Kombination von Müll- und Klärschlammverwertung

Autor(en): **Wuhrmann, Karl A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **71 (1979)**

Heft 9

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-941452

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Kombination von Müll- und Klärschlammverwertung

Karl A. Wuhrmann

Résumé: Valorisation commune des ordures et des Boues d'assainissement

Le traitement joint des déchets communaux, soit ordures et boues d'assainissement, en vu de la substitution d'énergie ou d'engrais est en principe bien connu et caracterisé par le fait que l'exédent d'énergie dans les ordures est compensé par le manque d'énergie dans les boues. Quant aux nutritifs, la corrélation est inverse.

Cet article spécifie les conditions de traitement commun par compostage, incinération plus séchage et incinération complète. Les bilans d'énergie nous montrent, cas échéant, la nécessité de la déshydratation en cas de débits équivalents, ainsi que les flux de transfer d'énergie pour les deux méthodes avec ou sans formation d'odeurs nauséabondes. La seconde méthode se compose de l'incinération à haute température et de l'évaporation hermétique. Les méthodes qui engendrent des odeurs sont favorisées par des investissements modérés, mais désavantagées par une augmentation de frais sociaux et d'exploitation, ainsi que d'une consommation additionnelle d'énergie.

Synopsis:
Joint valorization of refuse and sewage sludge

Joint treatment of refuse and sewage sludge in view of either energy or fertilizer substitution is a well-known problem, characterized by the fact that the energy surplus in refuse is compensated by the energy deficit of the sludge. The ratio is inverted as far as the nutrients are concerned.

This article describes the conditions for joint treatment by composting, incineration plus drying and total incineration. Energy balances reveal the necessity of additional dewatering in case of equivalent waste loads as well as different energy transfer fluxes depending on the two types of processes with and without formation of offensive-smelling substances. The latter type of processes is restricted to high temperatures or hermetic evaporation. The first type ist usually exemplified by the fluidized bed incinerator, the latter by evaporators. Processes of the odour-producing type are favoured by lesser investment, but hampered by additional social or operational cost as well as energy input.

Müll und Klärschlamm sind Siedlungsabfälle mit mehr oder weniger ausgeprägtem Anteil an Gewerbe- und Industrieabfällen. Ihrer Eignung als Dünger aufgrund des Nährstoffgehaltes und der organischen Stoffe stehen das unterschiedliche Vorkommen von Schadstoffen wie Schwermetallen und chlorierten Kohlewasserstoffen gegenüber.

Daher werden die Unterbringungs- und Verwertungsmöglichkeiten unterschiedlich eingeschätzt, wobei aber immer wieder auf die ergänzenden Eigenschaften der beiden Abfallarten hingewiesen wird:

1. Klärschlamm reichert die im Müll nur kärglich vorhandenen Pflanzennährstoffe an.

2. Müll besitzt einen Heizwert, der einen Teil des Schlammwassers zu verdampfen vermag.

Aus diesen Wechselbeziehungen wurden verschiedene Verfahren abgeleitet, die sich in solche mit Ziel Nährstoffverwertung, solche mit Ziel Energienutzung und solche, die beide Ziele anstreben, einteilen lassen. Des weiteren können wir unterscheiden nach Verfahren, bei denen die Mischung der beiden Abfallarten zu Beginn im Verlauf oder am Ende des Prozessablaufes erfolgt. In nachstehender Übersicht sind auch die heute üblichen Verfahren für die Prozessstufen angedeutet.

Die Systemwahl richtet sich meist nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Diese sind aber ihrerseits von örtlichen Randbedingungen abhängig, die gleichzeitig die Erlösmöglichkeiten für die Endprodukte Energie, Kompost und Trokkenschlamm bestimmen. Ferner ist von Bedeutung die Massenzuordnung von Müll und Klärschlamm, die sich aus den diesbezüglichen Einzugsgebieten, somit aus den Einwohnerdichten im Müllsammelgebiet und im Kanalisationsrayon ergeben.

Sind die Sammelgebiete für Müll und Klärschlamm identisch, so folgt eine einfache Kostenrechnung, da die Kostenaufteilung in Müll einerseits und Klärschlamm anderseits entfällt. Ist dies jedoch nicht der Fall, so müssen die einzelnen Prozessschritte, wie auch die Kostenvor- und Nachteile der beiden Komponenten einzeln errechnet werden. In der Gruppe 4 «Energie-Transfer» mit getrennten Stoffläufen stellt sich die Frage des Wertes der transferierten Energie. Dieser hängt wiederum von den örtlichen Verhältnissen ab, da in der Wirtschaftlichkeit der Wärme- und der Stromerzeugung grosse Unterschiede bestehen, besonders da die erstere auf dem Vorhandensein eines Abnehmers in angemessener Nähe basiert.

