang und ein Kombibecken in dem das Abwasser aerob teilstabilisiert wird. Im langjährigen Mittel fallen etwa 3.300 m³ Schlamm pro Jahr an, der in zwei Stapelbehältern gelagert wird. Der Schlamm hat im Mittel einen TS-Gehalt von 3,2 %, woraus sich 105,6 t TS/a ergeben. Der Glühverlust wurde mit 68 % ermittelt. Ein durchgeführter Pilottest mit einer Schneckenpresse lässt ein Entwässerungsergebnis von etwa 24 % TS im Austrag erwarten.

Bei der Vergleichsberechnung wurden folgende Szenarien angenommen:

1. Transport des Nass-Schlammes zu einer dezentralen Entwässerung (max. 50 km),
2. Fremdentwässerung durch Lohn-Entwässerer auf der Kläranlage und
3. eigene Schneckenpresse auf der Kläranlage.

4.1 Kosten dezentrale Entwässerung / Transportkosten Nass-Schlamm zur zentralen Entwässerung

Für den Kostenvergleich wurden verschiedenen Preisangebote für Schlammtransporte eingeholt. Die Preise schwanken sehr stark, abgänglich von der Region und der Wettbewerbssituation. In den meisten Fällen werden die Transporte auf Stundenbasis abgerechnet. Als Stundensatz, inklusive aller Fahrzeug- und Treibstoffkosten, kann von 80 bis 90 EUR/h ausgegangen werden. Über einen Transportweg von 25 bis 50km gerechnet, ergeben sich damit Kosten von 20 bis 22 EUR/t. Für die Kostengegenüberstellung wurde ein eher niedriger Wert von 15 EUR/t angesetzt [4]. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Transportkosten in Zukunft aufgrund fehlender Kapazitäten - bereits heute gibt es nicht genug Fahrer - weiter erhöhen werden.

Zu den eigentlichen Transportkosten müssen die Entwässerungskosten auf der dezentralen Anlage addiert werden. Hierbei wurden drei Szenarien betrachtet:

1. eine neue Schlammentwässerung auf einer zentralen Kläranlage,
2. eine Entwässerung auf einer externen Kläranlage mit vorhandener Entwässerungspresse und
3. eine Zugabe in eine größere Anlage.

Der Einfachheit halber wurden für die schwer kalkulierbaren Kosten der dezentralen Entwässerung die Preise für eine Lohnentwässerung (ohne An- / Abfahrt) in die Gegenüberstellung mit aufgenommen.

Bei 9 EUR/m³ (Kap. 4.2) ergeben sich damit Kosten in Höhe von 29.700 EUR/a. Das ist allerdings ein vergleichsweise konservativer Wert. Die Erfahrung zeigt, dass die Preise stark schwankend sind und teilweise bei einem Vielfachen dieses Betrages liegen.

4.2 Kosten für Dienstleister (Lohnentwässerung vor Ort)

Auch für diesen Posten wurden verschiedene Preisangebote eingeholt. Regionsabhängig kristallisieren sich Entwässerungskosten in Höhe von etwa 8 bis 10 EUR/m³ Dünnschlamm (3 % TS) heraus. Hinzu kommen die jeweilige An- und Abfahrt sowie die Rüstzeiten. Die genannten Preise beziehen sich auf die reine Schlammentwässerung ohne Entsorgungskosten.

In unserem genannten Beispiel wurde das Entwässerungsunternehmen drei Mal pro Jahr bestellt. Wir sind hierbei von einer Schlamm-Lagerkapazität von 1.000 m³ aus-

gegangen. Bei einem Entwässerungspreis von 9 EUR/m³ und An- / Abfahrts- sowie Rüstkosten von 2.000 EUR pro Einsatz ergeben sich abgerundet 35.000 EUR/a.

Vielfach sind die erforderlichen Lagerkapazitäten auf der Kläranlage aber nicht vorhanden, so dass in kürzeren Abständen entwässert werden muss - was dann zu wiederum zu höheren Kosten führt.

4.3 Kosten eigene Entwässerung

Für die eigene Entwässerung wurde eine Schneckenpresse vom Typ AMCON Volute FS-202 (Bild 4) zugrunde gelegt. Die Presse besitzt einen speziellen verstopfungsfreien Siebkorb und hat dadurch einen sehr niedrigen Wasserverbrauch. Die Durchsatzleistung beträgt bei aerob stabilisiertem Schlamm 26 kg TS/h.

Die Presse wurde so ausgelegt, dass der gesamte anfallende Schlamm innerhalb von fünf Arbeitstagen im 24h-Betrieb entwässert werden kann. Die gewählte Baugröße bietet sehr hohe Reserven und hat durch zwei Schnecken in einem Pressengehäuse zudem eine sehr hohe Betriebssicherheit. Sollte eine der Schnecken durch Wartung oder andere Umstände kurzzeitig ausfallen, so kann die zweite Schnecke unabhängig davon weiterbetrieben werden und immer noch einen großen Teil des Schlammes entwässern.

