- Verwaltung, Betriebssteuerung und Prozessablauf
- Betriebshöfe, Fuhrpark und Werkstätten
- Abfallerfassung, -sammlung und -transport
- Straßenreinigung, Winterdienst und sonstige Dienstleistungen.

Literatur

Alsdorf, R. (1998): Vortrag über Vor- und Nachteile des Mehrschichtbetriebes in der Logistik im Rahmen des BEW-Fachkongresses am 27.03.1998

Aucoteam Berlin GmbH (1997): Ultraschallmess-System optimiert Leerung und Tourenplanung bei Altpapierbehältern 1997

Bilitewski, B. (1999): Anforderungen an die EDV für Abfallsammlung und -transport aus Sicht der Abfallwirtschaft; Vortrag auf der Konferenz der IIR Deutschland GmbH am 02. und 03.11.1999 in Köln

Blaas, S., Dehe, U., Kreitmeier, G. (1998 a): Wechselbehältertechnologien für die Entsorgungslogistik; Süddeutsche Consultants Augsburg 1998

Blaas, S., Dehe, U., Kreitmeier, G. (1998 b): Entscheider am Zug, in Entsorga-Magazin 5/97

Blumenröther G. (1997): Ergebnisse der Arbeitsgruppe "ILSE" des VKS-Fachausschusses Entsorgungslogistik, in: VKS-News, September, 1996

Brümmer, H.; Oelgemöller, D. (1997): Alternativen zur Optimierung der Abfuhrlogistik für den Abfuhrbetrieb des Landkreises Diepholz; Kreisabfallwirtschaft Diepholz/Labor für Abfallwirtschaft an der FH Münster 1997

ENTSORGA g GmbH (1997): Dokumentation über Verlauf und Ergebnisse des gemeinsamen Arbeitskreises von BDE und VAK im Rahmen des ENTSORGA-Kongresses 1996

Frerich, H., Oelgemöller, D., Reuter, R. (1998): Wirtschaftlichkeitsberechnungen zur Sammlung von Abfällen 1998, unveröffentlicht

Gallenkemper, B., Oelgemöller, D., Reuter, R., Dornbusch, H.-J. (1998a): Verschiedene Untersuchungen des INFA-Instituts für Abfall- und Abwasserwirtschaft GmbH zur Optimierung der Entsorgungslogistik 1998, unveröffentlicht

Gallenkemper, B., Reuter, R., Dornbusch, H.-J. (1998b): Untersuchung des INFA-Instituts für Abfall- und Abwasserwirtschaft GmbH zur Einführung von Altpapierbehältern 1998, unveröffentlicht

Gallenkemper, B., Schirz, S., Scherer, P. (1994): Untersuchungen zum 2- und 4-wöchentlichen Restmüllabfuhrhythmus im Kreis Oldenburg, Labor für Abfallwirtschaft an der FH Münster

Gellenbeck, K.: Gebührenmodelle und Praxiserfahrungen; Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft und Umweltchemie der FH Münster, 1999; unveröffentlicht

Vechtel, N., Gellenbeck, K., Emmerich, M.: Müllschleusen an Großwohnanlagen in Münster; Münsteraner Schriften zur Abfallwirtschaft, Band 2, Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft und Umweltchemie der FH Münster, 1999

Wickboldt W. (1998): Vortrag über die Einführung eines Schichtbetriebes bei der Stadtreinigung Hamburg im Rahmen des BEW-Fachkongresses am 27.03.1998

Würz, W. (1988): Fahrzeuge für die Abfallentsorgung auf der Entsorga 88 in Essen, in Müll und Abfall 11/88

Kontakt

Dipl.-Ing. H. J. Dornbusch
Institut für Abfall- und Abwasserwirtschaft (INFA)
Beckumer Str. 36, D-59229 Ahlen
Tel.: + 49 (0) 2382-964-500
Fax: + 49 (0) 2382-964-600
E-Mail: info@infa.de

«

Konditionierung von Klärschlämmen und anderen biogenen Abfällen zur stofflichen Verwertung bzw. energetischen Nutzung

von Ulrich Loll, Institut für Technischen Umweltschutz (ITU), Darmstadt

Zur ordnungsgemäßen Verwertung bzw. energetischen Nutzung von Klärschlamm und anderen biogenen Abfällen ist eine Vielzahl von Konditionierungsmaßnahmen möglich bzw. erforderlich. Die wichtigsten Behandlungstechniken werden in folgendem Artikel beschrieben, ihre Leistungsgrenzen und verfahrenstechnischen Zusammenhänge aufgezeigt. Darüber hinaus werden die zugehörigen Aspekte der Gesetzgebung und der Energiebilanzierung beleuchtet.

1. Thematische Rahmenbedingungen

Um biogene Abfälle, einschließlich Klärschlämme, einer ordnungsgemäßen Verwertung bzw. Beseitigung zuzuführen, sind unterschiedliche Konditionierungsverfahren anzuwenden.

Die aktuelle europäische und deutsche Abfallgesetzgebung gibt dem Entsorgungspflichtigen auf, die Verwertung als hierarchisch zu bevorzugende Entsorgungsalternative anzustreben, auch wenn diese vergleichsweise mit höherem ökonomischen Aufwand verbunden sein sollte.