Ein wichtiger Kostenparameter ist das Wasser in den Abfällen, da es die Verarbeitungsmenge, mithin Kapazität und Fixkosten der Verarbeitungsanlage sowie die Transportkosten beeinflusst. Anderseits ist sein Wert im Endprodukt negativ, sofern man von ariden Ländern absieht, in denen auch unreines Wasser noch einen gewissen, wenn auch ökologisch manchmal fragwürdigen Wert besitzt.

Da die Kosten des Wasserentzuges grundsätzlich mit den

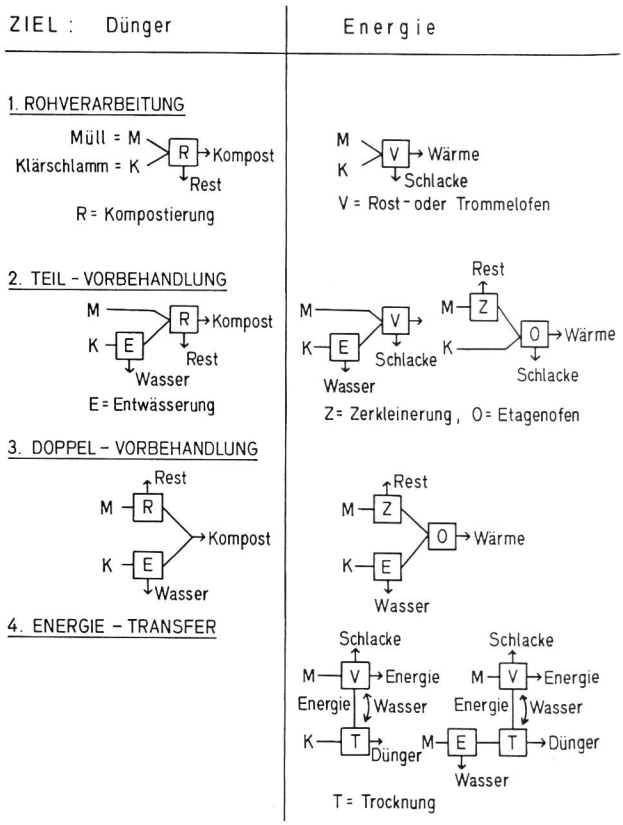

Bild 1. Die beiden Zielvorstellungen Dünger und Energie.

Wasserbindungskräften wachsen, sind zunächst Systeme begünstigt, die mit hohen Wassergehalten, vor allem im Klärschlamm, fertig werden. Zweck des folgenden Abschnittes ist es, die technisch erforderlichen Entwässerungsgrade für variable Massezuordnung von Müll und Klärschlamm aufzuzeigen.

Kompostierung heisst Homogenisierung des Abfalls durch aeroben, teilweisen Abbau der organischen Substanzen. Sofern nicht durch massiven Energieeintrag die abzubauende Masse ständig gelockert und umgewälzt wird zur Freihaltung der sauerstoffzehrenden grossen Oberflächen, ist das Edukt so aufzubereiten, dass es genügend Poren und Luftkanäle aufweist, um in ruhendem Zustand hinreichenden Stoffaustausch zu ermöglichen. Müll hat diese Eigenschaft bei mässigem Wassergehalt auch nach Zerkleinerung und Siebung. Die Zugabe von Klärschlamm erhöht grundsätzlich den Wassergehalt der Mischung und schwächt ihre Struktur. Das Gut neigt zur Verpappung, nicht zuletzt auch unter der Wirkung der Schlammfeinstoffe.

Für die statische Rotte kann daher unter Voraussetzung durchschnittlicher Müll- und Klärschlammeigenschaften eine Grenzfunktion der Stoffanteile ermittelt werden. Sie besagt im wesentlichen, dass das Gemisch einen gewissen Wassergehalt *GW* nicht übersteigen darf, der seinerseits mit wachsendem Anteil an Feinstoffen kleiner wird. *GW* variiert dabei zwischen 40 und 60 %.

