

Klimarelevanz und Energieeinsparung beider Kompostierung

Ist die Kompostierung von Abfällen vor dem Hintergrund der Klimadiskussion noch aktuell?

Die Vergärung von biogenen Abfällen scheint wegen der Energiegewinnung bei diesem Verfahren im Vergleich zur Kompostierung äußerst interessant zu sein. Wird die Vergärung als Verfahren jedoch genauer betrachtet, so ist festzuhalten, dass sie aktuell aus wirtschaftlichen Gründen noch nicht vollständig überzeugen kann, da im Vergleich zur Kompostierung die Investitionskosten einer Vergärungsanlage deutlich höher liegen. Auch im Hinblick auf die Klimarelevanz von Kompostierung und Vergärung scheint es so, dass die Kompostierung hier etwas vorteilhafter abschneidet, trotz des Energiegewinns bei der Vergärungsanlage und der Substitution von fossilen Brennstoffen durch dieses Verfahren.

Ökologischer Vergleich von Verfahren zur Behandlung von biogenen Abfällen

Eine Untersuchung der EPEA in Kooperation mit dem VHE vom April 2008 [1] hat unter anderem die Klimarelevanz verschiedener Behandlungsverfahren für biogene Abfälle untersucht. Auf dem Prüfstand standen

- Kompostierung,
- Vergärung und
- Verbrennung.

Im Rahmen der nachfolgenden Betrachtungen soll die Alternative „Verbrennung“ nicht weiter verfolgt werden, da sie zwar den höchsten Energiegewinn verspricht, allerdings der Vorteil der beiden anderen Verfahren, nämlich die nachhaltige Verbesserung der Böden, mit ebenfalls positiven Effekten im Hinblick auf die Klimarelevanz, verloren geht.

Die genannte Untersuchung kommt für die beiden Verfahren Kompostierung und Vergärung im Hinblick auf die Klimarelevanz trotz des Vorteils der Substitution fossiler Energieträger bei der Vergärung zum Ergebnis, dass die Kompostierung in diesem Punkt etwas günstiger abschneidet. Die Gründe hierfür sind im wesentlichen höheren Anteil an Emissionen der klimarelevanten Gase Methan und Lachgas, die bei der Vergärung zwangsläufig nach der Entnahme des Gärprodukts aus dem Gärreaktor entweichen, zu sehen.

Die nachfolgende Tabelle ist der o.g. Studie entnommen, die Variante Verbrennung biogener Abfälle ist in der unten dargestellten Fassung der Tabelle jedoch nicht enthalten, sie zeigt die klimarelevanten Emissionen von Kompostierung und Vergärung in [Mio. Mg CO₂/a] unter der Voraussetzung, dass die Gesamtmenge biogener Abfälle in Höhe von 17,6 Mio. Mg/a (Menge in Deutschland) vollständig mit dem jeweiligen Verfahren behandelt wird.

Die o.g. Studie kommt somit zum Ergebnis, dass die Kompostierung im Hinblick auf die Klimarelevanz besser abschneidet als die Vergärung, was im wesentlichen auf die diffusen Lachgas- und Methanemissionen bei der Vergärung zurückzuführen ist.

Tabelle 1: Ermittlung der vermiedenen CO₂-Emissionen für Kompostierung und Vergärung [Mio. Mg CO₂/a] aus [1]

	Kompostierung	Vergärung
Durch den Prozess bedingte Emissionen	1,33	1,98
Lachgas und Methan	0,84	1,89
Betrieb der Anlage	0,49	0,09
Durch den Prozess vermiedene Emissionen	2,54	3,02
Humusbindung von Kohlenstoff	2,26	2,36
Produktion von Düngemitteln	0,28	0,20
Fossile Energiegutschriften	0,00	0,46
Vermiedene klimarelevante Emissionen	1,22	1,05

Auffallend ist jedoch auch, dass für die Kompostierung ein relativ hoher Anteil an CO₂-Emissionen für den Anlagenbetrieb angesetzt wurde, rund 37 % der klimarelevanten Emissionen sind hierauf zurückzuführen. Der Energiebedarf eines Kompostwerks liegt demnach im Bereich zwischen 30 und 60 kWh/Mg Inputmaterial. Im Rahmen der zitierten Studie wurde ein mittlerer Wert von 45 kWh/Mg gewählt, was erfahrungsgemäß in einer realistischen Größenordnung liegt, wobei dieser Wert stark abhängig von der gewählten Anlagentechnik ist (Stichworte: Einhausungsgrad, Mechanisierungsgrad).