Bei der Verwertung ist in erster Linie von einer stofflichen Verwertung auszugehen. Eine sogenannte "thermische Verwertung" wird nur dann anerkannt, wenn nach Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz der Mindestheizwert H_u der Originalsubstanz bei 11 MJ/kg liegt. Neuere Ansätze im Rahmen der EU-Regulierungen setzen diesen Wert sogar bei 17 MJ/kg an. Dies bedeutet, dass die zu ergreifenden Konditionierungsverfahren für die jeweiligen Originalsubstrate Klärschlamm bzw. biogene Anteile des Hausmülls alternative Vorbereitungsschritte zur Verwertung oder Behandlungsverfahren zur Entsorgung durch Beseitigung darstellen.

Da es in Deutschland üblich ist, dass die realen Verhaltensnormen der Gesetzgebung erst durch entsprechende Verordnungen bzw. nachlaufende Gerichtsurteile detailliert festgelegt werden, besteht in diesem Rechtsraum teilweise nennenswerte Unsicherheit bzw. Nachholbedarf bei den Durchführungsrichtlinien. Beispielhaft seien die sogenannte mechanisch-biologische Aufbereitung von Restabfall zur Deponierung oder die Co-Fermentation organischer Abfallstoffe in Faulräumen kommunaler Kläranlagen genannt.

Im erst genannten Fall wurden technische Anlagen mit Millionen an Steuergeldern errichtet und betrieben, obwohl der sogenannte "Gleichwertigkeitsnachweis" gemäß TA-Siedlungsabfall nicht im entferntesten schlüssig erbracht wurde, und erst im Jahr 2000 mit entsprechenden Verordnungen des Bundesgesetzgebers zu rechnen ist, welche die Umweltstandards zu diesem Verfahrensweg definieren.

Die neuerdings, bei angeblich nicht ausreichend ausgelasteten Faulräumen von Großkläranlagen, propagierte Co-Fermentation von getrennt gesammelten festen oder pastösen biogenen Abfallstoffen mit Klärschlamm wurde aktuell von Seiten zuständiger Ministerien in Nordrhein-Westfalen gestoppt. Die entstehenden Rohstoffe sollten nicht einer stofflichen Verwertung zugeführt werden, sondern, wie bei

der Entsorgung von Großkläranlagen häufig üblich, über eine thermische Behandlungsstufe zur Beseitigung gelangen.

Im Folgenden werden unter Berücksichtigung dieser aktuellen Rahmenbedingungen die relevantesten Verfahren der Rohstoffkonditionierung beschrieben und in Bezug zu den jeweiligen Möglichkeiten der Entsorgung durch Verwertung bzw. Beseitigung gesetzt.

2. Verwertungsarten und Verwertungsziele

Die vom Umsatz her dominierenden Verwertungsarten bzw. Verwertungsziele für Klärschlamm und andere biogene Abfallstoffe sind

- landwirtschaftliche Verwertung,
- landschaftsbauliche Verwertung,
- stoffliche Verwertung bei der Herstellung von Baumaterialien,
- thermische Verwertung als Energieträger.

2.1 Landwirtschaftliche Verwertung

In der Bundesrepublik Deutschland stellt derzeit die landwirtschaftliche Verwertung das dominierende Verwertungspotenzial für biogene Abfälle dar. Die stofflichen Randbedingungen und die zulässigen Aufbringungsmengen sind für Klärschlamm in der novellierten Klärschlammverordnung hinreichend geregelt.

Nachdem in der Bundesrepublik Deutschland eine verschärfte Indirekteinleiterkontrolle praktiziert wird, haben die anfallenden Klärschlämme ihre Qualitäten wesentlich verbessert, so dass gesichert davon auszugehen ist, dass mehr als 90% der hier anfallenden Klärschlämme von ihren Inhaltsstoffen her dazu geeignet sind, landwirtschaftlich verwertet zu werden.

Die Tatsache, dass dieser Verwertungspfad derzeit zu den günstigsten Preiskonditionen möglich ist, hat dazu geführt, dass insbesondere in den zurückliegenden 5 Jahren der davor liegende Abwärtstrend der landwirtschaftlichen Verwertung gestoppt wurde und ein wesentlicher Anstieg zu verzeichnen ist. Bei diesem an sich recht sinnvollen Weg des Recyclings muss jedoch seit langem festgestellt werden, dass die Akzeptanz dieses Verwertungsweges in der Landwirtschaft vielfach sogar von Behördenvertretern erschüttert wird.

Gleichermaßen sind hier auch Äußerungen von Lebensmittelproduzenten bzw. Verwaltern von staatlichen und kirchlichen Domänen von negativem Einfluss, die sich den Gedanken des Recyclings zumindest teilweise mit nicht nachvollziehbaren Argumenten entziehen wollen.

Da die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung sinnvoller Weise allein aus ökonomischen Gründen möglichst in geringen Abständen zur jeweiligen Klärschlammherzeugung stattfindet, sind engmaschigere Konzeptionen (z. B. auf Landkreisebene) zu erarbeiten, welche langfristig diesen Verwertungsweg mit entsprechender Qualifizierung und Verfahrenssicherheit, sowohl für die Erzeuger als auch die Abnehmer, gewährleisten.