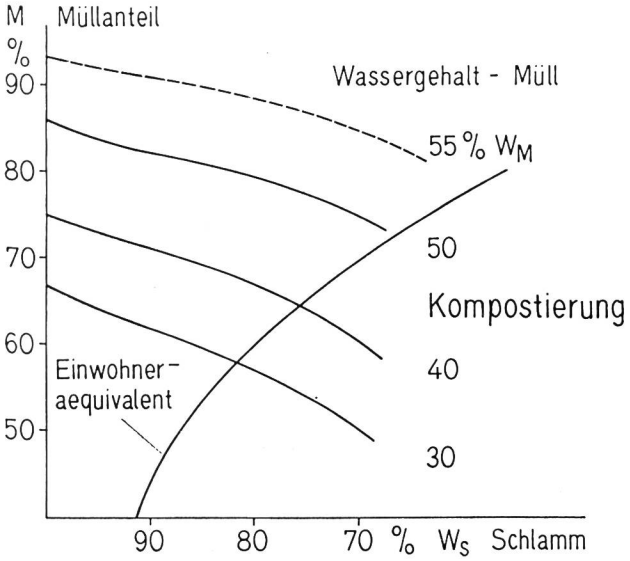

Bild 2. Der Zusammenhang zwischen Müllanteil und Schlammanteil und Wassergehalt.

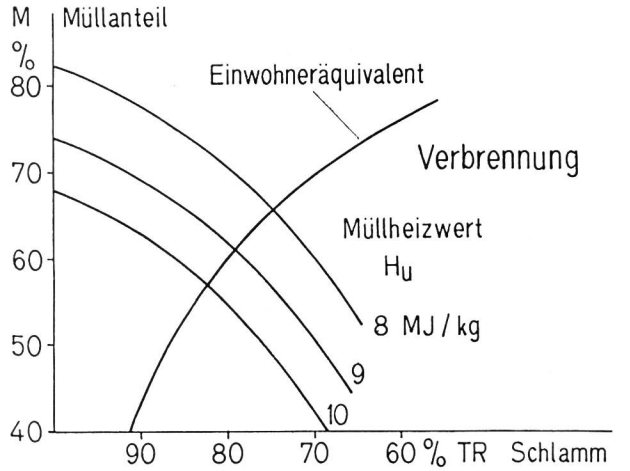

Bild 3. Der Zusammenhang zwischen Müllanteil, Schlammanteil und Müllheizwert.

$GW = 0{,}6 - 0{,}2\,(1 - M)$

M Müllanteil im Gemisch

Müll und Klärschlamm haben veränderliche Wassergehalte, wobei nur der letztere in gewissen Grenzen ohne grossen Energieaufwand gesenkt werden kann.

W_M Wassergehalt Müll

W_S Wassergehalt Schlamm

$GW = MW_M + (1 - M)\,W_S = 0{,}6 - 0{,}2\,(1 - M)$

Für einen bestimmten Wassergehalt des Mülls lässt sich so der zulässige Schlammanteil $1 - M$ feststellen, wenn der Wassergehalt des letzteren unveränderlich ist oder das Ausmass der Entwässerung, wenn die Zuordnung Müll zu Klärschlamm gegeben ist, z.B. durch die Einwohneräquivalente. Diagramm 2 zeigt die Zusammenhänge, insbesondere das Ausmass der Entwässerung, wenn der Müll feucht ist wie z.B. im Herbst. Mit anderen, homogeneren und trokkeneren Abfällen als Müll verbessern sich die Aussichten, ohne Entwässerung des Schlammanteils aerobe Abbaubedingungen zu erreichen. Bei einem Wassergehalt des Schlamms von etwa 70 % endet die Anwendbarkeit der mechanischen Entwässerung. Tiefere Wassergehalte erfordern massiven Energieeintrag durch Wärme. Man gelangt damit in das Gebiet der Trocknung und der gemeinsamen Verbrennung.

Auch für die gemeinsame Verbrennung sind Grenzfunktionen gegeben, wenn man von der Verwendung von fossilen Brennstoffen Umgang nehmen will. Als Kriterium für selbständige Verbrennung bei hinreichend hohen Temperaturen zur Vermeidung geruchtragender Rauchgase kann der Brennstoff-Heizwert H_{uG} von 6 MJ/kg gelten. Anstelle des variablen Wassergehaltes des Mülls nehmen wir in diesem Fall seinen variablen Heizwert H_{uM}. Derjenige der Schlamm-Trockensubstanz kann näherungsweise als konstant bei 16 MJ/kg angenommen werden.

$H_{uG} = M - H_{uM} + (1 - M)\,[(1 - W_S)\,16 - 2{,}5\,W_S]$

Diagramm 3 stellt diese Grenzbedingungen dar, wobei ein mittlerer Müllheizwert von 9 MJ/kg während der grössten Zeit des Jahres angenommen werden kann. Auch hier zeigt sich, dass Entwässerungsgrade bis zu 70 % für äquivalente Verarbeitung erforderlich sind.