Energiekosten bei der Kompostierung

Der Energieverbrauch bei der Kompostierung ist ein nicht vernachlässigbarer Kostenfaktor. Bei einer Anlage mit einer Durchsatzleistung von 20.000 Mg/a ergäbe sich mit dem o.g. mittleren spezifischen Energiebedarf ein Energieverbrauch von rund 900.000 kWh/a, wodurch Kosten in Höhe von 135.000 €/a bzw. 6,75 €/Mg (bei 15 ct/kWh) verursacht werden. Jeder Cent Preissteigerung bei den Energiekosten bedeutet in diesem Fall zusätzliche Ausgaben in Höhe von 9.000 €/a bzw. 0,45 €/Mg.

Werden durchschnittliche Behandlungskosten bei Bioabfall von etwa 50 – 70 €/Mg (Mittlerer Wert in Deutschland) zugrunde gelegt, so liegen die Energiekosten bei einem Anteil von etwa 10 % der Behandlungskosten – mit deutlich steigender Tendenz.

Energieeinsparungen durch betriebliche und technische Optimierung des Anlagenbestands

Als wesentliche Energieverbraucher in Kompostwerken kommen, je nach Anlagentyp in veränderter Wichtigung, folgende Bereiche in Frage:

- Be- und Entlüftung von Kompost und Hallen,
- Zerkleinerung der Abfälle,
- Umsetzen der Mieten,
- Transport des Kompostes innerhalb der Anlage.

Erfahrungsgemäß können einige dieser energierelevanten Bereiche deutlich sparsamer betrieben werden, wenn die jeweiligen technischen und betrieblichen Randbedingungen entsprechend optimiert werden.

Auf betrieblicher Basis können solche Einsparungen oft ohne zusätzlichen Kostenaufwand realisiert werden. Dies setzt allerdings zunächst eine umfassende Bestandsaufnahme des Betriebs und der betrieblichen Abläufe voraus. Hierauf aufbauend können dann die Möglichkeiten zur Optimierung aufgezeigt werden. Die Optimierung des Anlagenbetriebs ergibt in der Regel nicht nur eine Einsparung im energetischen Bereich, oft können in Folge der Optimierung auch die verfügbare Fläche und die eingesetzten Maschinen besser ausgenutzt werden, so dass bei sonst gleichen Randbedingungen eine Erhöhung der Durchsatzleistung möglich ist.

Auch bei der Anlagentechnik ist durch angepasste Optimierungsmaßnahmen eine Verringerung des Energieverbrauchs in den meisten Fällen möglich. In der Regel sind hier jedoch Investitionskosten erforderlich, so dass im Rahmen einer Kosten-/Nutzenanalyse zu klären ist, ob eine solche energetische Optimierung im technischen Bereich auch wirtschaftlich umzusetzen ist.

Beispiel 1: Offene Mietenkompostierung

Bei einer Grüngutkompostierungsanlage mit dem Schwerpunkt Erzeugung von Biomassebrennstoff ist der Feinanteil aus der Biomasseerzeugung bisher auf Trapezmieten zur Rotte aufgesetzt worden. Die Umsetzung der Mieten erfolgte in einem etwa wöchentlichen Rhythmus mittels Radlader. Die Rottedauer betrug mindestens 4 Wochen für einen in der Landwirtschaft absetzbaren Frischkompost mit Rottegrad 2-3. Aufgrund der feinen Struktur des Materials sowie dem für dieses Material zu langen Umsetzzyklus kam es zum Teil zu erheblichen Geruchsbelästigungen beim Umsetzen oder der Ausbringung des Materials in der Nähe von Ortschaften.

Primär zur Verbesserung des Rottevorgangs und somit zur Verbesserung der Geruchsemissionssituation wurde das Feinmaterial zunächst versuchsweise zu Dreiecksmieten mit einer Breite von 5m und einer Höhe von ca. 2,5 m aufgesetzt und mittels Mietenumsetzgerät in den ersten beiden Wochen der Rotte dreimal wöchentlich umgesetzt. Im Ergebnis war der Rottegrad 2-3 bereits nach diesen 2 Wochen sicher erreicht worden. Darüber hinaus sind die Geruchsbelästigungen im Umfeld der Anlage trotz des häufigen Umsetzens spürbar zurückgegangen, was nicht zuletzt auch auf die Verbesserung der Geruchsqualität infolge der Vermeidung von anaeroben Bereichen zurückzuführen war.

Auch im Hinblick auf den Energieverbrauch konnte trotz des häufigen Umsetzens eine Einsparung an Dieselmotorkraftstoff in der Größenordnung von 25 % erzielt werden, wie in nachfolgender Tabelle aufgezeigt wird. Damit lässt sich die CO₂-Emission infolge des Umsetzens um rund 7.600 kg/a verringern.

Nicht zu vernachlässigen ist auch die Tatsache, dass sich die Rottezeit deutlich verringert hat. Dies bedeutet, dass

- auf der gleichen Fläche bis zur doppelten Menge verarbeitet werden kann (Erhöhung der Durchsatzleistung),
- auf der praktisch frei gewordenen Fläche andere betriebliche Leistungen erbracht werden können,
- oder eine Erweiterung der Fläche eingespart wird.

	Radlader	Umsetzgerät
Inputmenge gesamt	72.000 m³/a	
Rottedauer	4 Wo	2 Wo
Mietenvolumen pro Rottezyklus	6.000 m³	
Umsetzleistung	300 m³/h	1.500 m³/h
Umsetzdauer pro Umsetzvorgang	20 h	4 h
Umsetzvorgänge	4 h	6 h
Betriebsstunden pro Rottezyklus	80 h	24 h
Kraftstoffverbrauch pro Betriebsstunde	12 l/h	30 l/h
Kraftstoffverbrauch pro Rottezyklus	960 l	720 l

Einsparung pro Rottezyklus	240 l
	25%
Einsparung gesamt	2.880 l
CO2 Produktion pro Liter Dieseldieselkraftstoff	2,63 kg/l
CO2 Einsparung pro Jahr	7.580 kg

Auch im Hinblick auf die Kosten ist der Betrieb eines Mietenumsetzgerätes im Vergleich zum Radlader durchaus interessant. Bei 12 Umsetzzyklen (wie im Beispiel) ergäbe sich für den Radlader eine jährliche Betriebsdauer von 960 h, im Vergleich zum Mietenumsetzer mit rund 290 h/a.

	Radlader	Umsetzgerät
Inputmenge gesamt	72.000 m³/a	
Rottedauer	4 Wo	2 Wo
Mietenvolumen pro Rottezyklus	6.000 m³	
Umsetzleistung	300 m³/h	1.500 m³/h
Umsetzdauer pro Umsetzvorgang	20 h	4 h
Umsetzvorgänge	4 h	6 h
Betriebsstunden pro Rottezyklus	80 h	24 h
Betriebsstunden pro Jahr	960 h	288 h
Kraftstoffverbrauch pro Betriebsstunde	12 l/h	30 l/h
Kraftstoffverbrauch pro Jahr	11.520 l	8.640 l

Personalkosten 35 €/h	33.600,00 €	10.080,00 €
Kraftstoffkosten 1,20 €/l	13.824,00 €	10.368,00 €
Betriebskosten (ohne Wartung und Reparatur)	47.424,00 €	20.448,00 €
Mehr-/Minderkosten Umsetzgerät	-26.976,00 €	

Investkosten	120.000,00 €	260.000,00 €
Abschreibung und Verzinsung 6 a/ 6%	25.200,00 €	54.600,00 €
Mehr-/Minderkosten Umsetzgerät	29.400,00 €	

gesamte Mehr-/Minderkosten Umsetzgerät (ohne Reparatur- und Wartungskosten und ohne Berücksichtigung des Restwertes)	2.424,00 €
---	-------------------

Unter Ansatz der in der nachfolgenden Tabelle verwendeten Kosten für Invest, Personal und Kraftstoff ergeben sich für den Betrieb eines Mietenumsetzers zwar Mehrkosten in Höhe von rund 2.500 €/a. Dabei sind jedoch nicht die Kosten für Wartung und Repara-

tur sowie der Restwert des Radladers bzw. der Umsetzmaschine am Ende des Abschreibungszeitraums (6a) berücksichtigt. Hierbei dürfte der Restwert der Umsetzmaschine nicht zuletzt aufgrund der wesentlich geringeren Betriebsstunden deutlich höher anzusetzen sein, als der des Radladers.

In der o.g. Beispielrechnung ergeben sich trotz des deutlich höheren Anschaffungspreises nur unwesentliche Mehrkosten für den Mietenumsetzer. Im Einzelfall können die Mehrkosten höher ausfallen oder sich auch in Minderkosten umkehren. Viel wesentlicher für die Gesamtbewertung dieser Anlagenoptimierung sind jedoch die folgenden Punkte:

- Verringerung des Energiebedarfs um ca. 25 % und damit der CO₂-Emissionen,
- Verminderung der Geruchsemissionen und Verbesserung der Geruchsqualität,
- Verringerung des Flächenbedarfs für die Rotte.

Somit wird deutlich, dass eine umfassende betriebliche Optimierungsmaßnahme positive Auswirkungen auf mehrere Bereiche einer Kompostierungsanlage haben und gleichzeitig auch der Energieverbrauch gesenkt werden kann.

Beispiel 2: Optimierung der Belüftungsanlage eines Kompostwerkes

Im Falle eines Bioabfallkompostwerkes mit einer Durchsatzleistung von 18.000 Mg/a musste die Be- und Entlüftung der Rottehalle aus betrieblichen und aus Gründen des Korrosionsschutzes verbessert werden. Hierzu war es erforderlich die Luftwechselrate in der Annahme- und Aufbereitungshalle sowie der Rottehalle deutlich zu erhöhen.

ursprüngliche Luftführung

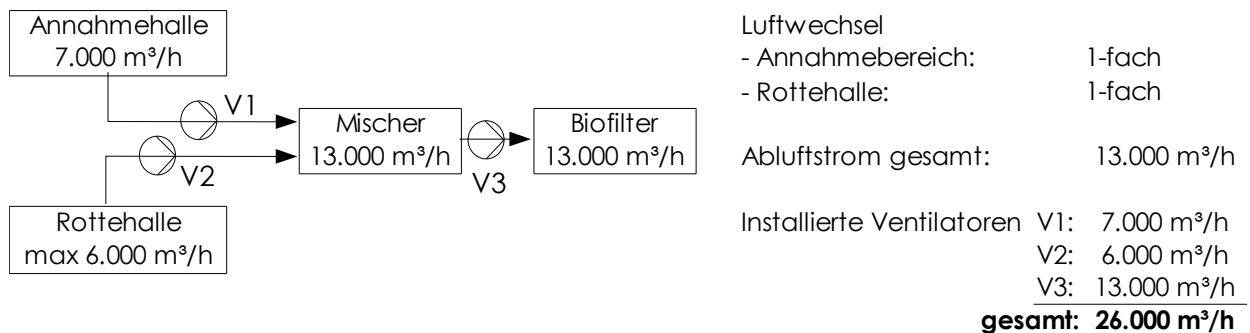


Abbildung 1: Fließschema und Luftmengen - Bestand

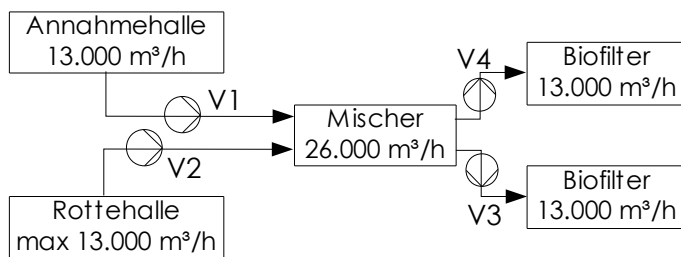
Zur Diskussion standen zwei Ausführungsvarianten:

1. Frischluftzufuhr in die Rottehalle und Hallenluftabsaugung mit anschließender Abluftreinigung mittels zusätzlichem Biofilter und entsprechend erhöhter Abluftmenge. Diese Variante hätte ohne wesentliche Eingriffe in das bestehende Abluftsystem realisiert werden können.
2. Optimierung der bestehenden Abluftanlage mit Mehrfachnutzung der Luft. In diesem Falle konnte auf einen zusätzlichen Biofilter verzichtet werden, allerdings musste das bestehende Abluftsystem zum Teil umgebaut werden.

Nach umfassender Prüfung der beiden Varianten fiel die eindeutige Entscheidung zugunsten der zweiten Lösung (Optimierung der bestehenden Abluftanlage) aus. Im Wesentlichen waren hierfür folgende Aspekte ausschlaggebend:

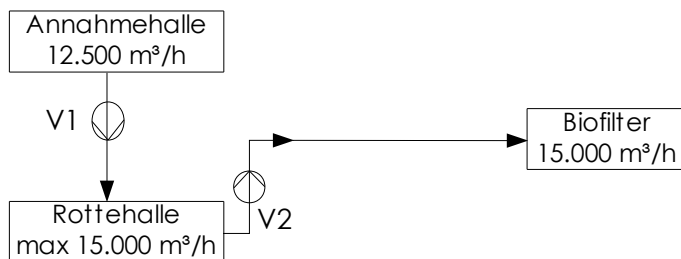
- Geringere Investitionskosten, da kein zweiter Biofilter erforderlich,
- geringere Abluftmenge und in der Summe niedrigere Geruchsemissionen,
- geringere Betriebskosten, da eine geringere Ventilatorenleistung installiert werden konnte.

Lufführung – Variante 1



Luftwechsel	
- Annahmebereich:	1,9-fach
- Rottehalle:	2,1-fach
Abluftstrom gesamt:	26.000 m³/h
Installierte Ventilatoren V1:	13.000 m³/h
V2:	13.000 m³/h
V3:	13.000 m³/h
V4:	13.000 m³/h
gesamt:	52.000 m³/h

Lufführung – Variante 2 (Ausführungsvariante)



Luftwechsel	
- Annahmebereich:	1,8-fach
- Rottehalle:	2,4-fach
Abluftstrom gesamt:	15.000 m³/h
Installierte Ventilatoren V1:	12.500 m³/h
V2:	15.000 m³/h
gesamt:	27.500 m³/h

Abbildung 2: Fließschema und Luftmengen - Planung

Gegenüber der Variante 1 mit einer resultierenden Luftmenge von insgesamt rund 52.000 m³/h hat die Variante 2, neben dem eingesparten zweiten Biofilter nebst Mischer und den eingesparten Ventilatoren, den Vorteil einer auf rund 27.500 m³/h, also um über 45 % verringerten Luftfördermenge. Die Betriebskosten für die Lösung 2 liegen infolge des um ca. 9 kW geringeren Leistungsbedarfs um rund 11.500 €/a (Betriebszeit 8.000 h/a, Leistungspreis 0,16 €/kWh) niedriger als bei der Variante 1.

Weitere Vorteile einer energetischen Anlagenoptimierung

Eine betriebliche und technische Optimierung bestehender Kompostanlagen hat neben dem bereits geschilderten Aspekt der Verbesserung der Energieeffizienz auch stets zum Ziel, den Rotteprozess selbst zu optimieren. Ein nahe dem Optimum verlaufender Rotteprozess verbessert nicht nur den biologischen Abbau und beschleunigt somit die Rotte, sondern vermindert zwangsläufig auch die Bildung anaerober Zonen im Hauf-

werk, wodurch wiederum eine Verminderung der Emissionen des klimarelevanten Gases Methan erreicht wird.

Eine betriebliche und technische Optimierung bestehender Kompostanlagen kann somit einen mehrfachen Effekt haben:

- Verringerung der CO₂-Emission durch Energieeinsparungen,
- Verringerung der Methan-Emission,
- Kosteneinsparung durch verringerten Energiebedarf,
- Erhöhung der Durchsatzleistung durch optimierte Betriebsabläufe.

Kontakt Daten der Verfasser:

Dr. Müsken + Partner
Beratende Ingenieure für Abfallwirtschaft
Reinsburgstrasse 110
70197 Stuttgart

Tel. 07 11 / 6 15 90 82

mail@muesken-partner.de

www.muesken-partner.de

Literatur

- [1] Ökologisches Leistungsprofil von Verfahren zur Behandlung von biogenen Reststoffen, EPEA Internationale Umweltforschung GmbH, Hamburg, entwickelt in Kooperation mit VHE - Verband der Humus- und Erdenwirtschaft e.V., April 2008
- [2] Amlinger, F., Clemens, J., Cuhls, C., Hildebrandt, U., Müsken, J., Peyr, S. - Stand der Technik der Kompostierung, Grundlagenstudie für das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft der Republik Österreich (Lebensministerium)(Hrsg. der gleichnamigen Richtlinie), Wien 2005