Großräumige Modellrechnungen für Einheiten wie die Bundesrepublik Deutschland bzw. einzelne Bundesländer können nicht ausreichen, um den Nachweis zu führen, dass hinreichend geeignete Flächen für die Klärschlammverwertung zur Verfügung stehen bzw. nicht in ausreichendem Maße gegeben sind. Hier besteht ein erheblicher Nachholbedarf bei den entsorgungspflichtigen Körperschaften.

Für die Verwertung der sonstigen organischen Abfallstoffe gelten die gleichen Aussagen analog.

2.2 Landschaftsbauliche Verwertung

Eine landschaftsbauliche Verwertung des Klärschlammes bzw. anderer organischer Materialien erscheint sinnvoll und sollte weitergehend und möglichst unter angepassten Regularien erfolgen. Hier ist in der Bundesrepublik Deutschland insbesondere der Einsatz bei der Rekultivierung von Halden, Tagebauflächen, militärischen Liegenschaften und ähnlichem zu nennen. Ebenfalls steht bei der Deponieabdeckung, bei der Herstellung von Straßen- und Eisenbahndämmen ein erhebliches Verwertungspotenzial offen.

Insbesondere beim Einsatz der biogenen Materialien auf devastierten Flächen ist derzeit eine äußerst widersprüchliche Diskussion darüber im Gange, in welchen Mengen die Substrate beim Aufbau von Kulturschichten zum Einsatz gelangen sollen bzw. dürfen. Bei einer sinnvollen Dosierung könnten hier in einigen deutschen Landstrichen Klärschlämme bzw. Komposte o.ä. über Jahrzehnte in erheblichen Mengen sinnvoll zum Einsatz gelangen.

2.3 Stoffliche Verwertung bei der Baumaterialherstellung

Bei der Herstellung von Baumaterialien (z. B. Zement, Asphalt, Klinker, Keramik, u. a.) kann insbesondere Klärschlamm zum Einsatz gelangen. Bei dieser stofflichen Verwertung werden die mineralischen Stoffkomponenten, welche bei den jeweiligen thermischen Herstellungsprozessen verbleiben, in die übrigen Materialien eingebunden. Die organischen Anteile des Klärschlammes werden energetisch im gleichen Prozess genutzt bzw. die organische Masse wird entsprechend vernichtet.

Ob bei derartigen Einsatzbereichen das Prädikat "Verwertung" im Vordergrund steht oder ob es sich hierbei vielmehr um eine günstige Lösungsmöglichkeit handelt, Klärschlamm zu entsorgen, mag offen bleiben. Dem Gebot, dass der Klärschlamm endgültig, dauerhaft und schadlos entsorgt ist und hierbei zumindest teilweise eine stoffliche Verwertung stattfindet, ist auf jeden Fall hinreichend entsprochen.

2.4 Thermische Nutzung als Energieträger

Die im organischen Anteil der biogenen Abfallsubstrate enthaltene Energie kann bei thermischen Prozessen, insbesondere der Veraschung/Verbrennung aber auch der Vergasung als Energieträger genutzt werden. Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass der Energiegehalt in der Originalsubstanz vergleichsweise gering ist, so dass sich eine Verwertung in Konkurrenz zu anderen möglichen Energieträgern auf keinen Fall anbietet und das Ziel der "Entsorgung" deutlich hervorsticht.

Die Anreicherung des Energiegehaltes der biogenen Abfallströme kann nur durch Energiezufuhr im Bereich der Entwässerung bzw. der thermischen Trocknung erfolgen. Alternativ können dem Material andere Energieträger (z. B. Feinkohle) zugesetzt werden, um das Stoffgemisch insgesamt für eine energetische Verwertung interessanter werden zu lassen.

Hier muss jedoch klar ausgedrückt werden, dass entsprechende stoffliche Vorgaben von den Betreibern der Verbrennungsanlagen aufgestellt werden. Dies sind insbesondere Anlagen, bei denen eine Co-Verbrennung mit festen Abfallstoffen anderer Herkunft bzw. mit sogenannten Regelbrennstoffen, z. B. innerhalb von Kraftwerken, stattfindet.

Es ist derzeit festzustellen, dass aufgrund der veränderten Gegebenheiten thermische Freikapazitäten in der Bundesrepublik in einem derart großem Ausmaß vorhanden sind, dass es bezweifelt werden muss, ob für die ordnungsgemäße Klärschlammverwertung bzw. -entsorgung bzw. die thermische Behandlung von Restabfall weitere Verbrennungsanlagen geschaffen werden müssen. Insbesondere können auch vorhandene Kraftwerke vergleichsweise große Mengen ohne Störung ihrer Prozesse bzw. Verschlechterung ihrer Emissionswerte verarbeiten.

Für die Verbrennung der thermisch nutzbaren Komponenten des häuslichen Abfalls reichen die vorhandenen Kapazitäten der Müllverbrennungsanlagen ebenfalls aus. Hier sind allenfalls aus Gründen der Transportlogistik an einigen Neustandorten Ergänzungskapazitäten zu schaffen.

3. Verfahren zur stofflichen Veränderung/Konditionierung von Klärschlämmen und deren Leistungsgrenzen

Alle heute zulässigen Möglichkeiten zur Verwertung bzw. Beseitigung von Klärschlämmen erfordern, ausgehend von den erzeugten Rohschlämmen, den Einsatz unterschiedlicher Verfahrensschritte zur stofflichen Veränderung/Konditionierung der Schlämme.

Die wichtigsten Standardverfahren werden nachfolgend kurzgefasst erläutert.

Die relevantesten Verfahrensketten der Klärschlammbehandlung im Hinblick auf die verschiedenen Verwertungsmöglichkeiten sind in Abb. 1 bezeichnet. Hierbei ist gleichzeitig der jeweils erreichte Aggregatzustand des Klärschlammes angegeben, da dieser für die technische Handhabung bei der Umsetzung des Verwertungsschrittes von wesentlicher Bedeutung ist.

Abb. 1: Relevante Verfahrensketten der Klärschlammbehandlung im Hinblick auf die verschiedenen Verwertungsmöglichkeiten und dabei erreichte Aggregatzustände

3.1 Eindickung

Einer der wichtigsten Verfahrensschritte der stofflichen Veränderung von Klärschlamm ist dessen Volumenverminderung durch Abtrennen von Schlammwasser. Hierbei stellt die Eindickung die technisch einfachste und kostengünstigste Methode dar.

Die Eindickung kann je nach Einsatz innerhalb der Gesamtverfahrenskette als sogenannte Voreindickung und als Nacheindickung betrieben werden. Sie kann als reine statische Eindickung oder auch als maschinell unterstütztes Verfahren (z. B. Seihreaktoren, Dekanter u. a.) mit Zusatz von flockenbildenden Hilfsmitteln oder ohne jeglichen Chemikalienzusatz betrieben werden. Hierbei zeigt sich, dass eine rein statische Eindickung bei klassischem kommunalem Klärschlamm nur etwa bis zu einer Feststoffanreicherung von 5% TR (95% Wassergehalt) unter mittelmäßigen Bedingungen erreicht werden kann.

Bei maschinellen Eindickverfahren unter Einsatz von Polymerkonditionierung können Maximalwerte von ca. 12% TR erreicht werden, wobei der entsprechende Schlamm noch hinreichend fließfähig ist, um weitergehend verarbeitet werden zu können.

3.2 Stabilisierung im flüssigen Milieu

Die Klärschlammstabilisierung kann im flüssigen Milieu bzw. im nicht-fließfähigen Aggregatzustand ausgeführt werden. Standardverfahren basieren hier auf dem anaeroben bzw. dem aeroben biologischen Stoffwechselprozess, bei welchem üblicherweise ca. 50% der organischen Inhaltsstoffe abgebaut werden.

Die biologische Stabilisierung führt insbesondere zu einer Verminderung der Geruchsentwicklung, zu einer Homogenisierung des Materials und zu einer Verbesserung der weitergehenden Entwässerbarkeit. Die Verminderung der verbleibenden Trockenmasse ist für fast alle nachfolgenden Verwertungsschritte von maßgeblicher Bedeutung. Chemische Stabilisierungsverfahren sind möglich, jedoch in Deutschland nicht üblich.

3.3 Entseuchung

Der Klärschlamm enthält, insbesondere als Rohschlamm, eine Vielzahl von pathogenen Keimen, welche auch durch biologische Stabilisierungsverfahren nur um einige Zehnerpotenzen vermindert werden. Für den Klärschlammeinsatz auf Weideland- und Grünfutterflächen war bis zur Untersagung dieses Verwertungsweges durch den Gesetzgeber die Entseuchung obligatorisch.

Mit zunehmender Reglementierung und dem Ansteigen der Qualitätsansprüche bei den Verwertungswegen der Zukunft kann damit gerechnet werden, dass Entseuchungsverfahren, welche technisch in unterschiedlichen Varianten verfügbar sind, wieder häufiger zum Einsatz gelangen. Die günstigste Art der Entseuchung bzw. Hygienisierung von Klärschlamm ist beim Einsatz thermophiler Verfahrensstufen der Stabilisierung gegeben. Dies kann sowohl im aeroben als auch im anaeroben Bereich erfolgen.

Die Entseuchung kann andererseits auch durch externen Temperatureinsatz (z. B. Tauchbrenner) bzw. gravierende pH-Verschiebungen und den Einsatz hochthermischer Verfahren erfolgen.

3.4 Chemische/thermische Konditionierung

Klärschlamm hat üblicherweise ein hohes Wasserbindevermögen, welches bei der Fest-Flüssig-Trennung von Nachteil ist. Um die vorhandenen Wasserbindungskräfte zu vermindern und die Klärschlammfeststoffpartikel zu größeren Flocken zu vereinen, werden üblicherweise chemische Hilfsstoffe zur sogenannten Konditionierung zum Einsatz gebracht.

Hierbei sind insbesondere organische Flockungshilfsmittel (Polymere) sowie anorganische Hilfsmittel (z. B. Metallsalze und Kalk) im Einsatz. Eine Verbesserung der Entwässerbarkeit ist auch durch wesentliche Temperaturverschiebung im Klärschlamm möglich. Dies ist sowohl durch Gefrieren als auch durch Einsatz höherer Temperaturen ($> 80^\circ$ bzw. $> 200^\circ$) erreichbar.

3.5 Maschinelle Entwässerung

Für die maschinelle Klärschlamm-entwässerung stehen neben den Standardaggregaten der Dekanterzentrifuge, der Bandfilterpresse und der Filterpresse auch diverse Neuentwicklungen zur Verfügung.

Die mit hoher Wahrscheinlichkeit/Betriebssicherheit erreichbaren Ergebnisse bei der maschinellen Klärschlamm-entwässerung, unter Berücksichtigung unterschiedlicher Konditionierungsverfahren, sind in Tabelle 1 wiedergegeben. Höhere Werte sind unter Praxisbedingungen zu beweisen.

3.6 Nachbehandlung unter Zugabe von Zuschlagstoffen

Im Anschluss an die maschinelle Klärschlamm-entwässerung kann eine Nachbehandlung unter Zugabe von Zuschlagstoffen unterschiedlicher Art zu sinnvollen Lösungsansätzen für die Verwertung führen.

Dominierend ist hierbei die Zugabe reaktiver Materialien (z. B. Kalk), bei welchen in erster Linie eine Verfestigung des Materials herbeigeführt werden soll. Gleichmaßen soll für die Ausbringung auf landwirtschaftliche Nutzflächen bzw. im Landschaftsbau eine günstige Materialstruktur erzeugt werden. Je

nach örtlicher Bodenbeschaffenheit ergibt die Aufkalkung auch einen nennenswerten Düngewert.

Neben den Reaktivstoffen werden zeitweise auch andere organische oder inerte Zuschlagstoffe zugeführt, bei denen keine chemischen Reaktionen erfolgen. Problematisch ist hier die Zugabe von Filteraschen und ähnlichen Materialien, welche letztlich nichts anderes als eine Entsorgung ansonsten selbst problematischer Stoffe darstellt. Strukturbildende Materialien, wie Sande, Sägemehl oder ähnliche, stellen meist nur Ballaststoffe dar und können nur ausnahmsweise von nennenswertem Nutzen sein.

Bei der landwirtschaftlichen oder landschaftsbaulichen Nutzung kann gewünscht werden, dass der Nährstoffgehalt des Klärschlammes weitergehend durch Zugabe gezielter Düngestoffe bzw. Bodenverbesserungsmaterialien (z. B. Mineraldünger, Steinmehl u. ä.) erhöht wird.

Bei dem Endziel einer thermischen Verwertung bzw. Beseitigung kann ebenfalls sinnvoll sein, Energieträger zuzumischen (z. B. Feinkohle u. ä.). Vielfach wird im Rahmen der Zuschlagstoffbeimischung bzw. der Vermengung mit größeren Substratmengen anderer Herkunft auch eine Klärschlammkompostierung vorgenommen.

Tab. 1: Erreichbare Ergebnisse bei der maschinellen Klärschlamm-entwässerung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Konditionierungsverfahren (Annahme: Mittlere Entwässerbarkeit der Schlämme) [nach ATV-Fachausschuss 3.2]

	Konditionierungsverfahren	Zentrifugen ¹⁾ und Bandfilterpressen				Filterpressen			
		Trockenrückstand einschl. Konditionierungsmittel und Zuschlagstoffen		Laborflügelscherfestigkeit		Trockenrückstand einschl. Konditionierungsmitteln und Zuschlagstoffen		Laborflügelscherfestigkeit	
		im Mittel [%]	Streubreich [%]	im Mittel [kN/m ²]	Streubreich [kN/m ²]	im Mittel [%]	Streubreich [%]	im Mittel [kN/m ²]	Streubreich [kN/m ²]
1	Konditionierung mit Polymeren	25	18 - 30	3	1 - 5	32	28 - 38	15	8 - 30
2	Konditionierung mit Metallsalzen	bei 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							
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.

3.7 Stabilisierung im nicht-fließfähigen Aggregatzustand/Klärschlammkompostierung

Klärschlamm kann alternativ zum flüssigen Milieu (s. Abschnitt 3.2) auch im nicht-fließfähigen Zustand biologisch, insbesondere durch aerob-thermophile Abbauprozesse, stabilisiert werden.

Das Verfahren der Klärschlammkompostierung kann sowohl in geschlossenen und gesteuerten Reaktoren als auch in Mietenverfahren durchgeführt werden. Bei exakter Prozessführung wird auch hier eine weitgehende Materialentseuchung erreicht.

Zur besseren Durchlüftung des relativ kompakten Schlammmaterials, welches aus der maschinellen Entwässerung resultiert, werden vielfach strukturbildende Zuschlagstoffe zugemischt. Behauptungen, dass derartige Stoffe (z. B. Sägemehl, Papier u. ä.) benötigt werden, um das C/N - Verhältnis des Substrates zu verbessern, entbehren jeglicher Grundlage, da der mikrobielle Abbauprozess, z. B. im flüssigen Milieu, problemlos abläuft und eine weitgehende Verringerung der organischen Substanz ermöglicht.

Bei einem erheblichen Teil der insbesondere in den zurückliegenden Jahren relativ provisorisch erstellten Kompostierungsanlagen, insbesondere auch in den neuen Bundesländern, muss bezweifelt werden, dass hier wirklich qualitativ hochgradige Kompostierungsabläufe realisiert werden.

3.8 Trocknung

Bei der Trocknung wird das Wasser über das mechanisch mögliche Maß hinaus dem Klärschlamm durch thermische Einwirkung entzogen. Man unterscheidet verfahrenstechnisch die Voll- und die Teiltrocknung.

Bei der Teiltrocknung werden Trockenrückstandsgehalte von 45 bis 65% angestrebt. Bei der Volltrocknung ist ein Trockenrückstand von 90 bis 95% übliches Verfahrensziel.

Die Klärschlamm-trocknung hat durch das Inkrafttreten der Technischen Anleitung Siedlungsabfall wesentlich an Bedeutung verloren und kann nach heutiger Erkenntnis nur in Einzelfällen mit besonderem standortspezifischem Nachweis noch als sinnvoller Verfahrensschritt

der Klärschlammbehandlung empfohlen werden.

Für die landwirtschaftliche und landschaftsbauliche Klärschlammverwertung stellt die Trocknung eine unnötige Kostenbelastung dar, da das Material auch problemlos nach mechanischer Entwässerung zur Verwertung abgegeben werden kann.

Bei der thermischen Nutzung bzw. Behandlung ist der Trocknungsschritt durch Abwärmenutzung am sinnvollsten zu gestalten. Separate Trocknungsanlagen sind am ehesten dort einzusetzen, wo der Klärschlamm danach in externen Verbrennungsanlagen, insbesondere Kraftwerken, weiter verwertet werden soll.

4. Verfahren zur Konditionierung biogener Abfallstoffe

Um die bei kommunaler Sammlung anfallenden Abfallstoffe sinnvoll zu verwerten bzw. ordnungsgemäß zu beseitigen, bieten sich je nach Entsorgungsziel unterschiedliche Behandlungs- bzw. Konditionierungsschritte an, die im nachfolgenden stichwortartig beschrieben werden.

4.1 Stoffstromtrennung

Moderne Strategien der Abfallbehandlung beginnen stets mit dem Verfahrensschritt der Stoffstromtrennung, um jeweils unterschiedliche Fraktionen einer optimalen Behandlung unterziehen zu können. Die Stoffstromtrennung beginnt sinnvoller Weise bereits im Bereich der Sammlung, wo in Papier, Glas, Bioabfall und Restabfall aufgeteilt wird. Für die hier angeschnittene Thematik sind die Bioabfälle und der Restabfall von Bedeutung.

Die getrennte Bioabfallsammlung hat in den vergangenen 10 Jahren große Verbreitung erfahren und strebt eine flächendeckende Einführung an.

Bei den Bio- und Restabfällen werden nach der Sammlung weitergehende Stoffabtrennungen erforderlich. Hierzu gehören das Abtrennen von Störstoffen, wie Metalle, Restglas, Steine u.a.. Beim Restabfall wird vor und nach entsprechender Materialzerkleinerung noch eine Abtrennung der hochkalorischen Fraktion brennbarer Kunststoffe und Holzpartikel betrieben. Zielsetzung dieser weitergehenden Stoffstromtrennung ist die Minimierung der ther-

misch zu behandelnden und zu deponierenden Reststoffe sowie die optimale Qualitätssteigerung der zur Verwertung anstehenden Fraktionen.

4.2 Rohstoffzerkleinerung

Für viele Behandlungsverfahren ist eine Zerkleinerung und Homogenisierung der anfallenden Rohmaterialien obligatorisch, um dort optimale Prozessbedingungen zu ermöglichen. Insbesondere wird die spezifische Gesamtoberfläche des Materials wesentlich vergrößert; es wird besser förder- und mischbar und wird für einen biologischen oder feuerungstechnischen Angriff besser verfügbar.

Als übliche Gerätschaften zur Zerkleinerung sind Schnecken- und Schraubenmühlen, Siebraspeln, Schneidemühlen, Rotorscheren, Kugelmühlen, Kaskadenmühlen, Hammer- und Prall-Hammermühlen zu nennen. Da für die Zerkleinerung der meisten Rohmaterialien ein hoher spezifischer Kraftaufwand erforderlich ist, muss bedacht werden, dass für diesen Verfahrensschritt der Konditionierung ein nennenswerter Energieaufwand erforderlich wird.

4.3 Stabilisierung im flüssigen Milieu

Die biologische Stabilisierung von biogenen Abfällen aus der Bioabfallsammlung im kommunalen Bereich bzw. eine entsprechende Behandlung gewerblicher oder industrieller Rückstände erfolgt üblicherweise durch anaerobe Vergärung. Hierbei werden die anfallenden biogenen Abfälle mit Flüssigkeit (Frischwasser, Kreislauf- bzw. Prozesswasser) angemischt und mit einem Ausgangswassergehalt von ca. 90% in geschlossenen Faulungsreaktoren durch eine anaerobe Mischbiozönose weitgehend abgebaut. Bei diesem Prozess wird der Energieträger Biogas mit ca. 60 bis 70% Methangehalt gewonnen. Man kann dabei von ca. 0,4 bis 0,5 m³ Biogas/kg oTS an Gasausbeute ausgehen. Üblicherweise sind Faulzeiten zwischen 20 bis 30 Tagen erforderlich, um das Rohmaterial hinreichend zu stabilisieren und eine technisch wie ökonomisch hinreichende Gasausbeute zu erzielen.

Nach Durchlaufen des Faulprozesses muss das Substrat wieder maschinell entwässert werden, wofür letztlich ein wesentlicher Teil der

gewonnenen Energie erforderlich wird. Da das entwässerte Material meist noch nicht hinreichend stabilisiert ist, wird es auf einer sogenannten Nachrotte unter aeroben Prozessbedingungen weitergehend biologisch aufbereitet und danach konfektioniert. Bei dieser Verfahrenstechnik ist besonders zu beachten, dass ein erheblicher Anteil an hochbelastetem Prozessabwasser (ca. 500 l/t Rohmaterial) anfällt, welches mit vergleichsweise hohem Aufwand zu behandeln ist.

4.4 Stabilisierung im nicht-flüssigen Milieu

Die biologische Stabilisierung im nicht-flüssigen Aggregatzustand der organischen Abfallstoffe ist sowohl unter anaeroben als auch aeroben Stoffwechselbedingungen möglich. Während die sogenannte "Trockenvergärung" nur in Einzelfällen technisch realisiert wurde, stellt die aerobe Stabilisation in Form der Kompostierung das mit Abstand am häufigsten eingesetzte Behandlungsverfahren für biogene Abfälle dar.

Bei der Kompostierung werden durch exotherme aerobe Stoffwechselprozesse thermophile Reaktionstemperaturen bis über 70 °C erreicht. Neben dem biologischen Abbau wesentlicher Teile der im biogenen Material enthaltenen Kohlenstoffverbindungen wird durch das Erreichen des erhöhten Temperaturniveaus eine weitgehende Entseuchung des Materials und vielfach ein erheblicher Wasserverlust durch Verdunstung erreicht. Ziel des Verfahrens ist die Vorbereitung eines qualitativ wertvollen Sekundärrohstoffdüngers bzw. Bodenstrukturverbesserungsmaterials, welches zur stofflichen Verwertung führt.

Die Kompostierung kann in offenen Mieten oder auch geschlossenen Boxen, Containern oder Hallen erfolgen. Bei größeren modernen Anlagen findet vielfach eine Kombination aus kurzfristiger Intensivrotte in geschlossenen und gesteuerten Reaktoren mit nachgeschalteter Endrotte auf offenen Mieten statt. Hierdurch wird die gewünschte Entseuchung durchgehend sichergestellt und die Gesamtdauer des Verfahrens reduziert. Die vorgenannte "Trockenvergärung" findet analog in ihrer Intensivstufe unter anaeroben

Bedingungen, ebenfalls in geschlossenen Reaktoren, statt. Anschließend wird üblicherweise eine Mieten-

kompostierung ausgeführt, bevor das Material zur Verwertung konfektioniert wird.

4.5 Mechanische Entwässerung

Bei der Behandlung biogener Abfälle, welche als Rohstoffe im nicht-flüssigen Aggregatzustand vorliegen, kommt eine mechanische Entwässerung nur in Betracht, wenn diese zum Zwecke der Nassvergärung angemaischt wurden und nach Durchlaufen des Faulprozesses einer Fest-Flüssig-Trennung zu unterziehen sind. Wegen der relativ großen Partikel in dem zu trennenden Stoffgemisch werden für diesen Anwendungszweck hauptsächlich Dekanter-zentrifugen oder Schraubenpressen für die Entwässerung eingesetzt.

4.6 Entseuchung

Analog zu Abschnitt 3.3 wird auch im Bereich der festen Abfallstoffe eine weitgehende Entseuchung der Materialien vor deren stofflicher Verwertung angestrebt. Die Methode der Wahl ist auch hier die Nutzung des thermophilen Temperaturniveaus bei der exothermen Kompostierung.

In Sonderfällen kann eine Entseuchung auch bei anaerob-thermophiler Vergärung oder Hygienisierung im Autoklaven erreicht werden. Letztere ist bei der Verwertung von Abfällen aus Essensresten und der Tierkörperverwertung obligatorisch vor der hier meist angewandten Co-Fermentierung durchzuführen.

4.7 Biologische und thermische Trocknung

Durch geschickte Nutzung der exothermen Verfahrensbedingungen kann eine weitgehende Austrocknung bzw. sogenannte "Trockenstabilisierung" biogener Abfallstoffe erreicht werden. Diese Trocknungsart kann additiv durch thermische Trocknung mittels Fremdenergie unterstützt bzw. alternativ ausgeführt werden.

Die Herstellung von sogenannten Trockenstabilaten kann sinnvoll mit Mischmüll, aber auch mit energiereichen Teilfraktionen ausgeführt werden. Das thermisch "pseudostabilisierte" Material wird üblicherweise in Großballen gepresst und kann im lagerfähigen Zu-

stand als Ersatzbrennstoff einer thermischen Nutzung zugeführt werden.

4.8 Kompaktierung/Pelletierung

Zur Herstellung sogenannter Ersatzbrennstoffe sind Aufbereitungstechnologien notwendig, die mittels Stoffstromtrennung und Wassernutzung ein hochkalorisches Material erzeugen, welches den vorgegebenen Mindestheizwert von H_u größer 17.000 kJ/kg besitzt.

Um das Material darüber hinaus unbegrenzt lagern, fördern und problemlos den angestrebten thermischen Behandlungsstufen zuführen zu können, ist je nach Technologie der thermischen Nutzung eine Kompaktierung oder gar Pelletierung bzw. Brikettierung des Materials sinnvoll bzw. erforderlich. Der für diesen Konditionierungsschritt erforderliche spezifische Energieaufwand ist um so höher, je kleiner die entstehenden Gebinde bzw. kompaktierten Pellets hergestellt werden.

5. Einsatz der konditionierten Materialien als Brennstoffe und Aspekte der ganzheitlichen Energiebilanzen

Es steht außer Zweifel, dass alle biologisch stabilisierbaren Abfallstoffe, wie Klärschlämme und kompostierbare Teilströme des Hausmülls, in ihrer Entstehungs- bzw. ursprünglichen Sammlungsform einen Energiegehalt besitzen, der nicht einmal eine energieautarke Verbrennung ermöglicht. Dies liegt in den hohen Wassergehalten der jeweiligen Stoffgemische begründet. Bei Klärschlamm muss nach Sedimentation des Flüssigschlammes mit einem Wassergehalt von ca. 95% gerechnet werden. Biogene Abfallstoffe aus dem Hausmüll liegen bei ca. 70% (mindestens 60%) Wassergehalt. Hieraus ist generell zu schließen, dass bei einer sinnvollen Nutzung dieser Materialien als Ersatzbrennstoffe hohe energetische Aufwendungen für eine mechanische Entwässerung bzw. eine Trocknung erforderlich werden. Bei festen Abfallstoffen ist weiterhin eine Zerkleinerung und eventuell eine Kompaktierung bzw. Pelletierung erforderlich, wofür ebenfalls erhebliche Energieaufwendungen zu erbringen sind.

Unter ganzheitlichen Gesichtspunkten ist demzufolge stets ein Energieinput erforderlich, um die zu entsorgenden biogenen Abfälle einer

thermischen Behandlung zu unterziehen. Dass es sich hierbei gemäß Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz um ein Verfahren der Entsorgung zur "Beseitigung" handelt und nicht um eine "thermische Verwertung" dürfte damit hinreichend belegt sein. In diesem Zusammenhang kann allenfalls das Prädikat der "thermischen Nutzung" der in den zu beseitigenden Abfallstoffen enthaltenen Energien herangezogen werden.

Trotz der Erzeugung/Konditionierung von brennbaren Stofffraktionen aus Klärschlamm, getrennt gesammelten biogenen Abfallstoffen bzw. aus Müll/Restmüll zielen diese Verfahren stets auf die Entsorgung durch Beseitigung ab und nicht auf eine Verwertung. Da die aktuelle Gesetzeslage jedoch eine Verwertung der genannten Stoffe präferiert, ist hier für die Entsorgungspflichtigen ein flächenhaftes Dilemma mit erheblicher Rechtsunsicherheit gegeben.

Unter den Gesichtspunkten der Bodenschutzgesetzgebung und der gegebenen Restrisiken bei einer stofflichen Verwertung ist in der aktuellen Rechtsdiskussion bisher ungeklärt, ob sich aus den Forderungen der Abfallgesetzgebung wirklich eine "Verwertungspflicht" ableiten lässt.

Literatur

ATV-Fachausschuss 3.2: Arbeitsbericht "Maschinelle Schlammmentwässerung", Korrespondenz Abwasser, S. 271-285 (1995)

Kontakt

Dr.-Ing. Ulrich Loll
Institut für Technischen Umweltschutz (ITU)
Sachsenstraße 1A, D-64297 Darmstadt
Tel.: + 49 (0) 6151/55034
Fax: + 49 (0) 6151/55035

»

Energetische Nutzung biogener Abfälle

von L. Leible, E. Nieke, A. Arlt, H. Seifert, B. Fürniß, Forschungszentrum Karlsruhe (ITAS bzw. ITC-TAB)

Es werden Zielsetzung, Aufbau und erste Ergebnisse aus einer Studie von ITAS zum Themenbereich Energiegewinnung aus biogenen Abfällen vorgestellt. Dabei wird Bezug auf aktuelle Entwicklungen in der Abfallwirtschaft genommen und Daten zum Aufkommen der biogenen Abfälle präsentiert. Dem Themenbereich Erfassung und Transport (Logistik) und der Aufbereitung (Konditionierung) der biogenen Abfälle zu Brennstoffen ist ein Schwerpunkt gewidmet. Abschließend werden erste Abschätzungen zum Stand und Potential der Stromgewinnung aus biogenen Abfällen gegeben.

1 Bedeutung und Zielsetzung

Die Entwicklungschancen aber auch -risiken, die im Zusammenhang mit der energetischen Nutzung von biogenen Abfällen gesehen werden, müssen v.a. vor dem Hintergrund von zwei derzeit erkennbaren Entwicklungen diskutiert werden. Zum einen sind dies die aktuellen Entwicklungstendenzen und die Zielsetzungen, die bei der Verwertung und Entsorgung von Abfällen zu beobachten sind bzw. verfolgt werden. Zum zweiten zielen aktuelle politische Bestrebungen darauf ab, den Anteil der erneuerbaren Energieträger an der Energieversorgung deutlich zu erhöhen. Dabei wird den biogenen Energieträgern eine dominante Rolle zugerechnet.

Auf nationaler Ebene ist hier vor allem die TASI (Technische Anleitung Siedlungsabfall, 1993) zu nennen, die ab 2005 – bei strenger Auslegung – eine Deponierung biogener Abfälle untersagt bzw. nur nach thermischer Behandlung erlaubt (vgl. Beitrag von K. Fricke). Zunehmend muss auch zur Kenntnis genommen werden, dass die Vermarktung der in steigendem Maße produzierten Kompostmengen – und somit die stoffliche Nutzung von biogenen Abfällen – an Grenzen stößt. Ähnlich bedenklich ist die festgestellte, zunehmende Überdüngung