Nebenerscheinungen der gemeinsamen Verarbeitung von Müll und Klärschlamm können in diesem Rahmen nicht zur Sprache kommen, obwohl sie für das Gelingen wichtig sind. Es ist aber deutlich die entscheidende Rolle der Schlammentwässerung bei jedem derartigen Konzept ersichtlich.

Bei der technischen Realisierung kombinierter Systeme für die thermische Behandlung von Müll und Klärschlamm wird auf den örtlichen Gegebenheiten aufgebaut:

Anlagegrösse
Wärmenutzung durch Dritte wirtschaftlich
Stromnutzung wirtschaftlich
Düngernutzung unbedenklich und wirtschaftlich

Wir können unter folgenden Verfahrensklassen wählen: Schlammverbrennung, Schlammtrocknung mit Luft, Schlammtrocknung ohne Luft.

Beim System Müllverbrennung/Schlammverbrennung erfolgt der Energietransfer durch Rauchgas, entweder im gleichen Feuerraum für beide Brennstoffe (gemeinsame Verbrennung) oder in separaten Öfen, wobei die Rauchgase der Schlammverbrennung die Schlammtrocknung übernehmen können. Die dabei eintretende Beladung mit Geruchstoffen zwingt in der Regel zur Rückführung dieser Rauchgase in den Müllofen oder zu einer anderweitigen oxidativen Entgeruchung.

Damit dieser Prozess geruchlos arbeitet, muss die Rauchgastemperatur nach dem Müllofen über 800 °C liegen. Es ist daher eine Rauchgaskühlung nachzuschalten und die zur Stützung der Schlammverbrennung verfügbare Enthalpie ergibt sich rechnungsmässig zu zirka 10 % des Wärmeumsatzes bei den betrieblich günstigen Feuerraumtemperaturen (Bild 4).

Die Klärschlammtrocknung kann in ähnlicher Weise mit der Müllverbrennung gekoppelt werden mit dem Unterschied, dass der Klärschlammtrockner im Gleichstrom arbeitet und daher grössere spezifische Wärmetauschflächen freizuhalten hat, und dass die Heizenergie des Schlammes entfällt. Zur Verarbeitung äquivalenter Abfallmengen sind diese Systeme ungeeignet.

Dagegen bieten Systeme mit nur einseitigem Rauchgastransfer relativ höhere Trocknerleistungen (Bild 5).

Die Trocknung mittels Luft oder Rauchgasen ist gekennzeichnet durch die Stickstoffmassen, deren Entgeruchung einen erheblichen apparativen und energetischen Aufwand erfordert. Dieser sinkt auf wenige Prozente zusammen, wenn man auf die Verdampfung des Schlammwassers unter Luftabschluss übergeht.

Schlammtrocknung ohne Luft ist bei verschiedenen Drükken und Temperaturen möglich. Die entstehenden Brüden bestehen vorwiegend aus Wasserdampf und können somit kondensiert werden. Nur ein kleiner Teil an ausgetriebenen Gasen muss gasförmig abgeführt und entgerucht werden, z.B. im Müllofen. Die Prozessdaten richten sich nach thermodynamischen und praktischen Gesichtspunkten, unter den ersteren z.B. die wirtschaftlichen Temperatursprünge im Verdampfer, unter den letzteren die Möglichkeiten der Ein- und Ausschleusung von flüssigem oder stichfestem Schlamm (Bild 6).

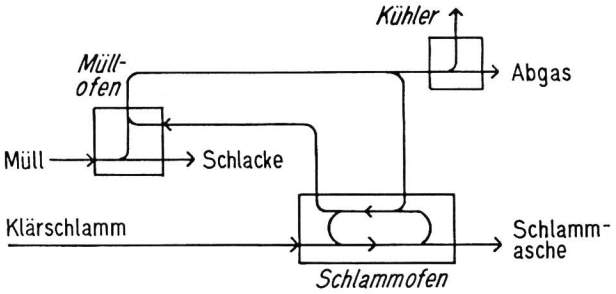

Bild 4. Der Energiefluss bei Rauchgasrückführung.

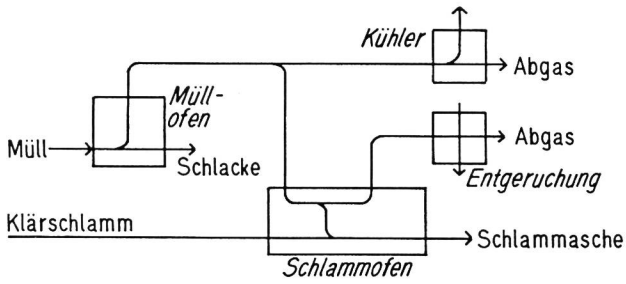

Bild 5. Der Energiefluss ohne Rauchgasrückführung.