Für die Gegenüberstellung wird die Schneckenpresse in einem beheizten 20“ (6m)-Container (Bild 5) installiert, der die Beschickungspumpe, die Polymeraufbereitung, den Schaltschrank, die komplette interne Verrohrung sowie eine Lagerfläche für das Polymer enthält. Ein schwenkbarer Schneckenförderer sorgt für die wechselweise Verteilung des entwässerten Schlammes auf zwei Kippmulden.



Bild 4: Für den Kostenvergleich zu Grunde gelegte eigene Schneckenpresse vom Typ Volute FS-202



Bild 5: Für den Kostenvergleich zu Grunde gelegter eigener Container vom Typ Volute

Der Kostenansatz (Tabelle 5) berücksichtigt neben der Schneckenpresse mit dem vorgenannten Zubehör auch die Kosten für die externe Anschluss-Verrohrung und Verkabelung sowie die Montage und Inbetriebnahme. Der Container kann anschlussfertig auf einem Streifenfundament oder einem befestigten Untergrund aufgestellt werden.

Bezeichnung	Einheit	Kosten
Flüssigpolymer	EUR/kg Wirksubstanz	4,80
Trink- oder Brauchwasser	EUR/m ³	1,30
Strom	EUR/kWh	0,21
Personal	EUR/Arbeitsstunde	34,00

Tabelle 4:

Leistungsspezifische Verbrauchskosten für die für den Kostenvergleich gewählte Konfiguration

Tabelle 5: Kosten für die eigene Entwässerung basierend auf den für Kostenvergleich gewählten Basiswerten

Bezeichnung	Kosten	Anmerkung
	in EUR	
Investkosten Schneckenpresse im Container	105.000	
Abschreibung pro Jahr	7.000	Laufzeit 15 Jahre
Strom	958	Leistungsaufnahme 0,73 kW*
Wasser	3.894	40 L / h + 420L für Polymeraufbereitung
Polymer	5.069	10 kg WS / to TS
Wartung	1.575	1,5 % pro Jahr
Personal	1.009	5 min / Tag + 1 Tag Wartung/Jahr
Summe laufende Kosten pro Jahr	12.504	

*Energiekosten für Beschickungspumpe nicht berücksichtigt, da in allen Varianten enthalten

4.4. Kostenvergleich

Die Gesamtkosten der Klärschlamm Entsorgung setzen sich im Wesentlichen aus den folgenden Einzelpositionen zusammen:

- der Dünnschlamm-Lagerung,
- dem Dünnschlamm-Transport,
- der Schlammentwässerung,
- dem Transport des entwässerten Schlamms und
- der Schlammverwertung.

Tabelle 6: Übersicht zu den berücksichtigten Positionen im Rahmen des Kostenvergleichs

	dezentrale Entwässerung	Dienstleister	eigene Entwässerung
Dünnschlamm-Lagerung	nein	nein	nein
Dünnschlamm-Transport	ja	nicht erforderlich	nicht erforderlich
Schlamm-Entwässerung	ja (Schätzpreis)	ja	ja
Transport entwässertes Schlamm zu Verwertung	nein	nein	nein
Schlammverwertung (Verbrennung, etc.)	nein	nein	nein

Die Kostenpositionen *Dünnschlamm-Lagerung*, *Transport entwässerter Schlamm* und *Verwertung* wurden im Sinne des Vergleichs nicht berücksichtigt (Tabelle 6). Für alle Varianten wurde eine jährliche Kostensteigerung in Höhe von 1,5 % angenommen. Die Transportkosten für die Variante *Dezentrale Entwässerung* wurden zur Information separat ausgewiesen. In der Tabelle 7 und dem darauf basierenden Bild 6 sind die kumulierten Kosten der einzelnen Varianten aufgelistet.

Tabelle 7: Kostenvergleich der gewählten Varianten bezogen auf die Betriebsjahre

Jahr		1	2	3	4	5	6	10	15
zentrale Entwässerung gesamt:	T EUR	79	160	241	324	408	493	848	1.321
(Transportkosten zentrale Entwässerung:)		50	100	151	202	255	308	530	826
Lohnentwässerung		35	71	107	143	180	218	375	584
eigene Entwässerung (Invest im ersten Jahr)		118	130	143	156	169	183	239	314
eigene Entwässerung (Abschreibung 15 Jahre)		20	39	59	79	99	120	204	314

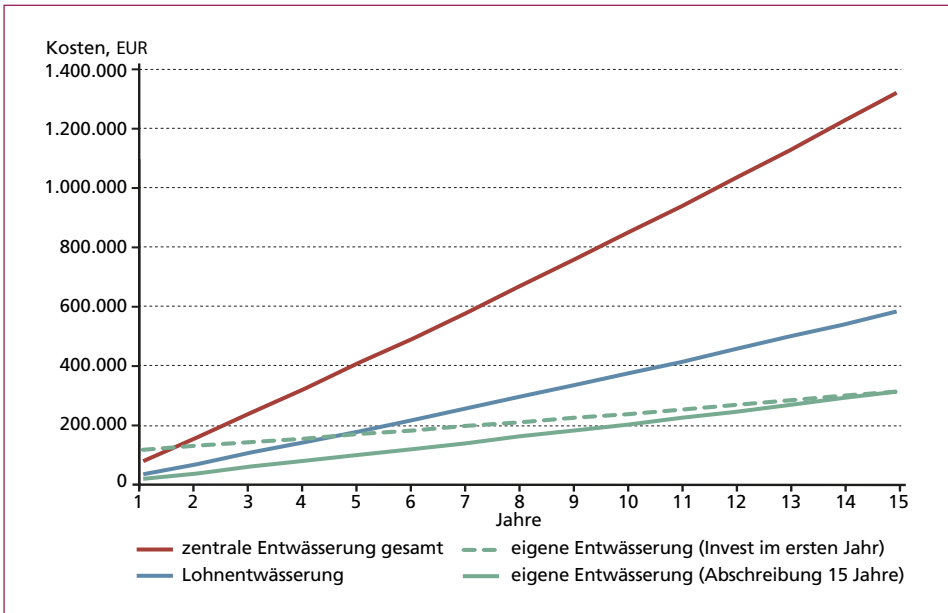


Bild 6: Kostenvergleich der gewählten Varianten bezogen auf die Betriebsjahre

5. Fazit

Die Betreiber kleinerer Kläranlagen müssen sich aufgrund der immer schwieriger werdenden Bedingungen für die Entsorgung des anfallenden Klärschlammes zukünftig verstärkt mit der Entsorgungsthematik befassen. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Entwässerung des Schlammes.

Der Kostenvergleich zwischen dezentraler Entwässerung, Dienstleister (Lohnentwässerung) und eigener Entwässerung führt nach Abwägung aller Vor- und Nachteile zu dem Schluss, dass die eigene Entwässerungsmaschine auf der Kläranlage vor Ort in vielen Fällen die wirtschaftlich beste Lösung darstellt.

Im dargestellten Beispiel amortisiert sich die eigene Entwässerungsmaschine je nach Art der Investition bzw. Abschreibung bereits im ersten Jahr bzw. nach weniger als fünf Jahren. Die im Kostenvergleich zugrunde gelegten Zahlen entsprechen einer realen Anlage und sind eher konservativ angesetzt, so dass der Vorteil der eigenen Maschine in der Realität eher noch deutlicher wird.

Als geeignetes Entwässerungsverfahren für die Größenklassen 1 bis 3 ist die Schneckenpresse zu bevorzugen zumal es mittlerweile Anbieter auf dem Markt gibt, welche geeignete kleine Maschinen anbieten. Für kostenorientiert und umweltbewusst handelnde Betreiber ist die Anschaffung einer eigenen Schneckenpresse somit alternativlos.

6. Quellen

- [1] Durth A., Kolvenbach F. Abwasser und Klärschlamm in Deutschland -statistische Betrachtungen, Korrespondenz Abwasser, Abfall - 2014 (61) Nr. 12, 2015 (62) Nr. 1
- [2] DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.5, Auswirkungen der neuen Klärschlammverordnung auf die Klärschlammentsorgung, Korrespondenz Abwasser, Abfall - 2018 (65) Nr. 8,
- [3] DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.5, Technische Hinweise zu bewährten Behandlungsverfahren für Klärschlamm, Korrespondenz Abwasser, Abfall 2019 (66) Nr. 3
- [4] Einholz A., Rutesheim, der Klärschlamm wird in Stuttgart verbrannt, Leonberger Kreiszeitung 27.04.2020, Zeitungsverlag Leonberg GmbH, <https://www.leonberger-kreiszeitung.de/inhalt.rutesheim-der-klaerschlamm-wird-in-stuttgart-verbrannt.3efd40c3-8f92-4573-a636-ea394c959f73.html>
- [5] Kreiszeitung Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, *Verbrennen von Wasser* kostet viel Geld, Klärschlammverordnung klappt nicht, Kreiszeitung.de - 21.09.2018, <https://www.kreiszeitung.de/lokales/rotenburg/visselhoevede-ort52324/verbrennen-wasser-kostet-viel-geld-10261571.html>
- [6] Münchener Zeitungs-Verlag GmbH & Co.KG, Prem hat Problem mit dem Klärschlamm, Onlineportal Merkur.de - 09.08.2011, <https://www.merkur.de/lokales/schongau/prem-problem-klaerschlamm-1354933.html>

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Christopher Willing
Amcon Deutschland GmbH
Geschäftsführer
Schönbergstraße 3
34587 Felsberg, Deutschland
+49 5662 930749
christopher.willing@amcon-de.com

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Olaf Holm, Elisabeth Thomé-Kozmiensky,
Peter Quicker, Stefan Kopp-Assenmacher (Hrsg.):

Verwertung von Klärschlamm 3

ISBN 978-3-944310-52-7 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Olaf Holm
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2020
Redaktion und Lektorat: Dr.-Ing. Olaf Holm
Erfassung und Layout: Martin Graß, Claudia Naumann-Deppe, Janin Burbott-Seidel

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.