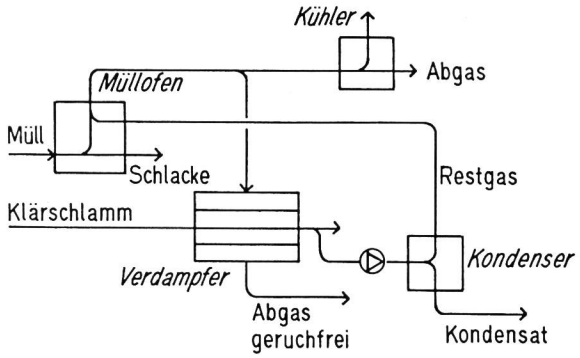

Bild 6. Schlammwasserverdampfung mit Rauchgas.

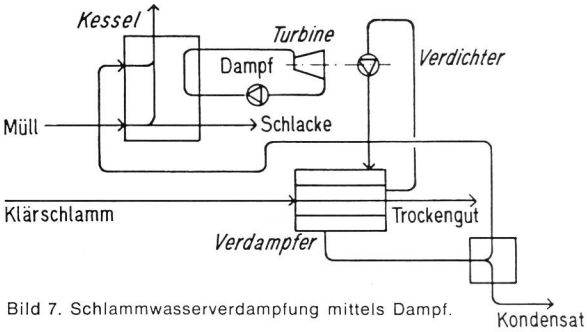

Bild 7. Schlammwasserverdampfung mittels Dampf.

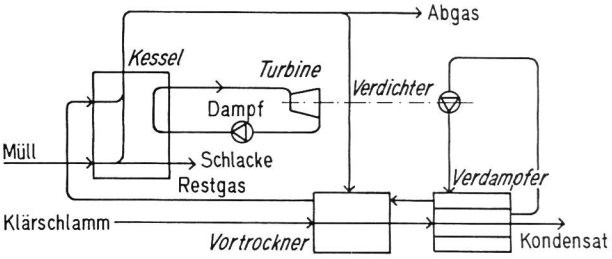

Bild 8. Schlammwasserverdampfung mittels Rauchgas und Brüdenverdichtung.

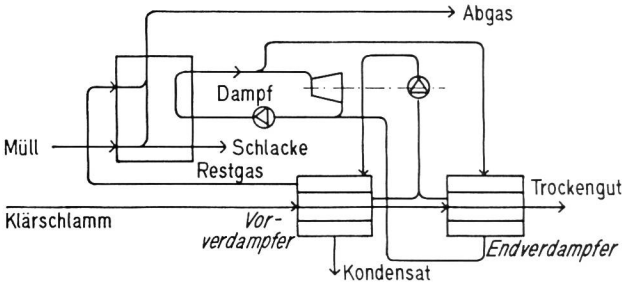

Bild 9. Schlammwasserverdampfung mittels Dampf und Brüdenverdichtung.

Solche Systeme erfordern eine Brüdenverdichtung, z.B. mittels Vakuumpumpe, Ejektor oder Injektor. Dabei ist eine wesentliche Verbesserung des Trocknerwirkungsgrades möglich, in dem die Kondensationswärme zur Verdampfung des Schlammwassers herausgezogen wird. Im Extremfall arbeitet ein solches System, abgesehen von der Anfahrperiode, ohne Wärmezufuhr. Es bietet sich somit da an, wo die Müllenergie ohnehin zu Strom verarbeitet wird (Bild 7).

Es sind aber auch Hybridsysteme möglich, die bei geringerem thermischem Wirkungsgrad kostspielige Bauteile zu vermeiden oder zu verkleinern gestatten.

Ein Beispiel mit Verwendung von Rauchgas zeigt Bild 8. Ein Beispiel mit Verwendung von Dampf ist in Bild 10 dargestellt.

Im Gegensatz zur klassischen Verdampfungstechnik, die auf hochwertige Güter und hochwertige Energie ausgerichtet ist, sind bei der Müll-Klärschlamm-Kombination Wirtschaftlichkeitsüberlegungen anzustellen, welche der Optimierung der Thermodynamik die Optimierung der Kapitalkosten gegenüberstellen. In einem Lande, wo Inselbetriebe eher selten sind, vervielfachen sich die Möglichkeiten der Optimierung noch dadurch, dass alternative Energienutzung, z. B. in Verbindung mit Faulanlagen, wie auch alternative Klärschlammunterbringung in die Rechnung eingehen.

Adresse des Verfassers: Karl A. Wuhrmann, dipl. Ing. ETH, EAWAG, Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf.