

**Praxis großer Kompostierungsanlagen  
und wesentliche Anforderungen  
an einen emissionsarmen Betrieb**





# **PRAXIS GROSSER KOMPOSTIERUNGSANLAGEN UND WESENTLICHE ANFORDERUNGEN AN EINEN EMISSIONSARMEN BETRIEB**

Christoph Lampert  
Christian Neubauer

**Projektleitung**

Christoph Lampert

**AutorInnen**

Christoph Lampert

Christian Neubauer

**Lektorat**

Brigitte Karigl

Maria Deweis

**Satz/Layout**

Manuela Kaitna

**Umschlagphoto**

© Magistratsabteilung 48 der Stadt Wien

Dank gilt den Anlagenbetreibern für die Teilnahme an der Datenerhebung.

Diese Publikation wurde im Auftrag der Stadt Wien, Magistratsabteilung 22 erstellt.

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

**Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH  
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Eigenvervielfältigung.

*Gedruckt auf CO<sub>2</sub>-neutralem 100 % Recyclingpapier*

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2015

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-311-0

# INHALT

	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	5
<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	7
<b>2</b>	<b>RECHERCHE ZU EMISSIONEN/IMMISSIONEN UND MIETENGASKONZENTRATIONEN</b> .....	9
<b>2.1</b>	<b>Relevanz der Treibhausgas(THG)-Emissionen bei der Kompostierung</b> .....	9
<b>2.2</b>	<b>Recherche Emissionsfaktoren von Kompostierungsanlagen</b> .....	12
2.2.1	Messbericht „Ermittlung der Methan- und Kohlenstoffdioxidemissionen an Dreiecksmieten der Kompostierungsanlage Lobau“, Messung März 2012 (Ellinger & Hübner 2012).....	12
2.2.2	Messbericht „Ermittlung der Methan- und Kohlenstoffdioxidemissionen an Dreiecksmieten der Kompostierungsanlage Lobau“, Messung Juli/August 2012 (Ellinger & Hübner 2012).....	13
2.2.3	Endbericht „Einsatz einer innovativen Messmethode zur Messung von Methanemissionen auf der Kompostierungsanlage Lobau“ (Hrad et al. 2012).....	14
2.2.4	Studie über die Ermittlung der Emissionssituation bei der Verwertung von Bioabfällen (Cuhls et al. 2008).....	16
2.2.5	Studie über THG-Emissionen von Kompostierungsanlagen und Vergärungsanlagen (Phong 2012).....	20
2.2.6	Studie über die Kompostierung biogener Abfälle und deren THG-Emissionen (Andersen 2010).....	22
2.2.7	Studie über die Berechnung von THG-Emissionen an drei Anlagenstandorten zur Kompostierung in Dänemark (Scheutz et al. 2011).....	23
<b>2.3</b>	<b>Recherche zu Mietengaskonzentrationen</b> .....	24
2.3.1	Bachelorarbeit „Betriebsdatenerhebung zur Optimierung von Kompostierungsanlagen“ (LUGMAYR 2010).....	24
2.3.2	Gutachten „Bewertung der durchgeführten Gaskonzentrationsmessungen in der Lobau“ (BINNER ET AL. 2014) .....	25
<b>2.4</b>	<b>Zusammenfassung der Literaturrecherche</b> .....	28
<b>3</b>	<b>PRAXIS GROSSER KOMPOSTIERUNGSANLAGEN IN ÖSTERREICH</b> .....	32
<b>3.1</b>	<b>Kapazitäten, behandelte Abfallmengen und erzeugte Kompostmengen</b> .....	32
<b>3.2</b>	<b>Rottesystem</b> .....	33
<b>3.3</b>	<b>Lagerbereich und Lagerdauer</b> .....	34
<b>3.4</b>	<b>Abluftreinigung</b> .....	34
<b>3.5</b>	<b>Mietengeometrie und Belüftung</b> .....	34
3.5.1	Offene Kompostierung .....	34
3.5.2	(Teil)geschlossene Anlagen.....	35

<b>3.6</b>	<b>Rottedauer</b> .....	<b>36</b>
<b>3.7</b>	<b>Mietenumsetzung</b> .....	<b>37</b>
<b>3.8</b>	<b>Umsetzhäufigkeit</b> .....	<b>37</b>
<b>3.9</b>	<b>Überwachung von Prozessparametern</b> .....	<b>38</b>
3.9.1	Temperatur in der Miete und in der Abluft .....	38
3.9.2	O <sub>2</sub> -, CO <sub>2</sub> - und Methangehalte in den Mieten .....	38
3.9.3	Wassergehalt .....	39
<b>3.10</b>	<b>Abdeckung der Mieten</b> .....	<b>40</b>
<b>3.11</b>	<b>Spezifischer Energieverbrauch</b> .....	<b>40</b>
<b>3.12</b>	<b>Aerobisierung von Gärresten</b> .....	<b>41</b>
<b>3.13</b>	<b>Überwachung</b> .....	<b>42</b>
<b>3.14</b>	<b>Standortfindung</b> .....	<b>42</b>
<b>4</b>	<b>WESENTLICHE ANFORDERUNGEN AN DEN EMISSIONSARMEN BETRIEB</b> .....	<b>43</b>
<b>5</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>59</b>
<b>6</b>	<b>ANHANG</b> .....	<b>62</b>

## ZUSAMMENFASSUNG

Im Vergleich zur direkten Deponierung von biogenen Abfällen, welche bereits spätestens ab dem Jahr 2009 mit der Umsetzung der Deponieverordnung (BGBl. II Nr. 39/2008 i.d.g.F.) unterbunden wurde, sind die luftgetragenen Emissionen bei der Kompostierung wesentlich geringer. Vergleiche in mehreren Studien unter Berücksichtigung der direkten und indirekten Treibhausgas(THG)-Emissionen zeigen dies deutlich.

Vergleiche der Emissionen unterschiedlicher Verfahrensmöglichkeiten innerhalb der Kompostierung (offen, teilgeschlossen oder geschlossen) sind bedeutend schwieriger. So haben Prozessparameter wie Ausgangsmaterialmischung, Mieteengeometrie, Umsetzintervalle, Belüftungstechnik, Wassergehalt, Temperatur, C/N-Verhältnis und Rottedauer unabhängig von der bautechnischen Ausführung (offen, teilgeschlossen oder geschlossen) bedeutenden Einfluss auf luftgetragene Emissionen. Dabei überlappen sich die möglichen Emissionsbereiche in Abhängigkeit von der Betriebsführung derart, dass keine abschließende Aussage möglich ist, welche bautechnische Ausführung sich gesamthaft vorteilhaft im Hinblick auf die Emissionssituation zeigt.

Abgeleitet wurde dieses Erkenntnis aus den Ergebnissen einer durchgeführten Literaturrecherche zu aktuellen, seit dem Jahr 2005 veröffentlichten Emissionsdaten von offenen, teilgeschlossenen und geschlossenen Kompostierungsanlagen.

Bei teilgeschlossenen und geschlossenen Anlagen ergibt sich vor allem im Hinblick auf Anrainer- und Arbeitnehmerschutz zwar der Vorteil, dass gefasste Abluftströme einer Abluftreinigung (Biowäscher/Biofilter) zugeführt werden können und dadurch Geruch und NMVOC-Anteile in der Abluft reduziert werden können. Dem steht jedoch der Nachteil einer der Belüftungstechnik geschuldeten energieintensiveren Prozessführung gegenüber, womit gegebenenfalls höhere indirekte Emissionen (Stromverbrauch) im Vergleich zur offenen Prozessführung verursacht werden können.

Im Hinblick auf bestimmte Emissionen wie Methan und Lachgas ist anzumerken, dass diese durch entsprechende Abluftreinigungsaggregate (Biowäscher/Biofilter) nicht reduziert bzw. abgereinigt werden können. Auch deshalb kommt der Prozesssteuerung besondere Bedeutung zu, da diese Emissionen nur bei emissionsarmer Betriebsführung unterbunden werden können.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurden in weiterer Folge unter Berücksichtigung der Richtlinie zum Stand der Technik der Kompostierung (AMLINGER et al. 2005) und auf Basis von Best-Practice-Beispielen österreichischer Kompostierungsanlagen sowie weiterer Literaturquellen wesentliche Anforderungen an einen emissionsarmen Betrieb von großen Kompostierungsanlagen formuliert.

Um die Betriebsführung und relevante Parameter der Prozesssteuerung nach der derzeit gängigen Praxis vergleichen und berücksichtigen zu können, wurden in einer Fragebogenerhebung die Betreiber von 14 großen österreichischen Kompostierungsanlagen kontaktiert. Acht dieser Anlagen werden als offene, vier als teilgeschlossene und zwei als geschlossene Kompostierungsanlagen betrieben. Fünf der offenen Anlagen werden ausschließlich passiv belüftet.

### ***Emissionen bei der Kompostierung***

### ***direkte und indirekte Emissionen bei der Kompostierung***

### ***Bedeutung der Prozesssteuerung***

### ***Erarbeitung wesentlicher Anforderungen***

### ***Kontakt zu Anlagenbetreibern***

**Primärdaten-  
erhebung**

Die Primärdatenerhebung bei den Anlagenbetreibern ergab folgende wesentliche Ergebnisse im Hinblick auf eine emissionsarme Betriebsführung:

- **Mietengeometrie:** Alle Mieten der Hauptrotte in offenen Anlagen ohne Zwangsbelüftung sind Dreiecksmieten (maximal 2,5 m hoch, max. 5,5 m Basisbreite). Eine offene Anlage mit Zwangsbelüftung hat Tafelmieten in der Hauptrotte.
- **Umsetzgeräte:** Die Umsetzung der Mieten erfolgt bei allen offenen Anlagen mit Umsetzgeräten und nicht mit Radlader.
- **Umsetzintervalle:** In der Hauptrotte werden die Mieten offener Anlagen im Mittel 2,4-mal pro Woche umgesetzt (1- bis 4-mal). Dabei werden die passiv belüfteten Mieten etwas häufiger als die aktiv belüfteten umgesetzt. In der Nachrotte beträgt die Umsetzhäufigkeit zumeist maximal 1-mal pro Woche (0,25- bis 1-mal pro Woche).
- **Rottdauer:** Bei (teil)geschlossen Anlagen liegen die Gesamtrottezeiten mit 6 bis 14 Wochen (Mittel 8,6 Wochen) deutlich niedriger als jene bei offenen Anlagen (8 bis 36 Wochen; Mittel 18,2 Wochen). Die Hauptrottdauer beträgt bei (teil)geschlossen Anlagen 1 bis 3 Wochen (Mittel 1,9 Wochen), bei offenen Anlagen 4 bis 12 Wochen (Mittel 7,6 Wochen).

**Anforderungen an  
emissionsarmen  
Betrieb**

Die erarbeiteten „Wesentliche Anforderungen an einen emissionsarmen Betrieb von großen Kompostierungsanlagen“ wurden in einem Workshop mit Stakeholdern und FachexpertInnen diskutiert. Im Ergebnis wurden folgende Bereiche betrachtet (siehe auch Ergebnis im Kapitel 4):

- **Allgemeine Anforderungen** an die Materiallagerung, an das Aufsetzen der Mieten, an Umsetzgeräte, an den Wassergehalt, an das C/N-Verhältnis, an die Temperatur, an die interne Prozessüberwachung, an das Abluftmanagement, an die Endaufbereitung/Absiebung, an das Bewegen der fertigen Komposte und an das Abwassermanagement.
- **Spezielle Anforderungen** in Abhängigkeit von den Inputmaterialien (Biotonematerial, Klärschlamm, Gärreste und Grünabfall), den Ausgangsmischungen, der Mietengeometrie, den Umsetzhäufigkeiten, der Belüftung und der Rottdauer.

Teilweise wurden dabei Vorgaben aus der Richtlinie zum Stand der Technik der Kompostierung (AMLINGER et al. 2005) konkretisiert, in manchen Fällen auch zusätzliche Anforderungen aus anderer Literatur oder auf Basis von ausgewählten Best-Practice-Beispielen (nach guter fachlicher Praxis und entsprechend dem Stand der Technik betriebene österreichische Kompostierungsanlagen) aufgenommen.

Die Anforderungen richten sich an große Kompostierungsanlagen, welche unter die Industrieemissionsrichtlinie (IED-RL; RL 2010/75/EU) fallen. Gemäß Anhang I der IED-Richtlinie (Punkt 5.3) umfasst dies biologische Behandlungsanlagen zur Verwertung ab einer Kapazität von mehr als 75 Tonnen pro Tag. Aber auch für Kleinanlagen stellen die Anforderungen eine Handlungsanleitung für einen emissionsarmen Betrieb nach dem Stand der Technik dar.

**Grundlage für die  
Überarbeitung des  
BVT Dokuments**

Das erarbeitete Dokument „Wesentliche Anforderungen an einen emissionsarmen Betrieb von großen Kompostierungsanlagen“ (siehe Kapitel 4) ist ein Beitrag Österreichs im Rahmen der Überarbeitung des BVT (Beste Verfügbare Techniken) Dokuments zur Abfallbehandlung im Rahmen des Sevilla-Prozesses (geleitet und koordiniert vom europäischen IPPC-Büro in Sevilla, Europäische Kommission). Es soll die österreichische Position und die Bedeutung der Prozessparameter für einen emissionsarmen Betrieb bei der Kompostierung unterstreichen.



# 1 EINLEITUNG

In Österreich werden mehr als eine Million Tonnen an biogenen Abfällen in über 400 Kompostieranlagen behandelt. In weiterer Folge werden Komposte als Produkte aus der Behandlung teilweise in den Wirtschaftskreislauf rückgeführt. Damit trägt die Kompostierung wesentlich zum Ressourcenschutz bei.

***Bedeutung der Kompostierung***

Bei der Kompostierung kommen in Österreich Verfahren mit offener Prozessführung (offene Intensiv-/Hauptrotte und offene Nachrotte), mit teilgeschlossener Prozessführung (geschlossene Intensiv-/Hauptrotte und offene Nachrotte) und mit geschlossener Prozessführung (geschlossene Intensiv-/Hauptrotte und geschlossene Nachrotte) zum Einsatz.

***angewandte Verfahren***

Die im Jahr 2005 veröffentlichte Richtlinie zum Stand der Technik der Kompostierung (AMLINGER et al. 2005) beschreibt die Mindestanforderungen an die bauliche und technische Ausstattung sowie die Betriebsführung von offenen, teilgeschlossenen und geschlossenen Kompostieranlagen. Die Kompostverordnung (BGBl. II Nr. 292/2001) regelt darüber hinaus unter anderem die Anforderungen an die Ausgangsmaterialien und Qualitäten der erzeugten Komposte.

***rechtliche Grundlagen***

Auf europäischer Ebene wird derzeit das auf der Grundlage der IPPC-Richtlinie (RL 96/61/EC) erarbeitete und seit 2006 vorliegende BVT (Beste Verfügbare Techniken) Dokument zur Abfallbehandlung<sup>1</sup> überarbeitet. Dabei wird erstmals auch die Kompostierung berücksichtigt und der Stand der Technik für jene Anlagen, welche unter die Industrieemissionsrichtlinie (IED-RL; RL 2010/75/EU) fallen, festgeschrieben (gemäß Anhang I der Richtlinie unter Punkt 5.3 b) i) biologische Behandlungsanlagen zur Verwertung ab einer Kapazität von mehr als 75 Tonnen pro Tag).

***BVT Dokument***

Mit der Veröffentlichung der BVT Schlussfolgerungen zum Stand der Technik der Abfallbehandlung über rechtsbindende Durchführungsrechtsakte der Europäischen Kommission erhalten die im neuen BVT Dokument beschriebenen Anforderungen verbindlichen Charakter und sind für Genehmigungsbehörden künftig eine Grundlage für die Genehmigung von Anlagen.

Die im Rahmen der Überarbeitung des BVT Dokumentes in Ausarbeitung befindlichen Anforderungen umfassen unter anderem sowohl die Schwerpunkte der Vermeidung und Verminderung als auch der Überwachung von Emissionen in Luft, Wasser und Boden. Bei der Kompostierung sind besonders die Maßnahmen zur Vermeidung von Emissionen und damit verbunden die Betriebsführung und Wahl der Prozesskenngrößen von großer Bedeutung, da z. B. bei offener Prozessführung bis dato keine kontinuierliche Messung luftgetragener Emissionen möglich ist.

Die gegenständliche Studie beschreibt die aktuelle Praxis beim Betrieb von Kompostieranlagen und stellt wesentliche Prozess-Kenngrößen für einen emissionsarmen Betrieb dar.

<sup>1</sup> <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/wf.html>

**Zielsetzung** Folgende wesentliche Ziele wurden verfolgt:

- Erhebung aktueller Kenntnisse über luftgetragene Emissionen aus offenen und geschlossenen Kompostieranlagen, die fachgerecht nach dem Stand der Technik der Kompostierung betrieben werden.
- Erarbeitung von Grundlagen für einen nationalen Beitrag Österreichs im Bereich der aeroben biologischen Abfallbehandlung (Kompostierung) für die Überarbeitung eines europäischen BVT Dokumentes zur Abfallbehandlung.

**Umsetzungsschwerpunkte**

Die Umsetzung gliederte sich in folgende Schwerpunkte:

- Literaturrecherche national und europäisch zu luftgetragenen Emissionen aus der Kompostierung nach Möglichkeit in Abhängigkeit von den Prozessparametern: Organischer Gesamtkohlenstoff (TOC), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O), Ammoniak (NH<sub>3</sub>), Staub und Geruch (siehe Kapitel 2).
- Primärdatenerhebung bei insgesamt 14 österreichischen Kompostieranlagen mittels detaillierter Fragebögen zu Emissionen und Prozesskenndaten (siehe Kapitel 3).
- Erarbeitung wesentlicher Anforderungen für einen emissionsarmen Betrieb von Kompostieranlagen unter Einbindung von FachexpertInnen (siehe Kapitel 4).

Im Rahmen des Projektes wurden unter Einbindung von Stakeholdern und Anlagenbetreibern wesentliche Anforderungen an einen emissionsarmen Betrieb von großen Kompostieranlagen formuliert (siehe Kapitel 4). Diese Anforderungen wurden unter Berücksichtigung der Richtlinie zum Stand der Technik der Kompostierung (AMLINGER et al. 2005) und auf Basis von Best-Practice-Beispielen österreichischer Kompostieranlagen zusammengestellt. Teilweise wurden Vorgaben aus der Richtlinie zum Stand der Technik der Kompostierung konkretisiert, in manchen Fällen auch zusätzliche Anforderungen aufgenommen.

## 2 RECHERCHE ZU EMISSIONEN/IMMISSIONEN UND MIETENGASKONZENTRATIONEN

Die Emissionssituation der Kompostierung wurde in der Richtlinie zum Stand der Technik der Kompostierung aus dem Jahr 2005 ausführlich betrachtet (AMLINGER et al. 2005). Im Folgenden werden die seit der Veröffentlichung der Richtlinie neu gewonnenen Erkenntnisse im Bereich der luftgetragenen Emissionen/Immissionen (siehe Kapitel 2.2) und Mietenkern-Gaszusammensetzungen (siehe Kapitel 2.3) bei der Kompostierung dargestellt.

### Rechercheumfang

Dabei war wesentlich, die Prozessführung bei den jeweils gemessenen Emissionswerten detailliert zu dokumentieren, um Hinweise über mögliche Ursachen der Emissionshöhe zu erkennen.

Im Hinblick auf die Beurteilung/Bewertung der Emissionsfaktoren wird vorab in Kapitel 2.1 kurz auf die Relevanz der Emissionen aus der offenen und der geschlossenen Kompostierung eingegangen.

### 2.1 Relevanz der Treibhausgas(THG)-Emissionen bei der Kompostierung

Bei der Beurteilung der Untersuchungen über THG-Emissionen von Kompostierungsanlagen ist zu berücksichtigen, dass die Kompostierung im Vergleich zu einer Deponierung biogener Abfälle wesentlich geringere Emissionen aufweist.

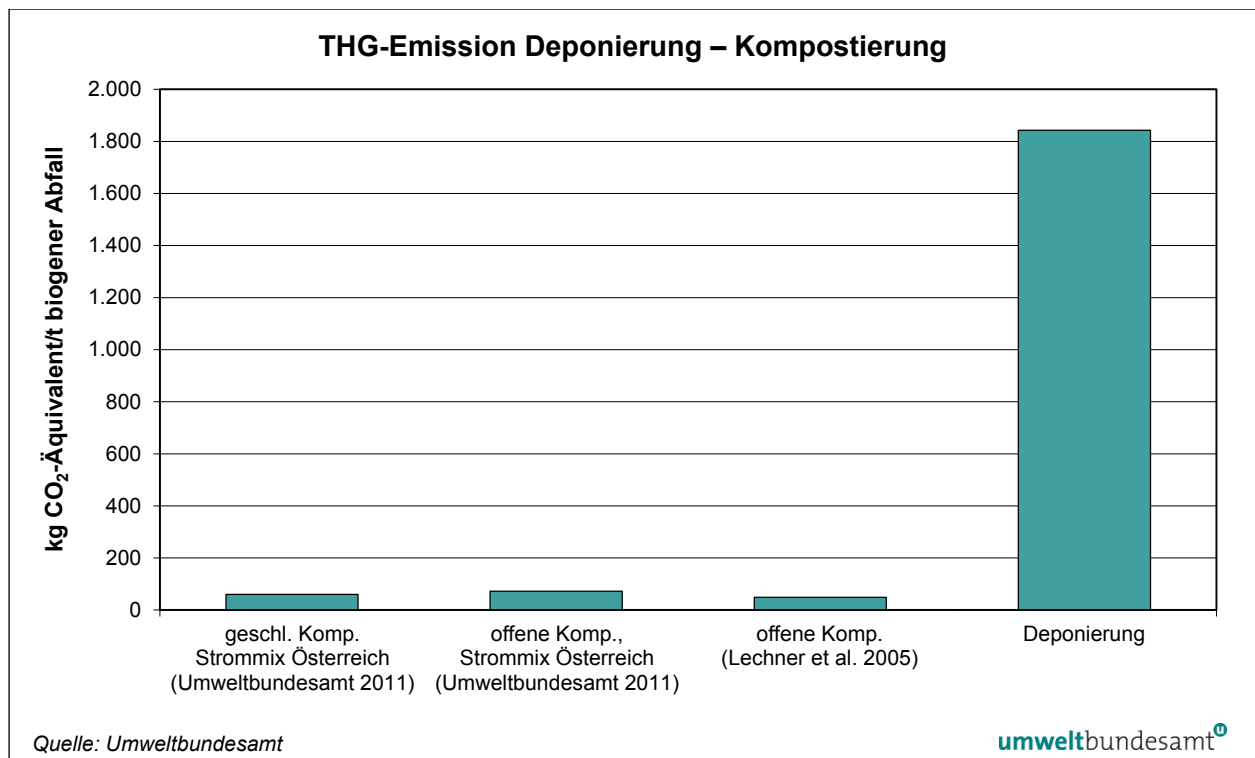


Abbildung 1: Vergleich der THG-Emissionen bei der Kompostierung und der Deponierung biogener Abfälle.

### **Gesamtemissionen der Kompostierung**

Die Gesamtemissionen durch die Deponierung biogener Abfälle betragen rund 1.800 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent. Die Emissionen bei einer fachgerechten Kompostierung liegen sowohl bei der geschlossenen als auch bei der offenen Kompostierung um zumindest 95 % darunter.

Für die offene Kompostierung werden in der Studie „Klimarelevanz und Energieeffizienz der Verwertung biogener Abfälle“ (UMWELTBUNDESAMT 2011) Gesamtemissionen von 72 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent/Tonne biogener Abfall und in LECHNER et al. (2005) von 49 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent/Tonne biogener Abfall beschrieben. Für die teilgeschlossene Kompostierung werden vom Umweltbundesamt Gesamtemissionen von 60 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent/Tonne biogener Abfall angegeben (siehe Abbildung 2).

In diesen Werten sind nicht nur die direkten THG-Emissionen sondern auch die indirekten Emissionen aus der Energiebereitstellung (Österreichischer Strommix) enthalten.

Der überwiegende Anteil der THG-Emissionen entfällt auf Prozessemissionen. Es treten darüber hinaus aber auch direkte (z. B. Treibstoff für Umsetzgerät) und indirekte Emissionen durch den Einsatz von Energieträgern (z. B. Strom bei Belüftung) auf.

Bei einem Vergleich der Behandlungsverfahren (teil)geschlossene Kompostierung und offene Kompostierung sind die Gesamtemissionen der Verfahren (direkte und indirekte Emissionen) und nicht ausschließlich die Prozessemissionen zu berücksichtigen.

### **Vergleich der Verfahren offen und (teil)geschlossen**

Die (teil)geschlossene Kompostierung weist etwas geringere Emissionen auf als die offene Kompostierung (UMWELTBUNDESAMT 2011). Bei der offenen Kompostierung sind 72 % der Emissionen durch die biologischen Prozesse und 15 % durch den Energieeinsatz bedingt. Auch bei der (teil)geschlossenen Kompostierung stammt der größte Teil der Emissionen aus dem Prozess selbst (53 %), der Energieverbrauch trägt 33 % zu den Emissionen bei. Die jeweils verbleibenden Restemissionen sind vor allem durch die Anlieferung und Aufbereitung verursacht. Die Emissionen bei der Aufbringung betragen lediglich 5 % der Gesamtemissionen (UMWELTBUNDESAMT 2011).

### **Bedeutung der bereitgestellten Energie**

Bei den indirekten Emissionen ist jedoch die starke Sensitivität der Ergebnisse in Hinblick auf die bei der Bereitstellung von elektrischer Energie (Strom) in der Vorkette emittierten CO<sub>2</sub>-Mengen zu beachten. In UMWELTBUNDESAMT (2011) wurde der österreichische Strommix für die Berechnung herangezogen (0,253 kg CO<sub>2</sub>/kWh Strom). Die emittierte CO<sub>2</sub>-Menge des österreichischen Strommixes ist jedoch durch den hohen Anteil an Wasserkraft im Vergleich mit anderen Ländern sehr gering.

Die spezifischen Emissionen für den deutschen Strommix betragen für 2012 0,613 kg CO<sub>2</sub>/kWh Strom (GEMIS<sup>2</sup> 4.9) und sind damit mehr als doppelt so hoch wie in Österreich.

Bei Berücksichtigung des deutschen Strommixes, betragen die Gesamtemissionen bei der geschlossenen Kompostierung unter den in UMWELTBUNDESAMT (2011) getroffenen Annahmen der Bilanzierung ca. 80 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent/Tonne biogenen Abfall, jene der offenen Kompostierung rund 74 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent/Tonne biogenen Abfall.

---

<sup>2</sup> Globales Emissionsmodell Integrierter Systeme

In der folgenden Abbildung sind die THG-Emissionen bei der offenen und bei der teilgeschlossenen Kompostierung mit dem Strommix Österreich und mit dem deutschen Strommix dargestellt.

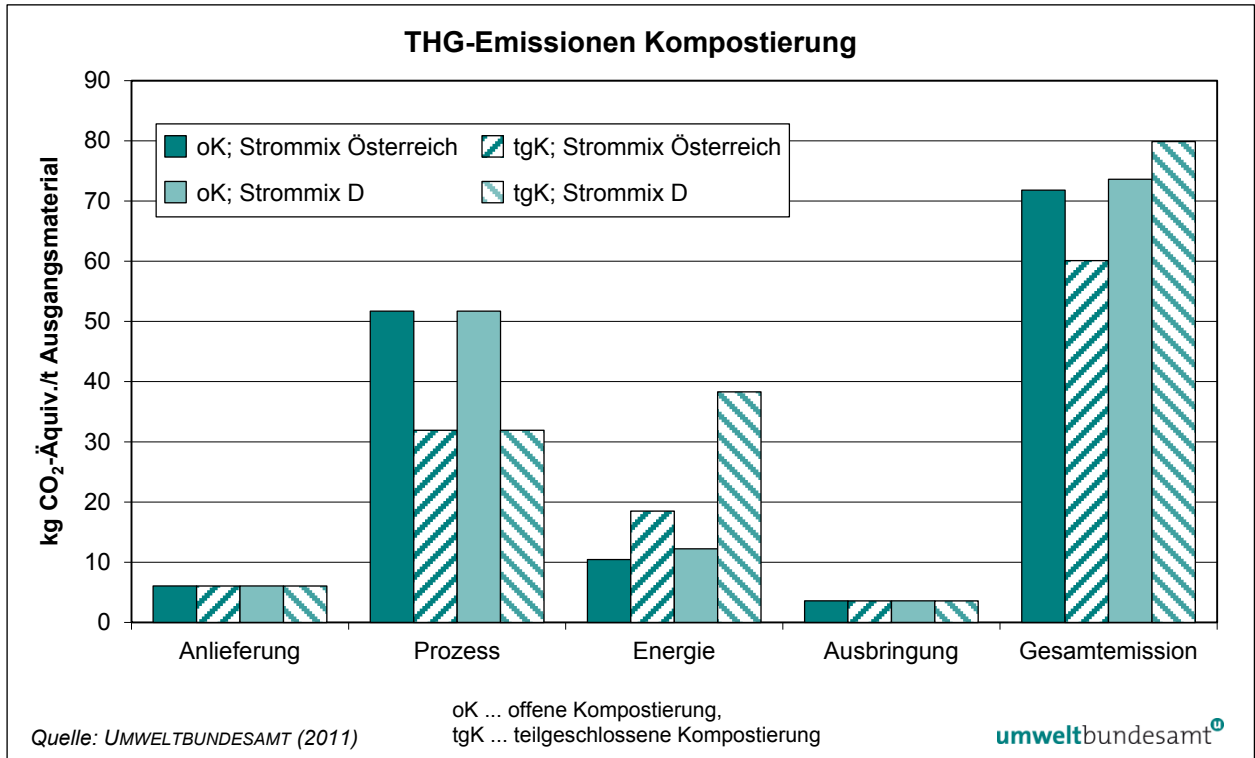


Abbildung 2: THG-Emissionen der Kompostierung in Abhängigkeit vom Strommix.

## 2.2 Recherche Emissionsfaktoren von Kompostieranlagen

### 2.2.1 Messbericht „Ermittlung der Methan- und Kohlenstoffdioxidemissionen an Dreiecksmieten der Kompostieranlage Lobau“, Messung März 2012 (Ellinger & Hübner 2012)

**Haubenmessung** Der Messbericht umfasst Methan- und Kohlenstoffdioxidemissionen am Anlagenstandort zur Kompostierung in der Lobau (Betreiber: MA48 der Stadt Wien) mittels Haubenmessung („open-dynamic-chamber-Prinzip“ mit Tracergasaufgabe).

Tabelle 1: Literaturrecherche Kenndaten ELLINGER & HÜBNER (2012).

Parameter	Beschreibung
Materialmischungen	Biotonnenmaterial (im Wesentlichen ohne tierische Anteile)
Mietengeometrie	Zeilenmieten in Form von Dreiecksmieten; durchschnittliches Rottematerialvolumen 18.000 m <sup>3</sup>
Umsetzintervall	1 x pro Tag
Behandlungsdauer	6–8 Wochen
Messzeitraum	März 2012, Messungen an drei Tagen innerhalb einer Woche (die Messungen erfolgten an den ersten beiden Messtagen jeweils vor dem Wenden und am dritten Messtag kurz nach dem Wenden der Zeilenmieten) – mehr als 70 Stichprobenmessungen
Messpunkte bzw. Messreihen	7 Zeilenmieten, die sich einerseits durch die Körnung (Siebung), andererseits durch ihren Kompostierzustand (Alter) unterscheiden  An einer Versuchsmiete sollte das Emissionsverhalten in Abhängigkeit von unterschiedlichen Strukturmaterialbeigaben bestimmt werden
Gemessene Emissionsparameter Abluft	Methan (CH <sub>4</sub> ) Kohlenstoffdioxid (CO <sub>2</sub> )

### Ergebnisse

**ermittelte Emissionsfrachten** *Auf Basis der mehr als 70 Stichprobenmessungen wurden für das untersuchte Mietenkollektiv spezifische Emissionsfrachten, bezogen auf das umgesetzte Rottematerial, für Kohlenstoffdioxid von 1,4 kg/m<sup>3</sup>.d und für Methan von 0,61 g/m<sup>3</sup>.d ermittelt. Dies bedeutet, dass das freigesetzte CO<sub>2</sub>-Äquivalent von Methan in der Größenordnung von 1 % von jenem des emittierten CO<sub>2</sub> liegt. Bezogen auf ein durchschnittliches Rottematerialvolumen von etwa 18.000 m<sup>3</sup>, welches täglich umgesetzt wird, errechnen sich Emissionsmengen an CO<sub>2</sub> von 24,6 t/d und an Methan von 230 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent/d (= 10,95 kg CH<sub>4</sub>/d bei GWP<sup>3</sup> 21).*

<sup>3</sup> GWP: Treibhauspotenzial, englisch Global Warming Potential. Anzumerken ist, dass die Methanmesswerte – dargestellt in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten – in den beiden Studien mit einem GWP von 21 umgerechnet wurden, was nicht mehr dem aktuellen Stand des Wissens entspricht; gemäß IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) wurde das GWP für einen Beobachtungszeitraum von 100 Jahren für die Umrechnung von Methan in CO<sub>2</sub>-Äquivalent mit 25 festgelegt (4<sup>th</sup> Assessment-Report der IPCC 2007).

Drüber hinaus wurde folgende Erkenntnis gewonnen:

*Nach Angaben des Anlagenbetreibers ist für das tägliche Umsetzen der Mieten ein 8-stündiger Einsatz des Wendegerätes erforderlich. Der dafür notwendige Dieseltreibstoffbedarf wird mit 200 l angegeben. Aus dem Treibstoffeinsatz leitet sich täglich eine CO<sub>2</sub>-Fracht von 540 kg ab. Dies entspricht mehr als dem Doppelten des CO<sub>2</sub>-Äquivalentes aus den Methanemissionen. Es wäre daher zu überlegen und durch Untersuchungen zu untermauern, ob durch ein Wenden im Zweitagesintervall (eventuell mit Ausnahme der Sommermonate) eine relevante Veränderung der Treibhausgasemissionen bewirkt wird. Damit wäre neben einem wirtschaftlichen Vorteil auch eine erhebliche Reduktion von Motorabgaskomponenten wie NO<sub>x</sub>, CO und Ruß zu erwarten. In der zweiten Messung nach ELLINGER et al. 2012; siehe Kapitel 2.2.2) wurde dieser Fragestellung nachgegangen.*

### Grobe Abschätzung Fracht/Tonne behandelter Input

- Annahmen: Jährliche Inputmenge in 365 Tagen von 100.000 Tonnen; spezifisches Gewicht behandeltes Material von 650 kg/m<sup>3</sup>
- Volumen Rottefläche: 18.000 m<sup>3</sup>
- Spezifische Fracht Methan =  $0,61 \cdot 18.000 \cdot 365/100.000 = 40,1 \text{ g CH}_4/\text{Tonne behandelte Abfall}$

**grobe Abschätzung Emissionsfracht pro Tonne Input**

### 2.2.2 Messbericht „Ermittlung der Methan- und Kohlenstoffdioxidemissionen an Dreiecksmieten der Kompostierungsanlage Lobau“, Messung Juli/August 2012 (ELLINGER & HÜBNER 2012)

Der Messbericht umfasst Methan- und Kohlenstoffdioxidemissionen am Anlagenstandort zur Kompostierung in der Lobau (Betreiber: MA48 der Stadt Wien) mittels Haubenmessung („open-dynamic-chamber-Prinzip“ mit Tracergasaufgabe).

**Haubenmessung**

Tabelle 2: Literaturrecherche Kenndaten ELLINGER & HÜBNER (2012).

Parameter	Beschreibung
Materialmischungen	Biotonnematerial (im Wesentlichen ohne tierische Anteile)
Mietengeometrie	Zeilenmieten in Form von Dreiecksmieten; durchschnittliches Rottmaterialvolumen 18.000 m <sup>3</sup>
Umsetzintervall	werktätlich bzw. jeden zweiten Tag
Behandlungsdauer	6–8 Wochen
Messzeitraum	Juli/August 2012, rd. 350 Messungen innerhalb von 6 Wochen
Messpunkte bzw. Messreihen	Eine Zeilenmiete mit Umsetzintervall werktätlich Eine Zeilenmiete mit Umsetzintervall jeden zweiten Tag
Gemessene Emissionsparameter Abluft	Methan (CH <sub>4</sub> ) Kohlenstoffdioxid (CO <sub>2</sub> )

### Ergebnisse

*Auf Basis der rund 350 Stichprobenmessungen, welche im ca. 6-wöchigen Versuchszeitraum vorgenommen wurden, zeigt sich bei einem Umsetzen alle zwei Werkzeuge im Vergleich zur werktäglichen Umsetzung eine messbar geringere Emissionsfracht für Methan und Kohlenstoffdioxid. Die Gesamtemissionsfracht*

**ermittelte Emissionsfracht**

für Kohlenstoffdioxid und Methan (als CO<sub>2</sub>-Äquivalent) liegt dabei beim 2-tägigen Wenden um 17 % niedriger.

**Bei werktäglichem Umsetzen:**

- 1.732 kg CO<sub>2</sub>/Miete und Tag
- 191 kg CH<sub>4</sub> als CO<sub>2</sub>-Äq./Miete und Tag  
(= 9,09 kg CH<sub>4</sub>/Miete und Tag bei Annahme GWP 21)
- Bei 720 m<sup>3</sup> an Rottevolumen in der Versuchsmiete = 12,63 g CH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup>·d

**Bei Umsetzen alle 2 Werkstage:**

- 1.623 kg CO<sub>2</sub>/Miete und Tag
- 59 kg CH<sub>4</sub> als CO<sub>2</sub>-Äq./Miete und Tag  
(= 2,81 kg CH<sub>4</sub>/Miete und Tag bei Annahme GWP 21)
- Bei 720 m<sup>3</sup> an Rottevolumen in der Versuchsmiete = 3,90 g CH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup>·d

**grobe Abschätzung Emissionsfracht pro Tonne Input**

**Grobe Abschätzung Fracht/Tonne behandelter Input**

- Annahmen: Jährliche Inputmenge in 365 Tagen von 100.000 Tonnen; spezifisches Gewicht behandeltes Material von 650 kg/m<sup>3</sup>
- Volumen Rottefläche: 18.000 m<sup>3</sup>
- Spezifische Fracht Methan bei werktäglichem Umsetzen =  
12,63 \* 18.000 \* 365/100.000 = **829,8 g CH<sub>4</sub>/Tonne behandelter Abfall**
- Spezifische Fracht Methan Umsetzen alle 2 Werkstage =  
3,90 \* 18.000 \* 365/100.000 = **256,2 g CH<sub>4</sub>/Tonne behandelter Abfall**

**2.2.3 Endbericht „Einsatz einer innovativen Messmethode zur Messung von Methanemissionen auf der Kompostierungsanlage Lobau“ (HRAD et al. 2012)**

**optische Fernmessmethode**

**ermittelte Emissionsfrachten**

Die Studie beschreibt Methanemissionen am Anlagenstandort zur Kompostierung in der Lobau (Betreiber: MA48 der Stadt Wien) mittels der optischen Fernmessmethode. Dabei wurden mit Hilfe des tragbaren und feldtauglichen open-path Messgerätes „GasFinder 2.0“ (basierend auf dem TDLS-System „tunable diode laser absorption spectrometer“), einer Ausbreitungsrechnung und den vor Ort gemessenen meteorologischen Parametern die Methan-Emissionsraten in 10-min Mittelwerten ermittelt.

Tabelle 3: Literaturrecherche Ergebnisse HRAD et al. (2012).

Messzeitpunkt	Einheit	Emissionsrate
Mo, 23.07.2012	g CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> * d	(wird nicht für Mittelwert berücksichtigt, da Ausreißer) 9,9
Fr., 27.07.2012	g CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> * d	3,2
Mi, 08.08.2012	g CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> * d	3,9
Fr, 10.08.2012	g CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> * d	4,5
Mo, 10.09. 2012	g CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> * d	5,9
<b>Mittelwert</b>	<b>g CH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup> * d</b>	<b>4,4</b>



Tabelle 4: Literaturrecherche Kenndaten HRAD et al. (2012).

Parameter	Beschreibung
Materialmischungen	Biotonnematerial (im Wesentlichen ohne tierische Anteile)
Mietengeometrie	Dreiecksmieten; gesamte Rottefläche 5,2 ha; durchschnittliches Rottematerialvolumen 18.000 m <sup>3</sup>
Umsetzintervall	täglich
Behandlungsdauer	6–8 Wochen
Messzeitraum	7 Tage der Messung im Zeitraum Juli bis September 2012
Messpunkte bzw. Messreihen	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Stillstand (auf der ganzen Rottefläche keine Tätigkeiten (Umsetzvorgänge, Absieben etc.))</li> <li>● Vollbetrieb (Umsetzen und Absieben gleichzeitig)</li> <li>● Absieben (jedoch kein Umsetzen; Einsatz von zwei</li> <li>● Siebmaschinen in Tandemstellung)</li> <li>● Umsetzen (jedoch kein Absieben; gleichzeitig zwei</li> <li>● Umsetzer im Betrieb)</li> </ul>
Gemessene Emissionsparameter Abluft	● Methan (CH <sub>4</sub> )

### Relevante Erkenntnisse

- Innerhalb eines Messtages ergaben sich deutliche Unterschiede im Emissionsmuster der Kompostmieten bei verschiedenen Betriebszuständen. Die Schwankungsbreite der Methanemissionsraten während Umsetz- und Absiebvorgängen waren meist wesentlich größer als jene des Betriebsstillstandes.
- Bei einem Vergleich der Messtage untereinander konnte ein tendenzieller Zusammenhang der Emissionsraten mit den jeweiligen „Betriebszuständen“ festgestellt werden.
- An den beiden Montag-Messtagen nach zwei Tagen Betriebsstillstand (23.07.2012 und 10.09.2012) waren die Methanemissionsraten in der Ruhephase vormittags mehr als doppelt so hoch als die Freisetzungsraten in der Ruhephase am Nachmittag, welche im Anschluss an die Umsetz- und Absiebvorgänge stattfand. Im Laufe dieser beiden Messtage konnte jeweils eine sinkende Tendenz hinsichtlich der Methanemissionsraten festgestellt werden.
- Die Modellverifizierung mittels Tracergas ergab eine gute Übereinstimmung mit einem Modellfehlerwert von 20–30 %, was den derzeitigen internationalen Messerfahrungen entspricht.

### Grobe Abschätzung der Fracht/Tonne behandelte Input

- Annahmen: Jährliche Inputmenge in 365 Tagen von 100.000 Tonnen; spezifisches Gewicht behandeltes Material von 650 kg/m<sup>3</sup>
- Volumen Rottefläche: 18.000 m<sup>3</sup>
  - Spezifische Fracht Methan =  $4,4 \cdot 18.000 \cdot 365/100.000 = 298,1 \text{ g CH}_4/\text{Tonne behandelte Abfall}$

### *grobe Abschätzung Emissionsfracht pro Tonne Input*

## 2.2.4 Studie über die Ermittlung der Emissionssituation bei der Verwertung von Bioabfällen (CUHLS et al. 2008)

In der Studie wurden insgesamt 17 Kompostieranlagen untersucht (3 Anlagen geschlossen, 5 Anlagen teilgeschlossen, 2 Anlagen mit Kompostierung unter semipermeabler Membran, 2 offene Anlagen sowie 5 Anlagen mit Trockenvergärung und Nachrotte). Die betrachteten Emissionen umfassten die Parameter Gesamt-C, Methan, Lachgas und Ammoniak.

### Windtunnelmethode

Zur Messung der Emissionen wird bei der offenen Kompostierung die „Windtunnelmethode“ angewandt.

### 2.2.4.1 Geschlossene und teilgeschlossene Kompostierung

#### Emissionen geschlossener Anlagen

Es wurden drei geschlossene Anlagen untersucht. Bei einer Anlage war das Material sehr stark vernässt, womit der Betrieb nicht als ordnungsgemäß betrachtet werden kann. Bei den anderen beiden Anlagen wurden Emissionen von im Mittel 340 g Gesamt-C/Mg (30–650 g), 400 g Methan/Mg (50–750 g), 45,3 g NMVOC/Mg (0,65–90 g), 32 g Lachgas/Mg (14–51 g) und 54 g Ammoniak/Mg (15–93 g) jeweils im Reingas nach dem Biofilter ermittelt.

Bei der Anlage mit vernässtem Material wurden 2.780 g Gesamt-C/Mg, 2.210 g Methan/Mg, 2.115 g NMVOC/Mg (1.130–3.100 g), 7,7 g Lachgas/Mg und 15 g Ammoniak/Mg im Reingas nach dem Biofilter gemessen.

#### Emissionen teilgeschlossener Anlagen

Die Emissionen der geschlossenen Bereiche der fünf teilgeschlossenen Anlagen liegen nach dem Biofilter im Mittel bei 615 g Gesamt-C/Mg (110–1.530 g), 199,5 g NMVOC/Mg (2,5–790 g), 657 g Methan/Mg (150–1.510 g), 64 g Lachgas/Mg (18–120 g) und 60 g Ammoniak/Mg (15–120 g). Diese Werte enthalten nicht die Emissionen in der Nachrotte.

#### Emissionsfaktoren

Aus den Ergebnissen der Messungen wurden in der Studie (CUHLS et al. 2008) folgende Emissionsfaktoren für geschlossene und teilgeschlossene Anlagen angesetzt:

- Gesamt-C: 580 g/Mg
- NMVOC: 57 g/Mg
- Methan: 710 g/Mg
- Lachgas: 68 g/Mg
- Ammoniak: 63 g/Mg

### 2.2.4.2 Offene Kompostierung

#### Bio- und Grünabfallverwertung:

#### Emissionen offener Anlagen

In einer Anlage werden gemischte Bio- und Grünabfälle verwertet. Die Anlage betreibt insgesamt drei unbelüftete Tafelmieten (Höhe 3,5 m) über einen Zeitraum von 16 bis 20 Wochen. In dieser Anlage wurden während der Messphase die Rottemieten nach der 8. bis 9. Rotteweche und nach der 13. bis 15. Rotteweche per Radlader umgesetzt. Die ermittelten Emissionsfaktoren für den Rotteprozess mit Mittelwerten von 1.800 g/Mg Methan und 190 g/Mg Lachgas „resultieren aus nicht optimierter Betriebsführung insbesondere im Hinblick auf die praktizierten hohen unbelüfteten Mieten“ und repräsentieren nach CUHLS et al. (2008) „nicht die gute fachliche Praxis von offenen Kompostieranlagen“.

Für die Ableitung der Emissionen aus der offenen Mietenkompostierung mit Bio- und Grünabfällen, die für die nachfolgende Hochrechnung der gesamten Emissionen herangezogen werden, wurden von CUHLS et al. (2008) Literaturwerte verwendet. Die Emissionsfaktoren für das Verfahren „Offene Kompostierung mit Bio- und Grünabfallverwertung“ für die Anlieferung und Aufbereitung sowie den Rotteprozess bis zur Herstellung von Fertigkompost werden angesetzt mit:

- Gesamt-C: 1.100 g/Mg
- NMVOC: 370 g/Mg
- Methan: 1.000 g/Mg
- Lachgas: 110 g/Mg
- Ammoniak: 470 g/Mg

Die für die offene Kompostierung von Bio- und Grünabfällen abgeleiteten Emissionsfaktoren enthalten neben nicht näher spezifizierten Literaturwerten auch die Messwerte der nicht nach guter fachlicher Praxis operierenden untersuchten Anlage. Demnach ist davon auszugehen, dass Anlagen mit guter fachlicher Praxis geringere Emissionsfaktoren aufweisen.

#### **Ausschließliche Grünabfallverwertung:**

Die Emissionsmessungen wurden an einer Anlage durchgeführt. Die Anlage betreibt insgesamt sieben unbelüftete Trapezmieten, in denen die Grünabfälle über einen Zeitraum von etwa 16 Wochen kompostiert werden. Die Rottemieten werden nach der 4. und nach der 12. Rotteweche umgesetzt.

Die Emissionsfaktoren für das Verfahren „Offene Kompostierung mit Grünabfallverwertung“ für die Anlieferung und Aufbereitung sowie den Rotteprozess bis zur Herstellung von Fertigkompost wurden wie folgt angesetzt:

- Gesamt-C: 1.100 g/Mg
- NMVOC: 490 g/Mg
- Methan: 850 g/Mg
- Lachgas: 72 g/Mg
- Ammoniak: 350 g/Mg

#### **2.2.4.3 Kompostierung mit Trockenvergärung und Nachrotte**

Insgesamt wurden fünf Anlagen untersucht. Nach CUHLS et al. (2008) werden die folgenden Emissionsfaktoren für das Verfahren angesetzt:

- Gesamt-C: 3.700 g/Mg
- NMVOC: 900 g/Mg
- Methan: 3.700 g/Mg
- Lachgas: 120 g/Mg
- Ammoniak: 200 g/Mg

Davon entfallen 2.500 g/Mg Gesamt-C, 600 g/Mg NMVOC, 2.500 g/Mg Methan, 15 g/Mg Lachgas und 90 g/Mg Ammoniak auf die Summe der Emissionen bis zur Herstellung und Zwischenlagerung von Gärprodukten, d. h. die Emissionen aus der Abpressung des Gärrückstandes, Bereitstellung des festen Gärproduktes und Zwischenlagerung des flüssigen Gärproduktes.

#### ***Emissionsfaktoren***

#### ***Emissionsfaktoren***

#### ***Emissionen bei der Kompostierung von Gärrückständen***

#### ***Emissionsfaktoren***

Der Rest der Emissionen entfällt auf Herstellung und Zwischenlagerung von Fertigkompost, d. h. die Emissionen aus der Anlieferung und mechanischen Aufbereitung, die Emissionen aus der Nachrotte für Vollstromtrockenvergärungsanlagen bzw. Hauptrotte und Nachrotte für Teilstromtrockenvergärungsanlagen sowie die Emissionen aus der Zwischenlagerung von erzeugtem Fertigkompost.

Die Emissionen bei der Lagerung der Gärprodukte sind hinsichtlich Methan (2.000 g/Mg), NMVOC (400 g/Mg) und Ammoniak (80 g/Mg) für die Gesamtemissionen sehr relevant.

Obwohl insgesamt fünf Anlagen untersucht wurden, basieren die Emissionsfaktoren dennoch nicht immer auf Daten aller fünf Anlagen. So wurden beispielsweise betreffend der Emissionen aus der Lagerung der flüssigen Gärreste nur Daten einer Anlage mit aufgenommen.

***schwer erklärbare  
Resultate***

Teilweise zeigen die Einzelergebnisse nach CUHLS et al. (2008) schwer erklärbare Resultate, die möglicherweise auf einen nicht ordnungsgemäßen Betrieb des Biofilters hinweisen oder die in einer zeitlich versetzten Messung von Zu- und Abluft des Biofilters begründet sind. So weisen drei Anlagen im Rohgas geringere NMVOC-Emissionsfaktoren als im Reingas auf, bei zwei Anlagen kommt es zu einer deutlichen Erhöhung des Emissionsfaktors für Methan (im Extremfall von 2.160 g/Mg im Rohgas auf 3.220 g/Mg im Reingas).

## 2.2.4.4 Zusammenstellung der Ergebnisse auf Anlagenebene

Tabelle 5: Literaturrecherche Kenndaten & Ergebnisse CUHLS et al. (2008).

Parameter	geschlossen Anlage 1	geschlossen Anlage 2	geschlossen Anlage 3 (vernässt)	teil- geschlossen Anlage 1*	teil- geschlossen Anlage 2*	teil- geschlossen Anlage 3*	teil- geschlossen Anlage 4*	teil- geschlossen Anlage 5*	teil- geschlossen Anlage 6*	offen Anlage 1**	offen Anlage 2
Materialmischungen	Bio & Grünabfälle	Bio & Grünabfälle	Bio & Grünabfälle	k. A.	Bio & Grünabfälle	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	Bio- und Grünabfall	Grüngut
Belüftung	Druck	Saug	Saug	k. A.	Druck + passiv	Saug + passiv	Saug + passiv	Druck	Druck	passiv	passiv
Rottedauer Hauptrotte	8 Wochen	3–4 Wochen	6 Wochen	k. A.	10 Tage	2 Wochen	2 Wochen	2,5–3 Wochen	2,5–3 Wochen	16–20 Wochen	16 Wochen
Umsetzrate Hauptrotte	wöchentlich	wöchentlich	wöchentlich	k. A.	keine	keine	keine	2 pro Woche	2 pro Woche	nach 8–9 und 13–15 Wochen	nach 4. und 12. Rotteweche
Rottedauer Nachrotte	keine Nachrotte	keine Nachrotte	7 Wochen	3 Monate	variabel	variabel	1–2 Wochen	4 Wochen	4 Wochen	keine Nachrotte	keine Nachrotte
Umsetzrate Nachrotte	-	-	1 pro Woche	k. A.	k. A.	1 pro Woche	1 pro Woche	2 pro Woche	2 pro Woche	-	-
Ergebnis CH <sub>4</sub> g/Mg	50	750	2.210	1.510	1.240	450	150	360	230	1.800	850
Ergebnis NH <sub>3</sub> g/Mg	15	93	15	15	0	99	120	42	25	0	350
Ergebnis N <sub>2</sub> O g/Mg	14	51	7,7	120	51	79	18	76	38	190	72

\* ... Ergebnisse enthalten nur Emissionen der Hauptrotte

\*\* ... Anlage entspricht nicht dem Stand der Technik

### **2.2.5 Studie über THG-Emissionen von Kompostierungsanlagen und Vergärungsanlagen (PHONG 2012)**

In dieser Studie sind u. a. die Ergebnisse von sieben Dreiecksmieten mit Bioabfällen und Grünschnitt sowie zwei Trapezmieten mit ausschließlich Grünschnitt bei jeweils offener Kompostierung ohne Belüftung dargestellt.

Die Dreiecksmieten unterscheiden sich hinsichtlich der Mietengeometrie (4 \* 1,5 bis 5 \* 2,6 m), der Umsetzhäufigkeiten (0,02- bis 2-mal pro Woche) und der Rottdauer (3,5 bis 47 Wochen).

Die Trapezmieten unterscheiden sich hinsichtlich der Mietengeometrie (20 \* 3 bzw. 80 \* 3 m), der Umsetzhäufigkeiten (0,1- bzw. 0,06-mal pro Woche) und der Rottedauer (21 bzw. 16 Wochen).

**Tunnelmethode** Zur Messung der Emissionen wird die Tunnelmethode angewandt. Untersucht wurden die Parameter Methan, Ammoniak und Lachgas.

Tabelle 6: Literaturrecherche Kenndaten &amp; Ergebnisse PHONG (2012).

<b>Parameter</b>	<b>offen Miete 1</b>	<b>offen Miete 2</b>	<b>offen Miete 3</b>	<b>offen Miete 4</b>	<b>offen Miete 5</b>	<b>offen Miete 6</b>	<b>offen Miete 7</b>	<b>offen Miete 8</b>	<b>offen Miete 9</b>
Materialmischungen	Bio & Grünabfälle	Bio & Grünabfälle	Bio & Grünabfälle	Bio & Grünabfälle	Bio & Grünabfälle	Bio & Grünabfälle	Bio & Grünabfälle	Grünabfälle	Grünabfälle
Belüftung	passiv	passiv	passiv	passiv	passiv	passiv	passiv	passiv	passiv
Mietengeometrie (in m)	Dreiecksmiete 5 * 2,6	Dreiecksmiete 5–6 * 2–2,3	Dreiecksmiete 4,5 * 1,6	Dreiecksmiete 4 * 1,5	Dreiecksmiete 4 * 1,5	Dreiecksmiete 4 * 1,5	Dreiecksmiete 4 * 1,5	Trapezmiete 20 * 3	Trapezmiete 80 * 3
Rottedauer Hauptrotte	5 Wochen	47 Wochen	14 Wochen	3,5 Wochen	10 Wochen	4,5 Wochen	10 Wochen	21 Wochen	16 Wochen
Umsetzrate Hauptrotte	0,2 pro Woche	0,02 pro Woche	0,4 pro Woche	2 pro Woche	2 pro Woche	2 pro Woche	2 pro Woche	0,1 pro Woche	0,06 pro Woche
Ergebnis CH <sub>4</sub> g/Mg	3.600	5.500	5.300	920	1.800	1.200	1.100	1.700	7.129
Ergebnis NH <sub>3</sub> g/Mg	100	100	150	140	875	330	275	2	0
Ergebnis N <sub>2</sub> O g/Mg	3	43	51	22	75	94	101	36	13

### 2.2.6 Studie über die Kompostierung biogener Abfälle und deren THG-Emissionen (ANDERSEN 2010)

In Aarhus wurden im Jahr 2007 16.220 t Gartenabfälle aus gewerblichen und privaten Quellen in 9 m breiten und 4,5 m hohen Mieten 10–14 Monate lang kompostiert. Alle 2 Monate wurden die nicht belüfteten Mieten mit einem Radlader umgesetzt.

**Messergebnisse** Der O<sub>2</sub>-Gehalt im Kern der Miete lag bei 4–8 Vol.-%. Für Methan wurde im Kern eine Durchschnittskonzentration von Methan von 22 % gemessen, mit einem Maximum von 44 %. Bei der Messstelle im oberen Bereich der Miete wurden im Schnitt 11 % und an den äußeren seitlichen Probenahmestellen 2–3 % Methan gemessen.

Andersen verweist auf BECK-FRIIS et al. (2000), die eine Zunahme der Methankonzentration mit der Höhe der Miete nachgewiesen haben.

Insbesondere im Bereich ab 150 Tagen Rottedauer werden die höchsten Methankonzentrationen gemessen.

Andersen führt die hohe Methankonzentration auch auf die langen Umsetzintervalle zurück.

**Tracer Technik** Zur Messung der Emissionen wurde eine Tracer Technik verwendet, bei der eine kontrollierte Tracer-Gasfreisetzung mit Gaskonzentrationsmessungen (FTIR-Spektrometer) an der windabgewandten Seite kombiniert wurde. Untersucht wurden die Parameter Methan, CO, CO<sub>2</sub> und Lachgas.

*Tabelle 7:  
Literaturrecherche  
Kenndaten  
ANDERSEN (2010).*

Parameter	Beschreibung
Materialmischungen	Gartenabfälle
Belüftung	keine
Mietengeometrie	Dreiecksmiete 9 * 4,5 m
Umsetzintervall	alle 2 Monate
Umsetzgerät	Radlader
Rottedauer	10–14 Monate
Messzeitraum	Oktober 2007 und April 2008 jeweils 1 Tag
Gemessene Emissionsparameter Abluft	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Methan (CH<sub>4</sub>)</li> <li>● Lachgas (N<sub>2</sub>O)</li> <li>● Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)</li> <li>● Kohlenstoffmonoxid (CO)</li> </ul>

**Emissionsfaktoren** Aus der Studie lassen sich Emissionsfaktoren für Methan von 2,4 kg/t Feuchtmasse (FM) und für Lachgas von 0,06 kg/t FM ableiten.



## 2.2.7 Studie über die Berechnung von THG-Emissionen an drei Anlagenstandorten zur Kompostierung in Dänemark (SCHEUTZ et al. 2011)

In der Studie wurden drei Kompostanlagen in Dänemark untersucht: Aarhus, Fakse und Klintholm. Die Anlage in Aarhus wurde bereits im Kapitel 2.2.6 detailliert beschrieben. Für die Anlage Klintholm werden im Text keine mit anderen Literaturstellen vergleichbaren Emissionsfaktoren genannt (g/h ohne Angabe der Inputmengen).

In Fakse werden Gartenabfälle (6.900 t), Klärschlamm (8.200 t) und Stroh (1.200 t) in 4 m breiten und 2 m hohen, nicht belüfteten Mieten kompostiert. Wöchentlich werden die Mieten mit einem Mietenumsetzgerät umgesetzt.

Zur Messung der Emissionen wurde eine Tracer Technik verwendet, bei der eine kontrollierte Tracer-Gasfreisetzung mit Gaskonzentrationsmessungen (FTIR-Spektrometer) an der windabgewandten Seite kombiniert wurde.

Gemessen wurden die Parameter Methan, Lachgas und CO<sub>2</sub>.

### Tracer Technik

Parameter	Beschreibung
Materialmischungen	Gartenabfälle (42 %), Klärschlamm (50 %), Stroh (8 %)
Belüftung	keine
Mietengeometrie	Dreiecksmiete 4 * 2m
Umsetzintervall	wöchentlich
Umsetzgerät	Umsetzgerät
Rottedauer	k. A.
Messzeitraum	Oktober 2006, 1 Tag
Gemessene Emissionsparameter Abluft	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Methan (CH<sub>4</sub>)</li> <li>● Lachgas (N<sub>2</sub>O)</li> <li>● Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)</li> </ul>

Tabelle 8:  
Literaturrecherche  
Kenndaten  
SCHEUTZ et al. (2011).

Aus der Studie lassen sich Emissionsfaktoren für Methan von 0,16 kg/t Feuchtmasse (FM) und für Lachgas von 0,09 kg/t FM ableiten. Da in der Originalliteratur die Emissionen in g/h\*m<sup>3</sup> angegeben sind, wurden für die Umrechnung folgende Annahmen getroffen:

- 1m<sup>3</sup> FM = 650 kg
- Rottedauer = 100 Tage

Da die Umlegung der Messwerte eines Tages auf längerer Zeiträume wie etwa 100 Tage fraglich ist, wurden die Ergebnisse dieser Anlage nicht für weitere gegenüberstellende Betrachtungen herangezogen.

### Emissionsfaktoren

## 2.3 Recherche zu Mietengaskonzentrationen

### 2.3.1 Bachelorarbeit „Betriebsdatenerhebung zur Optimierung von Kompostieranlagen“ (LUGMAYR 2010)

**Analytik** In dieser Studie wurden die Geruchs- und Schadstoffkonzentrationen jeweils einer unbelüfteten und einer belüfteten Klärschlamm- und Biomiete am Anlagenstandort zur Kompostierung in Wieselburg einander gegenübergestellt. Der Messzeitraum erstreckte sich über vier Wochen. Die Mietengaszusammensetzung wurde jeden zweiten Tag über eine Messlanze gemessen, die Analyse erfolgte mittels Infrarot-Spektrometrie und elektrochemischen Sensoren. Die Geruchsproben wurden wöchentlich über eine Vorrichtung aus Kunststoffhalbrohren, die mit einer Kunststoffolie überspannt wurden, genommen.

Tabelle 9: Literaturrecherche Kenndaten LUGMAYR (2010).

Parameter	Beschreibung
Materialmischungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Klärschlamm (ca. 33 %; kommunaler kalkstabilisierter Überschussschlamm aus den Bezirken Scheibbs und Melk), gemischt mit ca. 66 % Grünschnitt/Strukturmaterial</li> <li>● Bioabfall (ca. 60 %; kommunal aus den Bezirken Scheibbs und Melk), gemischt mit ca. 40 % Grünschnitt/Strukturmaterial</li> </ul>
Mietengeometrie	4,5 m Breite (zwischen 4 und 5 m, Mietenquerschnitt von ca. 6 m <sup>2</sup> ), Mietenlängen ca. 80 m
Umsetzintervall	1x wöchentlich (mit einem traktorbetriebenen Umsetzer für den seitenversetzten Betrieb)
Messzeitraum	4 Wochen
Messpunkte bzw. Messreihen	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Miete Klärschlamm mit Grünschnitt – saugbelüftet</li> <li>● Miete Bioabfall mit Grünschnitt – saugbelüftet</li> <li>● Miete Klärschlamm mit Grünschnitt – unbelüftet</li> <li>● Miete Bioabfall mit Grünschnitt – unbelüftet</li> </ul>
gemessene Emissionsparameter Abluft	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Geruchsmessung: wöchentlich nach Aufsetzen der Mieten</li> <li>● Ammoniak (NH<sub>3</sub>) jeden 2. Tag mittels Mietengasmessgerät</li> <li>● Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) jeden 2. Tag mittels Mietengasmessgerät</li> <li>● Methan (CH<sub>4</sub>) jeden 2. Tag mittels Mietengasmessgerät</li> <li>● Sauerstoff (O<sub>2</sub>) jeden 2. Tag mittels Mietengasmessgerät</li> <li>● Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) jeden 2. Tag mittels Mietengasmessgerät</li> <li>● Temperatur jeden 2. Tag mittels Temperaturmessgerät (bzw. kontinuierlich durch Anlagenbetreiber mittels Messlanzen)</li> </ul>

Tabelle 10: Literaturrecherche Ergebnisse LUGMAYR (2010).

Parameter	Einheit	Klärschlamm belüftet	Klärschlamm unbelüftet (Vol.-%)	Biomüll belüftet (Vol.-%)	Biomüll unbelüftet (Vol.-%)
O <sub>2</sub>	Vol.-%	14–20	8–19	8–16	1–10
CO <sub>2</sub>	Vol.-%	1,5–6	6–13	5–13	7–45
CH <sub>4</sub>	Vol.-%	0	max. 3 Durchschnitt: 1	max. 2	max. 36 Durchschnitt: 10–15
NH <sub>3</sub>	ppm	7–68	5–30	6 bis > 200	5–172
H <sub>2</sub> S	ppm	0–1	0–12	0–28	0–60
T	°C	max. 83	max. 76	max. 81	max. 78
Geruch	GE/m <sup>3</sup>	ca. Hälfte des Niveaus der unbelüfteten Miete	137–336 in den ersten 3 Wochen (1.550 bei Umsetzung)	38–460 in den ersten 3 Wochen (1.452 bei Umsetzung)	517–2.069 in den ersten 3 Wochen (8.770 bei Umsetzung)

*Kursiv ... abgelesen aus Grafik*

### Ergebnisse (Auszug der Studie):

- Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid verhielten sich über den gesamten Versuchszeitraum annähernd gegenläufig. Dies bedeutet, dass bei einem hohen CO<sub>2</sub>-Gehalt der O<sub>2</sub>-Gehalt niedrig ist. Durch das Umsetzen steigt der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der unbelüfteten Miete stark an, weil die Mikroorganismen abrupt Sauerstoff erhalten und daher die Abbauleistung steigt. Auffallend zeigte sich, dass der CO<sub>2</sub>-Gehalt der unbelüfteten Biomiete bereits am ersten Messtag 45 Vol.-% aufwies, bei sehr geringen O<sub>2</sub>-Gehalten.
- Aufgrund seiner zahlreichen niedermolekularen organischen Verbindungen weist der Bioabfall im Vergleich zum Klärschlamm wesentlich höhere Methanbildungsraten auf. Bereits am ersten Messtag zeigten sich bei der unbelüfteten Biomiete Methankonzentrationen von 11,5 Vol.-%.
- Im Vergleich zu den Klärschlammieten wiesen die Biomieten auch höhere NH<sub>3</sub>-Konzentrationen auf. Die Konzentrationen der unbelüfteten Miete überschritten am Beginn der Messung die maximal erfassbaren Konzentrationen des Mietengasmessgerätes (> 200 ppm).

Emittierte Frachten mit Bezug auf die Inputmaterialien konnten aus den vorhandenen Messdaten nicht abgeschätzt werden.

### 2.3.2 Gutachten „Bewertung der durchgeführten Gaskonzentrationsmessungen in der Lobau“ (BINNER ET AL. 2014)

Seit dem Jahr 2011 bis heute werden am Standort der Kompostierungsanlage Lobau sowohl die Parameter Temperatur in der Rotte als auch die Konzentrationen der Mietengase Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid und Methan im Mietenkern (sowohl vor als auch nach dem Umsetzen) überwacht und aufgezeichnet. Darüber hinaus werden weitere Parameter wie Wassergehalt, Umgebungstemperatur, Wasserverbrauch und Umsetzungsvorgänge aufgezeichnet.

Bis dato konnten damit mehr als 46.000 Messdaten aufgezeichnet werden, wobei 44.540 für die Bewertung berücksichtigt wurden.

**gemessene  
Parameter**

**Ergebnisse (Auszug der Studie, aus dem Englischen übersetzt):**

- Porengas-Konzentration**
- 13.862 Messungen von **Porengas-Konzentrationen vor und nach dem Umsetzen** wurden ausgewertet. Während des Umsetzens wird Porengas in die Atmosphäre freigesetzt. Demzufolge werden die Konzentrationen an Methan im Porengas beim Umsetzen reduziert (vor dem Umsetzen überschreiten 50,5 % der Messungen 1 Vol.-%; nach dem Umsetzen überschreiten nur 33,9 % der Messungen 1 Vol.-%). Ein ähnliches Bild zeigt sich für CO<sub>2</sub> und die Summe an O<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub>. Im Gegensatz dazu bleibt die O<sub>2</sub>-Konzentration gering (vor dem Umsetzen unterschreiten 52,1 % der Messungen 1 Vol.-%; nach dem Umsetzen unterschreiten 56,0 % der Messungen 1 Vol.-%). Dies lässt den Schluss zu, dass (zu häufiges) Umsetzen nicht immer die Sauerstoffversorgung verbessert (die Sauerstoffversorgung verbessert sich nur dann, wenn sich konvektive Luftströme ausbilden können).
- Methanbildung**
- **Methan** ist ein Treibhausgas, welches ein um den Faktor 25 höheres THG-Potential als CO<sub>2</sub> aufweist (IPCC, 2007). Demzufolge ist die Bildung von Methan (anaerobe Zonen) weitestgehend zu unterbinden. Andererseits ist bekannt, dass Metaboliten des anaeroben Abbaus die Bildung von Huminstoffen fördern (welche die Kompostqualität erhöhen), sofern nachfolgend aerobe Bedingungen herrschen. Demzufolge sollte die Ausbildung anaerober Zonen nicht forciert werden, jedoch auch nicht zwanghaft vollständig unterbunden werden. Darüber hinaus führen Methankonzentrationen, welche im Porengas gemessen wurden, nicht zwangsläufig zu Methanemissionen in die Atmosphäre. Die Methanbildung erfolgt vorwiegend während geringer Konvektion. In diesem Stadium der geringen Konvektion erfolgt auch nur ein geringer Austrag von Abluft (und somit auch Methan) aus der Miete (bei hoher Konvektion würde dementsgegen ein Eintrag von O<sub>2</sub>-reicher Luft in die Miete erfolgen und anaerobe Bedingungen würden reduziert). Entsprechend dem Stand der Technik der Kompostierung (Amlinger et al., 2005A) sollten Methankonzentrationen im Porengas den Richtwert von 1 Vol. % nicht übersteigen. Diese Schwelle wird im gegenständlichen Gutachten im Speziellen für die Intensivrottephase als zu strikt angesehen<sup>4</sup>. Derzeit gibt es in Österreich eine Diskussion über eine Änderung dieses Richtwertes.
- Sauerstoffbedarf**
- Während des Rotteprozesses ändert sich der Bedarf an **Sauerstoff**. Im Zuge der Intensivrotte werden leicht verfügbare organische Komponenten schnell abgebaut und bewirken einen hohen Sauerstoffbedarf. Zu späteren Rottezeitpunkten nehmen die Abbaurate und damit auch der Sauerstoffbedarf ab (nicht leicht abbaubare Komponenten werden von Mikroben verbraucht). Der Stand der Technik der Kompostierung (AMLINGER et al. 2005a) definiert 5 Vol.-% als Minimum-Konzentration, welche während offener Kompostierungsprozesse nicht unterschritten werden soll. Nur unter extremen Verhältnissen sind geringere Konzentrationen zulässig. Für offene Kompostierungsprozesse wird im gegenständlichen Gutachten ein optimaler Bereich an O<sub>2</sub> in der Porenluft von > 10 Vol.-% empfohlen. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass sowohl in offenen als auch in geschlossenen Systemen dieser Wert während der Intensivrotte nicht garantiert werden kann, erscheint der Wert aus dem Stand der Technik der Kompostierung (AMLINGER et al. 2005a) von 5 Vol.-%

<sup>4</sup> In einem Gutachten aus dem Jahr 2013 (Huber-Humer et al. 2013) zur Beurteilung von Methanemissionen der Anlage Lobau werden kurzfristige Methankonzentrationen von bis zu 4 Vol.-% selbst bei O<sub>2</sub>-Konzentrationen von noch 5 Vol.-% und CO<sub>2</sub>-Konzentrationen <21 Vol.-% bestätigt.

als Schwelle geeignet, ab dem Handlungsbedarf im Hinblick auf die Ergriffung von Maßnahmen zur Erhöhung der Sauerstoffversorgung besteht.

- Einen großen Einfluss auf die Porengas-Zusammensetzungen und –Konzentrationen hat die **Rottetemperatur**. Wie bereits erwähnt, bedeutet eine hohe Temperatur auch einen intensiven Abbau, welcher zu hohem Sauerstoffbedarf führt. Demzufolge gehen hohe Temperaturen auch mit niedrigeren Konzentrationen an O<sub>2</sub>, aber höheren Konzentrationen an Methan und CO<sub>2</sub> einher.

Rottetemperatur
- Anders als die Rottetemperatur hat die **Umgebungstemperatur** bei der Anlage Lobau (Mietenhöhe 2,0 m, kleine Partikelgröße, niedriges freies Luftvolumen) nur geringe Auswirkungen auf die Porengas-Konzentrationen und auch auf die Rottetemperatur selbst. Für kleinere Mietengrößen und andere Strukturmaterial-Aufbereitung würden sich u. U. andere Ergebnisse zeigen.

Umgebungstemperatur
- Die Ergebnisse zeigen einen **Einfluss der Jahreszeit** auf die Porengas-Konzentrationen. Während der Wintermonate zeigen sich die niedrigsten Methankonzentrationen (und höchsten O<sub>2</sub>-Konzentrationen). Die Ursache dafür kann im unterschiedlichen Anteil an strukturreichen und kleinporigen Inputmaterialien liegen (höherer Anteil an Strauch- und Baumschnitt im Frühling und Sommer sowie höherer Anteil an Grasschnitt im Sommer).

Einfluss der Jahreszeit
- Für den **optimalen Wassergehalt** einer Miete sind die Dimension der Miete (Höhe) und die Strukturstabilität des Rottematerials zu berücksichtigen. Hohe Mieten führen zur Kompaktierung und zur Abnahme des freien Luftvolumens. Je höher die Mieten, umso geringer ist der Wassergehalt anzusetzen. Für die Anlage Lobau (offene Kompostierung strukturarmer Materialien mit hoher Wasserspeicherfähigkeit in 2 m hohen Mieten) wird ein optimaler Wassergehalt zwischen 50 und 60 % abgeschätzt.

Wassergehalt
- Die Bewertung der Daten zeigt, dass die **Überwachung der Konzentrationen im Porengas** zusätzlich zur Rottetemperatur eine wertvolle Information über das Funktionieren des Rotteprozesses darstellt. Die Überwachung der Konzentrationen an O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> und/oder Methan (CH<sub>4</sub>) im Porengas gibt Aufschluss über die vorherrschenden Milieubedingungen. Aerobe Mikroben verwenden O<sub>2</sub> für den Abbau der organischen Komponenten. Unter streng aeroben Bedingungen wird O<sub>2</sub> in ein äquivalentes Volumen an CO<sub>2</sub> umgewandelt. Demnach ist theoretisch die Summe aus O<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> (unter strikt aeroben Bedingungen) niemals über 20,8 Vol.-% (= O<sub>2</sub>-Konzentration in der Luft). Gemessene Werte größer 20,8 Vol.-% geben demnach bereits Hinweise auf beginnende anaerobe (unerwünschte) Milieubedingungen, auch wenn zu diesem Zeitpunkt noch kein Methan (CH<sub>4</sub>) gemessen werden kann.

Überwachung Porengas
- Wie bereits erwähnt, sind die 20,8 Vol.-% als **Summe aus O<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub>** eine theoretische Grenze. Messunsicherheiten (oftmalige Verwendung einfacher, nicht validierter Messgeräte) und nicht vermeidbare anaeroben Bedingungen (z. B. in sehr vernässten Bereichen) erfordern einen Toleranzbereich für die Festlegung einer tolerierbaren Grenze. Für offene Kompostierungsanlagen erscheint ein Summenwert für O<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> bis maximal 25 Vol.-% tolerierbar. Höhere Summenwerte sollten vermieden werden.

Summe aus O<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub>

## 2.4 Zusammenfassung der Literaturrecherche

### **wesentliche emissions- beeinflussende Faktoren**

Die Zusammenschau in Tabelle 11 und Tabelle 12 stellt ausgewählte Emissionsdaten unter Angabe relevanter Prozesskennndaten gegenüber. Es zeigt sich, dass die in der Literatur und in diversen Messberichten ermittelten Emissionsbereiche in Abhängigkeit von den nachfolgenden Kenngrößen bedeutend schwanken:

- Ausgangsmaterial
- Mietengeometrie
- Umsetzintervalle
- Belüftungstechnik/Kapselung
- Gesamttrottedauer: hier ist neben der Gesamttrottedauer auch zu berücksichtigen, ob die Nachrotte inkludiert ist
- Messmethoden

Wesentlich für geringe Methanemissionen aus der Kompostierung ist eine ausreichende Luftversorgung, die insbesondere von der Menge des beigemengten Strukturmaterials abhängt, wobei zusätzlich eine entsprechende Aufbereitung des Strukturmaterials wichtig ist.

Entsprechende Hinweise auf die zugesetzten Mengen an Strukturmaterial sowie die Art der Aufbereitung des Strukturmaterials finden sich in keiner der gesichteten Studien.

### **Ausgewählte Erkenntnisse aus der Literaturrecherche**

Wie bereits betont, unterscheiden sich die wesentlichen Prozesskenngrößen in der gesichteten Literatur teilweise sehr stark. Die gemessenen Emissionen können vielfach nicht nur einer Prozesskenngröße zugeordnet werden (z. B. wenn sehr lange Rottezeiten und geringe Umsetzhäufigkeit zusammenfallen). Ebenso können sehr kurze Rottezeiten dazu führen, dass sich das kompostierte Material noch nicht in der Nachrotte befindet. Lachgas wird dann noch nicht bzw. nur in geringen Mengen gebildet, wodurch die Gesamtemissionen vergleichsweise geringer ausfallen.

### **Schlussfolgerungen**

Unter diesen Gesichtspunkten sind auch die folgenden Erkenntnisse aus den Literaturrecherchen zu betrachten:

- Sowohl geschlossene als auch offene Anlagen können z. B. durch zu hohe Feuchtigkeitsgehalte der Kompostausgangsmaterialien oder mangelnde Umsetzungshäufigkeit vergleichbar hohe Methanemissionen aufweisen.
- Es kann nicht pauschal davon ausgegangen werden, dass bei der Kompostierung von Grünabfällen geringere Emissionen als bei der Kompostierung von Biotonnenmaterial oder Klärschlamm auftreten, da auch bei der Kompostierung von Grünabfall sehr hohe Methanemissionen möglich sind (vgl. ANDERSEN 2010 oder PHONG 2012).
- Bei offener Prozessführung zeigen Trapezmieten mit geringen Umsetzintervallen im Vergleich zu Dreiecksmieten mit höheren Umsetzintervallen bedeutend höhere Emissionen. Längere Umsetzintervalle (weniger als 1x wöchentlich) verschlechtern die Emissionssituation signifikant (vgl. Ergebnisse von PHONG 2012).

- Umsetzen bei offener Prozessführung (in Form von Dreiecksmieten) nicht werktäglich sondern alle 2 Tage kann die Emissionsituation verbessern (vgl. Ergebnisse von ELLINGER et al. 2012).
- Nicht alle Messmethoden ermöglichen eine Erfassung aller auftretenden Emissionen bei unterschiedlichen Betriebszuständen (z. B. während des Umsetzens) (vgl. Ergebnisse von HRAD et al. 2012 im Vergleich zu ELLINGER & HÜBNER 2012 und ELLINGER et al. 2012).
- Lange Gesamttrottedauern erhöhen die Methanemissionen (vgl. ANDERSEN 2010 und PHONG 2012).
- Große Dreiecksmieten emittieren mehr Methan als kleinere Dreiecksmieten (vgl. PHONG 2012).

Die Festlegung von Emissionsfaktoren in Form von Mittelwerten/Bandbreiten für unterschiedliche Prozessführungen (z. B. offene vs. (teil)geschlossene Verfahren) ist auf Basis der vorliegenden Daten nicht möglich. Im Hinblick auf die Emissionen an Methan, Ammoniak und Lachgas kann beim Vergleich der offenen mit der geschlossenen/(teil)geschlossenen Prozessführung auf Basis der Rechercheergebnisse keine Aussage getroffen werden, welches System sich insgesamt vorteilhaft zeigt.

## Resümee

CUHLS et al. (2008) ziehen über ihre Versuche folgendes Resümee:

*„Das breite Spektrum macht deutlich, dass in erster Linie betriebliche Ursachen das Emissionsgeschehen bestimmen. Gut geführte und mit Sorgfalt betriebene Anlagen erreichen bestmögliche Ergebnisse. Die Technik allein ist nicht entscheidend. Der Vermutung, dass druckbelüftete Verfahren signifikant die geringsten Emissionen verursachen, sollte nachgegangen werden. Geschlossene Systeme bringen im Fall von ungünstigen Standortverhältnissen den erheblichen Vorteil der Geruchs-, Staub-, Keim-, NH<sub>3</sub>- und NMVOC-Abscheidung im Biofilter mit sich. Für die Reduktion von Methan und Lachgas bleibt der Biofilter wirkungslos. Vielmehr wird Lachgas durch biologische Umsetzungen des Ammoniaks im Biofilter neu gebildet.“*

Im Hinblick auf Geruchs-, Staub-, Keim-, Ammoniak- und NMVOC-Emissionen zeigen geschlossene Systeme generell den Vorteil, die gefassten Abluftströme über einen Wäscher/Biofilter einer Reinigung zuführen zu können.

Die Methangasbildung kann nicht bzw. nur geringfügig in einem Biofilter verringert werden, bei einer Vernässung des Biofilters kann es zu einer Erhöhung der Methanemissionen kommen.

Lachgas kann im Biofilter nicht reduziert werden. Vielmehr findet beim Abbau von Ammoniak eine Neubildung von Lachgas statt. Bei erhöhten Ammoniakgehalten im Rohgas ist deshalb eine Vorschaltung eines sauren Wäschers zur Entfernung von Ammoniak sinnvoll.

Tabelle 11: Ausgewählte Rechercheergebnisse zu luftgetragenen Emissionen I.

Kenngröße	Einheit	ELLINGER & HÜBNER (2012) (Haubenmessung)	ELLINGER et al. (2012) (Haubenmessung)	ELLINGER et al. (2012) (Haubenmessung)	HRAD et al. (2012) (optische Fernmessung)	CUHLS et al. (2008)	CUHLS et al. (2008)	CUHLS et al. (2008)*	CUHLS et al. (2008)*	CUHLS et al. (2008)*	CUHLS et al. (2008)*	CUHLS et al. (2008)*
Wesentlicher Input	-	Biotonne	Biotonne	Biotonne	Biotonne	Biotonne & Grünabfall	Biotonne & Grünabfall	Biotonne & Grünabfall	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Hauptrotte Geometrie	- B x H (m)	offen 4 x 2 (D)	offen 4 x 2 (D)	offen 4 x 2 (D)	offen 4 x 2 (D)	geschl. Tunnel	geschl. Tunnel	teilgeschl. Tunnel	teilgeschl. Tunnel	teilgeschl. Tunnel	teilgeschl. Tunnel	teilgeschl. Tunnel
Belüftung	-	passiv	passiv	passiv	passiv	Druck	Saug	Druck	Saug	Saug	Druck	Druck
Dauer	Wochen	6–10	6–10	6–10	6–10	8	3–4	ca. 1,5	2	2	2,5–3	2,5–3
Umsetzung	Anz./Woche	5	5	2–3	5	1	1	0	0	0	2	2
Nachrotte Geometrie	- B x H (m)	keine	keine	keine	keine	keine	keine	offen k. A.	offen k. A.	offen k. A.	k. A.	k. A.
Belüftung	-							passiv variabel k. A.	passiv variabel 1	passiv 1–2 1	k. A. 4 2	k. A. 4 2
Dauer	Wochen											
Umsetzung	Anz./Woche											
Fracht Methan	g/Mg	40,1	829,8	256,2	298	50	750	1.240	450	150	360	230
Fracht Ammoniak	g/Mg	n. g.	n. g.	n. g.	n. g.	15	93	0	99	120	42	25
Fracht Lachgas	g/Mg	n. g.	n. g.	n. g.	n. g.	14	51	51	79	18	76	38

\* ... Ergebnisse zu den Frachten beinhalten ausschließlich Emissionen der Hauptrotte;

D ... Dreiecksmiete



Tabelle 12: Ausgewählte Rechercheergebnisse zu luftgetragenen Emissionen II

Kenngröße	Einheit	CUHLS et al. (2008)* (Windtunnel)	CUHLS et al. (2008) (Windtunnel)	PHONG (2012)** (Tunnelmethode)	PHONG (2012)** (Tunnelmethode)	PHONG (2012)** (Tunnelmethode)	PHONG (2012)** (Tunnelmethode)	PHONG (2012)** (Tunnelmethode)	PHONG (2012)** (Tunnelmethode)	PHONG (2012)** (Tunnelmethode)	PHONG (2012)** (Tunnelmethode)	ANDERSEN (2010) (dynam. plume method)
Wesentlicher Input	-	Bio- und Grünabfall	Grünabfall	Biotonne & Grünabfall	Biotonne & Grünabfall	Biotonne & Grünabfall	Biotonne & Grünabfall	Biotonne & Grünabfall	Biotonne & Grünabfall	Grünabfall	Grünabfall	Gartenabfall
Hauptrotte Geometrie	- B x H (m)	offen k. A.	offen k. A.	offen 5 x 2,6 (D)	offen 5–6 x 2,3 (D)	offen 4,5 x 1,6 (D)	offen 4 x 1,5 (D)	offen 4 x 1,5 (D)	offen 4 x 1,5 (D)	offen 20 x 3 (T)	offen 80 x 3 (T)	offen 9 x 4 (D)
Belüftung	-	passiv	passiv	passiv	passiv	passiv	passiv	passiv	passiv	passiv	passiv	passiv
Dauer	Wochen	16–20	16	5	47	14	3,5	10	4,5	21	16	52–60
Umsetzung	Anz./Woche	2x in 20 WO	2x in 16 WO	1x in 5 WO	1x in 47 WO	1x in 14 WO	2	2	2	2x in 21 WO	1x in 16 WO	1x in 8 WO
Nachrotte Geometrie	- B x H (m)	keine	keine	keine	Keine	Keine	Keine	Keine	Keine	Keine	Keine	Keine
Belüftung	-											
Dauer	Wochen											
Umsetzung	Anz./Woche											
Fracht Methan	g/Mg	1.800	850	3.600	5.500	5.300	920	1.800	1.200	1.700	7.129	2.400
Fracht Ammoniak	g/Mg	0	350	100	100	150	140	875	330	2	0	n. g.
Fracht Lachgas	g/Mg	190	72	3	43	51	22	75	94	36	13	60

D ... Dreiecksmiete;

T ... Trapezmiete

\* Lt. CUHLS et al. (2008) entspricht Anlage nicht der guten fachlichen Praxis

\*\* keine Unterscheidung zwischen Hauptrotte und Nachrotte

### 3 PRAXIS GROSSER KOMPOSTIERUNGSANLAGEN IN ÖSTERREICH

Zu Projektbeginn wurden 14 große Kompostierungsanlagen mit einer Jahreskapazitäten zur Behandlung von biogenen Abfällen von jeweils über 5.000 Tonnen identifiziert.

**untersuchte Anlagen** Bei den 14 großen Kompostierungsanlagen wurden mittels Fragebögen Daten über die Praxis der Kompostierung erhoben. Davon waren 8 offene Anlagen, 4 teilgeschlossene und 2 geschlossene Anlagen.

Die Datenerhebung wurde in enger Kooperation mit der ARGE Kompost und Biogas durchgeführt.

Bei insgesamt 6 der 14 Anlagen wurden vor Ort Besichtigungen durchgeführt um die Daten zu validieren und allfällige Datenlücken zu füllen.

Datenlücken bei den nicht besuchten Betrieben wurden soweit wie möglich telefonisch mit der im Fragebogen genannten Kontaktperson gefüllt.

#### 3.1 Kapazitäten, behandelte Abfallmengen und erzeugte Kompostmengen

**Kapazität** Die 14 betrachteten Anlagen verfügen zusammen über eine genehmigte Jahreskapazität von 380.000 t (entspricht mehr als ein Viertel der gesamt in Österreich verfügbaren Kapazitäten). Die Kapazität der einzelnen Anlagen liegt zwischen 6.000 und 150.000 t. In diesen Anlagen wurden 2013 rund 300.000 t Ausgangsmaterial (und damit rund 25 % der insgesamt in Österreich in Kompostanlagen behandelten Abfallmengen) behandelt und daraus 135.000 t Kompost erzeugt. 74.000 t werden als Frischkompost von den Anlagen abgegeben, wovon allein von der Stadt Wien rund 43.000 t stammen.

*Tabelle 13: Kapazität, behandelte Abfallmengen und erzeugte Kompostmengen der untersuchten Kompostierungsanlagen (Quelle: Betreiberangaben).*

Kapazität (t FS)	behandelte Mengen (t FS)	erzeugte Kompostmenge (t FS)
381.324	302.403	135.015

FS ... Feuchtsubstanz

Bei vier Anlagen werden Zuschlagstoffe bei der Kompostierung eingesetzt: Erde, Pflanzenaschen, Gesteinsmehl, Holzasche oder Kalk.

Die TOC<sup>5</sup>-Gehalte und die Glühverluste der erzeugten Komposte unterscheiden sich von Anlage zu Anlage zum Teil deutlich.

<sup>5</sup> TOC total organic carbon ... gesamter organischer Kohlenstoff

Tabelle 14: TOC bzw. Glühverlust der erzeugten Komposte (Quelle: Betreiberangaben).

Parameter	Anzahl der Anlagen	von – bis (%)	Mittel (%)
TOC	9	13–35,4	24,1
Glühverlust	9	22–50,5	34,8

Die Gesamttrottedauer der biologischen Behandlung bei den betrachteten Anlagen lag zwischen 6 und 36 Wochen.

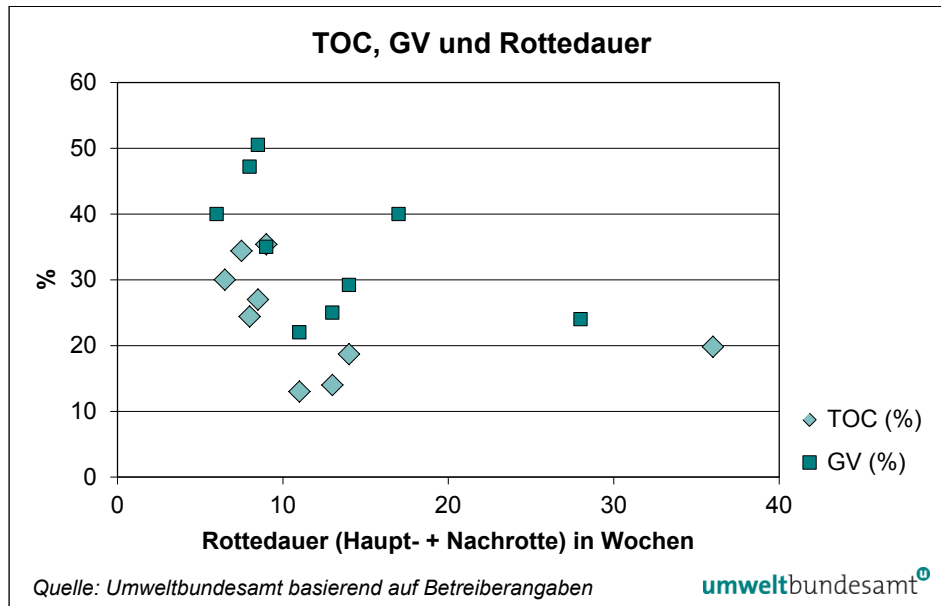


Abbildung 3:  
TOC und Glühverlust  
von Komposten  
(13 Anlagen).

### 3.2 Rottesystem

Der überwiegende Teil der untersuchten Kompostierungsanlagen wird als offene Kompostanlagen betrieben:

- 8 offene Anlagen
- 4 teilgeschlossene Anlagen (geschlossene Hauptrotte, offene Nachrotte)
- 2 geschlossene Anlagen

Die geschlossenen Anlagenteile sind bei zwei Anlagen als Tunnel ausgeführt, bei einer Anlage als Halle und bei drei Anlagen als Rotteboxen oder Rottemodule.

Eine der offen ausgeführten Anlagen (Jahresniederschlag 1.400 mm) sowie die Nachrotte einer teilgeschlossenen Anlage (Jahresniederschlag 970 mm) ist überdacht.

#### Überdachung

### 3.3 Lagerbereich und Lagerdauer

Bei allen geschlossenen und teilgeschlossenen Anlagen ist auch der Lagerraum für die zu behandelnden Abfälle geschlossen ausgeführt. Bei offenen Kompostieranlagen gibt es keine geschlossenen Lagerbereiche.

**Lagerdauer** Die maximale Lagerdauer für Abfälle mit geringer Struktur bzw. hohem Geruchspotenzial (Biotonne, Küchenabfälle, frischer Grasschnitt, Klärschlamm etc.) beträgt bei 9 Anlagen 0 bzw. 1 Tag, bei 3 Anlagen maximal 2 Tage. Bei zwei Anlagen wurden längere Lagerungszeiten der zu behandelnden Abfälle angegeben.

Bei jenen fünf Anlagen, bei denen derartige Abfälle mehr als 1 Tag gelagert werden, sind vier (teil)geschlossen ausgeführt und verfügen über einen geschlossenen Lagerbereich.

Bei offenen Anlagen werden somit Abfälle mit geringer Struktur bzw. hohem Geruchspotenzial zumeist nur für eine sehr kurze Dauer (maximal 1 Tag) gelagert.

### 3.4 Abluftreinigung

**Biofilter** Alle (teil)geschlossenen Anlagen verfügen über einen Biofilter. Zusätzlich wird die Abluft einer offenen Kompostieranlage in der Intensivrotte im Saugbetrieb einem Biofilter zugeführt.

Bei keiner der Anlagen wird die Abluft vorher einem neutralen oder sauren Wäscher zugeführt. Allenfalls findet vor dem Biofilter eine Befeuchtung der Abluft statt.

### 3.5 Mietengeometrie und Belüftung

#### 3.5.1 Offene Kompostierung

**Mietengeometrie und Mietengröße** In der Intensivrotte werden bei der offenen Kompostierung (8 Anlagen) mit einer Ausnahme nur Dreiecksmieten aufgesetzt. In einer Anlage werden ausschließlich Tafelmieten aufgesetzt. In fünf der acht Anlagen wird teilweise oder überwiegend Klärschlamm behandelt.

Die Dreiecksmieten sind in der Hauptrotte zumindest 1,2 m und maximal 2,5 m hoch, in der Nachrotte mindestens 1,4 m bis maximal 4 m hoch. Die Basisbreite beträgt in der Hauptrotte zumindest 2,5 m und maximal 5,5 m, in der Nachrotte mindestens 3 m bis maximal 6 m.

Der kleinste Querschnitt einer Dreiecksmiete in der Hauptrotte beträgt  $2,5 \times 1,2$  m, der größte  $4 \times 2,5$  m.

Der kleinste Querschnitt einer Dreiecksmiete in der Nachrotte beträgt  $3 \times 1,4$  m, der größte  $6 \times 4$  m.

Die Tafelmiete weist in der Intensivrotte folgende Dimensionen auf: Breite an der Basis 25 m, Höhe 2,5 m, Breite oben 23 m; in der Nachrotte: Breite an der Basis 15 m, Höhe 3 m, Breite oben 15 m.

	Anzahl	Hauptrotte	Nachrotte
Dreiecksmieten	7	Höhe: 1,2–2,5 m Basis: 2,5–5,5 m	Höhe: 1,4–4 m Basis: 3–6 m
Tafelmieten	1	Höhe: 2,5 m Basis: 25 m Top: 23 m	Höhe: 3 m Basis: 15 m Top: 15 m

Tabelle 15:  
Mietengeometrie  
(Quelle:  
Betreiberangaben).

Fünf der acht Anlagen werden nur passiv belüftet, bei drei Anlagen wird die Intensivrotte mit Druck- oder mit Saugbelüftung gefahren. Die Belüftung erfolgt dabei bei zwei Anlagen in Abhängigkeit von der Temperatur, bei einer Anlage wird alle 20 Minuten belüftet.

### **Belüftung bei offenen Anlagen**

Bei der Anlage mit den Tafelmieten werden die Mieten in der Intensivrotte aktiv belüftet.

Drei der klärschlammverarbeitenden Anlagen werden ausschließlich passiv belüftet.

In der Nachrotte werden alle Mieten bei den offenen Kompostierungsanlagen ausschließlich passiv belüftet.

	Hauptrotte	Nachrotte
passive Belüftung	5 Anlagen	8 Anlagen
aktive Belüftung	2 Druck 1 Saug	0 Anlagen

Tabelle 16:  
Belüftung bei  
offenen Anlagen  
(Quelle:  
Betreiberangaben).

### **3.5.2 (Teil)geschlossene Anlagen**

Bei zwei der sechs (teil)geschlossenen Anlagen wird das Material in der Hauptrotte in Dreiecksmieten behandelt, bei den anderen Anlagen in Rottetunneln oder Rotteboxen.

Die Nachrotte erfolgt zumeist (bei fünf der sechs Anlagen) in Form von Dreiecksmieten, bei einer Anlage findet auch die Nachrotte in Nachrotteboxen statt.

Die Dreiecksmieten sind in der Hauptrotte zumindest 2 m und maximal 2,2 m hoch, in der Nachrotte mindestens 2 m bis maximal 2,5 m hoch. Die Basisbreite beträgt in der Hauptrotte zumindest 4 m und maximal 5,5 m, in der Nachrotte mindestens 3 m bis maximal 5,5 m.

### **Mietengeometrie und Mietengröße**

Der kleinste Querschnitt einer Dreiecksmiete in der Hauptrotte beträgt 4 \* 2 m, der größte 5,5 \* 2,2 m.

Der kleinste Querschnitt einer Dreiecksmiete in der Nachrotte beträgt 3 \* 2 m, der größte 5,5 \* 2,2 m.

Bei vier der sechs Anlagen erfolgt die aktive Belüftung während der Hauptrotte in Form von Druckbelüftung und bei zwei Anlagen in Form von Saugbelüftungen. Bei einer der Anlagen mit Saugbelüftung wird nach drei Wochen auf Druckbelüftung umgeschaltet.

### **Belüftung bei (teil)geschlossenen Anlagen**

Bei zwei Anlagen wird auch in der Nachrotte eine aktive Belüftung durchgeführt.

Tabelle 17: Belüftung bei (teil)geschlossenen Anlagen (Quelle: Betreiberangaben).

	Hauptrotte	Nachrotte*
passive Belüftung	0 Anlagen	3 Anlagen
aktive Belüftung	4 Druck 2 Saug	1 Druck 1 Saug

\* nur 5 Anlagen, da bei einer Anlage mit aktiver Belüftung keine Unterscheidung zwischen Haupt- und Nachrotte erfolgt.

### 3.6 Rottedauer

**Hauptrotte** Die Hauptrotte aller jener Anlagen, bei denen eine Trennung von Hauptrotte und Nachrotte erfolgt (12 Anlagen), dauert je nach Anlage zwischen 1 und 12 Wochen (Mittel 5,2 Wochen).

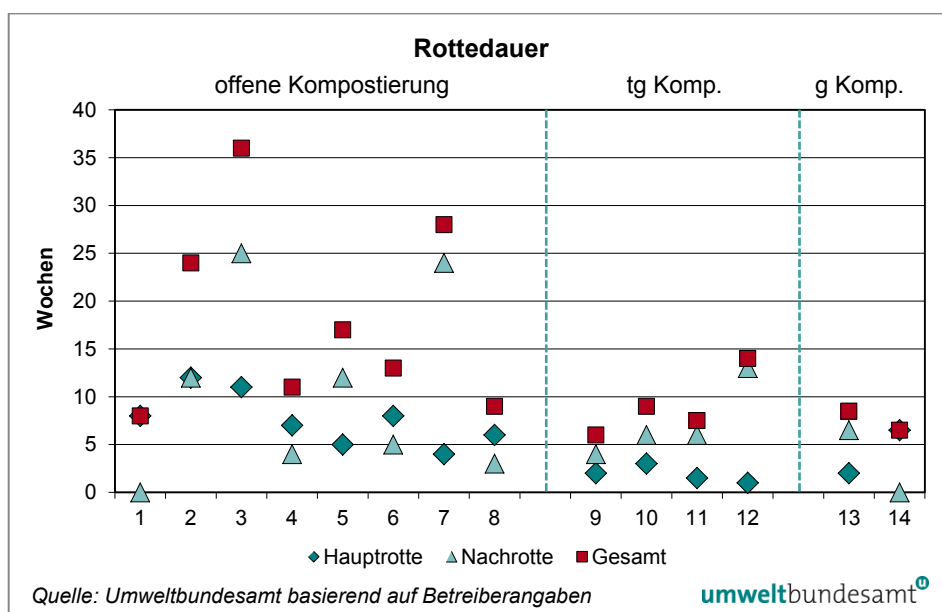
Bei (teil)geschlossenen Anlagen liegen die Rottezeiten mit 1–3 Wochen (Mittel 1,9 Wochen) deutlich niedriger als jene bei offenen Anlagen (4–12 Wochen; Mittel 7,6 Wochen).

**Nachrotte** Die Nachrotte jener Anlagen, bei denen eine Trennung von Hauptrotte und Nachrotte erfolgt (12 Anlagen), dauert je nach Anlage zwischen 3 und 25 Wochen (Mittel 10 Wochen). Bei (teil)geschlossenen Anlagen liegen dabei die Rottezeiten mit 4 bis 14 Wochen (Mittel 7,1 Wochen) niedriger als jene bei offenen Anlagen (3–25 Wochen; Mittel 12,1 Wochen). Hier liegt jedoch bei den offenen Anlagen eine sehr weite Spreizung der Nachrottedauer vor.

**Gesamtrottezeit** Die Gesamtrottezeit der Anlagen (14 Anlagen) dauert je nach Anlage zwischen 6 und 36 Wochen (Mittel 14,1 Wochen). Bei (teil)geschlossenen Anlagen liegen die Rottezeiten mit 6 bis 14 Wochen (Mittel 8,6 Wochen) deutlich niedriger als jene bei offenen Anlagen (8–36 Wochen; Mittel 18,2 Wochen).

Die detaillierten Ergebnisse sind im Anhang in Tabelle 31 dargestellt.

Abbildung 4: Rottedauer in Wochen.



### 3.7 Mietenumsetzung

Die Umsetzung erfolgt bei den offenen Kompostanlagen immer mit Hilfe von Umsetzgeräten.

Bei den teilgeschlossenen Anlagen werden die Mieten in der Nachrotte bei drei Anlagen mit Umsetzgeräten, bei einer Anlage mit einem Radlader umgesetzt. Bei den geschlossenen Anlagen wird das Material in einem Fall mit einer Förderschnecke während der Haupt- und der Nachrotte bewegt, im anderen Fall wird in der Nachrotte mit einem Umsetzgerät das Material umgesetzt.

### 3.8 Umsetzhäufigkeit

Von allen acht offenen Kompostierungsanlagen wurden Angaben über die Häufigkeit der Umsetzung gemacht.

In der Hauptrotte werden die Mieten im Mittel 2,4-mal pro Woche umgesetzt (1- bis 4-mal). Dabei werden die passiv belüfteten Mieten etwas häufiger umgesetzt (1- bis 4-mal pro Woche, Mittel 2,8-mal) als die aktiv belüfteten (1,5- bis 2-mal pro Woche, im Mittel 1,8-mal pro Woche).

Bei vier Anlagen erfolgt die Umsetzung in der Hauptrotte in zeitlich regelmäßigen Abständen, bei den verbleibenden 4 wird je nach Bedarf umgesetzt.

Für die Nachrotte liegen konkrete Angaben von sechs Anlagen vor. Dabei beträgt die Umsetzhäufigkeit mit Ausnahme einer Anlage maximal 1-mal pro Woche (0,25- bis 1-mal pro Woche). Bei einer Anlage (mit einer relativ kurzen Gesamtrottezeit von 11 Wochen) werden die Mieten auch in der Nachrotte 3- bis 5-mal wöchentlich umgesetzt.

Alle Anlagen mit Nachrotte setzen die Mieten nicht nach einem fixen Zeitplan sondern bedarfsorientiert um.

	Hauptrotte	Nachrotte
passiv belüftet (5 Anlagen)	2,8 (1–4)/Wo (5 Anlagen)	0,7 (0,25–1)/Wo (5 Anlagen) 1 Anlage 3–5/Wo
aktiv belüftet (3 Anlagen)	1,8 (1,5–2) (3 Anlagen)	

**offene  
Kompostierung**

*Tabelle 18:  
Umsetzhäufigkeit bei der  
offenen Kompostierung  
(Quelle:  
Betreiberangaben).*

Je nach Art der Ausführung (Tunnel, Rottebox, Halle) findet zum Teil keine Umsetzung in der Hauptrotte statt.

Bei drei der sechs Anlagen wird das Material in der Hauptrotte zwischen 1- und 2-mal umgesetzt.

**(teil)geschlossene  
Kompostierung**

Die Nachrotte erfolgt bei drei Anlagen als passiv belüftete Miete. Diese werden einmal wöchentlich umgesetzt. Bei einer Anlage werden die aktiv belüfteten Mieten in der Nachrotte 0,7-mal/Woche umgesetzt.<sup>6</sup>

Tabelle 19:  
Umsetzhäufigkeit bei der  
(teil)geschlossenen  
Kompostierung (Quelle:  
Betreiberangaben).

	Hauptrotte	Nachrotte
passiv belüftet		1/Wo (3 Anlagen)
aktiv belüftet	1–2/Wo (3 Anlagen)	0,7/Woche (1 Anlage)

### 3.9 Überwachung von Prozessparametern

#### 3.9.1 Temperatur in der Miete und in der Abluft

##### Temperatur in der Miete

Bei 11 der 14 Anlagen wird die Temperatur in der Hauptrotte kontinuierlich oder zumindest 1-mal pro Tag gemessen. Bei sechs dieser Anlagen erfolgt die Temperaturmessung kontinuierlich, bei zwei Anlagen wird mehrmals täglich gemessen (alle 15 Minuten bzw. alle 2 Stunden).

Bei den drei Anlagen mit längeren Messabständen wird 3- bis 5-mal pro Woche bzw. wöchentlich (2 Anlagen) die Temperatur gemessen.

##### Temperatur in der Abluft

Alle (teil)geschlossenen sowie eine offene Kompostanlage messen die Temperatur in der Abluft. Zumeist wird die Temperatur kontinuierlich gemessen, bei einer Anlage 2-stündlich.

Die Messung erfolgt hauptsächlich zum Schutz des Biofilters vor Überhitzung, teilweise auch zur Prozesssteuerung.

#### 3.9.2 O<sub>2</sub>-, CO<sub>2</sub>- und Methangehalte in den Mieten

Bei wenigen Anlagen (3–4 Anlagen) werden Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid oder Methan gemessen. Nur zum Teil werden die Messergebnisse zur Prozesssteuerung verwendet.

##### O<sub>2</sub>-Messung

Drei Anlagen (jeweils offene Anlagen) messen O<sub>2</sub> in der Miete (3- bis 5-mal pro Woche, 1-mal pro Woche resp. nach Bedarf). Eine weitere Anlage hat die Messung von O<sub>2</sub> eingestellt, da die O<sub>2</sub>-Konzentrationen immer über 10–15 % lagen.

Zwei (teil)geschlossene Anlagen messen O<sub>2</sub> in der Abluft.

##### CO<sub>2</sub>-Messung

CO<sub>2</sub> in der Miete wird in vier offenen Kompostanlagen gemessen. Bei drei Anlagen erfolgt die Messung regelmäßig (3- bis 5-mal pro Woche, bei zwei Anlagen 1-mal pro Woche), bei einer Anlage nach Bedarf.

CO<sub>2</sub> in der Abluft wird nur von einer teilgeschlossenen Anlage gemessen. Die Messung erfolgt kontinuierlich.

##### CH<sub>4</sub>-Messung

Drei Anlagen (jeweils offene Anlagen) messen Methan in der Miete (3- bis 5-mal pro Woche, 1-mal pro Woche resp. nach Bedarf).

<sup>6</sup> Eine Anlage machte keine Angaben, bei einer weiteren Anlage findet keine Trennung zwischen Hauptrotte und Nachrotte statt



Tabelle 20: Anlagenanzahl mit O<sub>2</sub>-, CO<sub>2</sub>- und/oder CH<sub>4</sub>-Messung (Quelle: Betreiberangaben).

	O <sub>2</sub> in Miete	O <sub>2</sub> in Abluft	CO <sub>2</sub> in Miete	CO <sub>2</sub> in Abluft	CH <sub>4</sub> in Miete	CH <sub>4</sub> in Abluft
Anlagenanzahl	3	2	4	1	3	0

### 3.9.3 Wassergehalt

Bei den meisten Anlagen (Angaben von 12 Anlagen) erfolgt die Bestimmung mittels Faustprobe (Kontrolle mittels händischem Druck), wobei oft zusätzlich Bestimmungen im Labor durchgeführt werden.

#### **Bestimmung des Wassergehaltes**

Tabelle 21: Angewandte Bestimmungsmethoden (Quelle: Betreiberangaben).

	Faustprobe	Faustprobe+Labor	Labor	visuell
Anlagenanzahl	5	5	1	1

Die Bestimmung des Wassergehaltes (Angaben von 10 Anlagen) erfolgt zumeist mit dem Umsetzen oder 1-mal wöchentlich.

Tabelle 22: Häufigkeit der Wassergehaltsbestimmungen (Quelle: Betreiberangaben).

	jeweils beim Umsetzen	1/Woche	kontinuierlich	bei Bedarf	bei Kompostprobenahme (0,5/Wo)
Anlagenanzahl	4	3	1	1	1

Sechs Anlagen (5 offene und 1 teilgeschlossene Anlage) geben an, dass der Wassergehalt auch zur Prozesssteuerung verwendet wird.

Die Häufigkeit der Bewässerung ist sehr unterschiedlich (Angaben von 9 Anlagen). Die Bandbreite reicht dabei von täglich über monatlich bis zu nie.

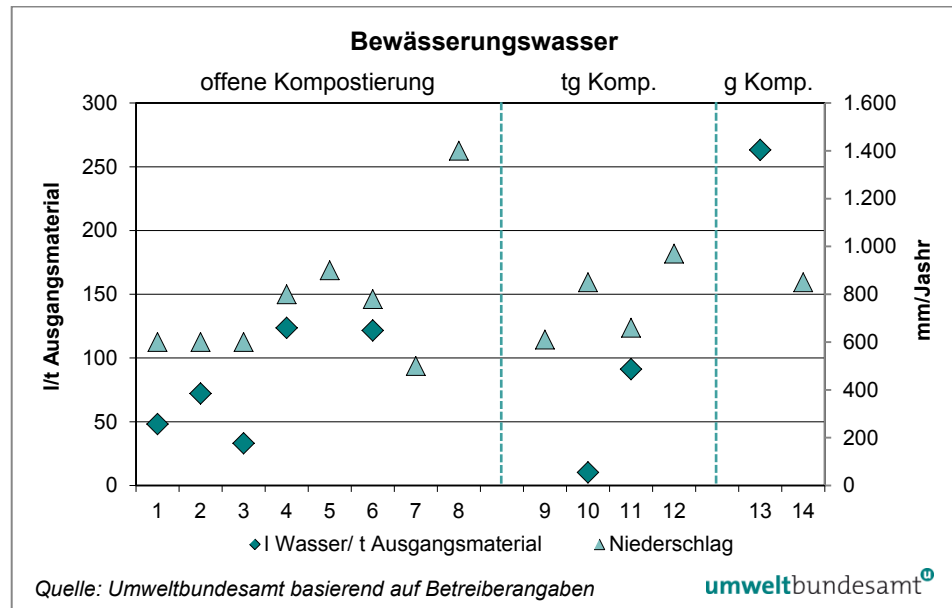
#### **Bewässerung**

Tabelle 23: Häufigkeit der Bewässerung (Quelle: Betreiberangaben).

	1/Woche	2-wöchentlich	täglich	monatlich	materialabhängig	nie
Anlagenanzahl	3	2	1	1	1	1

Bei acht Kompostanlagen wird Wasser zugesetzt. Die berechneten spezifischen Werte liegen dabei zwischen 10 l/t und 265 l/t, im Mittel bei 95 l/t. Der höchste Wert liegt bei einer geschlossenen Anlage vor. Die durchschnittlichen Jahresniederschlagshöhen bei den offenen Kompostanlagen, bei denen im Jahr 2013 eine Bewässerung notwendig war, liegen zwischen 600 und 800 mm.

Abbildung 5:  
Spezifische  
Bewässerungsmengen je  
Tonne Ausgangsmaterial  
und Niederschlagshöhe.



**eingesetzte Wässer**

Generell wird zur Bewässerung Frischwasser, Prozesswasser, belüftetes Sicker- und Oberflächenwasser, Sickerwasser und Gärrest sowie internes „Brauchwasser“ aus Kläranlagenablauf eingesetzt.

Bei fünf Anlagen wird zur Bewässerung (Angaben von 11 Anlagen) auch Frischwasser eingesetzt. Der Anteil an Frischwasser ist dabei sehr unterschiedlich und reicht von 3–100 % des eingesetzten Bewässerungswassers.

**3.10 Abdeckung der Mieten**

Zwei der offenen Anlagen decken die Mieten mit Vlies ab. Der Grund dafür ist jedoch nicht die Geruchsminderung sondern der Schutz vor Niederschlag.

Eine teilgeschlossene Anlage deckt die Mieten in der Nachrotte bei Bedarf ab, um u. a. eine Minderung der Geruchsemissionen zu bewirken.

**3.11 Spezifischer Energieverbrauch**

**offene Anlagen**

Der spezifische Gesamtenergieverbrauch (Angaben von 7 Anlagen) der offenen Kompostanlagen beträgt zwischen 8 und 37 kWh/t Ausgangsmaterial, im Mittel 18 kWh/t.

Der Großteil des spezifischen Energieverbrauchs stammt aus dem Verbrauch an Treibstoff (8–29 kWh/t, im Mittel 16 kWh/t), 4 Anlagen geben zusätzlich auch einen Verbrauch an Strom an (1–7 kWh/t, im Mittel 4,5 kWh/t).

**teilgeschlossene Anlagen**

Der spezifische Gesamtenergieverbrauch (Angaben von 4 Anlagen) der teilgeschlossenen Kompostanlagen beträgt zwischen 19 und 101 kWh/t Ausgangsmaterial, im Mittel 52 kWh/t.

Bei zwei der Anlagen ist der Beitrag am gesamten spezifischen Energieverbrauch von Strom größer als der Beitrag durch den Treibstoff.

Der spezifische Stromverbrauch liegt zwischen 2 und 92 kWh/t, im Mittel bei 33 kWh/t.

Der spezifische Treibstoffverbrauch liegt zwischen 9 und 36 kWh/t, im Mittel bei 19 kWh/t.

Es liegt nur der spezifische Stromverbrauch einer geschlossenen Anlage vor: 66 kWh/t Ausgangsmaterial.

**geschlossene Anlagen**

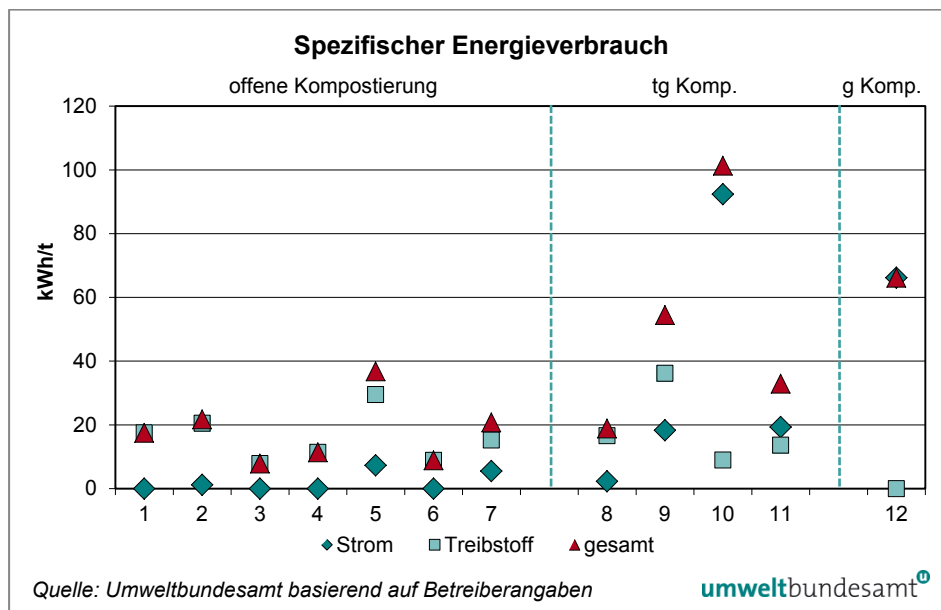


Abbildung 6:  
Spezifischer  
Energieverbrauch der  
Kompostierungsanlagen.

### 3.12 Aerobisierung von Gärresten

Bei vier Anlagen befindet sich am Standort eine Biogasanlage. Bei drei dieser Anlagen wird der anfallende Gärrest nach einer Entwässerung kompostiert. Bei zwei Anlagen liegen Informationen über die Aerobisierung des Gärrestes vor.

**Biogasanlage  
am Standort**

Anlage 1: Im Fermenter wird auch Baum- und Strauchschnitt mitbehandelt. Dadurch ist der Gärrest besser entwässerbar. Für die Aerobisierung (10–14 Tage in einer geschlossenen Box) ist keine Zumischung von Strukturmaterial notwendig. Die Abluft wird erfasst und in einem Biofilter gereinigt.

Anlage 2: Ein Teil des entwässerten Gärrestes wird mit Strukturmaterial vermischt und rund 10 Tage intensiv in einem geschlossenen Rottetunnel mit Ablufferfassung aerobisiert. Die Abluft wird in einem Biofilter gereinigt.

### 3.13 Überwachung

**Externe Überwachung** Zehn Anlagen werden durch externe Einrichtungen überwacht. Die Überwachung erfolgt zumeist einmal pro Jahr. Zwei Anlagen geben eine häufigere Überprüfung an.

Mit Ausnahme von zwei Anlagen wird zusätzlich eine Eigenüberwachung durchgeführt. Die Eigenüberwachung wird teilweise arbeitstäglich durchgeführt.

### 3.14 Standortfindung

**Berücksichtigung Mindestabstand** Die Standortfindung erfolgte zumeist (8 Anlagen) über die Abstandregel, die einen Mindestabstand zu Nachbarn vorgibt. Bei drei Anlagen wurde eine Einzelfallbetrachtung durch einen Fachgutachter durchgeführt, bei einer Anlage wurde sowohl die Abstandregel als auch eine Einzelfallbetrachtung angewandt.

## 4 WESENTLICHE ANFORDERUNGEN AN DEN EMISSIONSARMEN BETRIEB

Die nachfolgenden Anforderungen an einen emissionsarmen Betrieb von Kompostieranlagen wurden unter Berücksichtigung der Richtlinie zum Stand der Technik der Kompostierung (AMLINGER et al. 2005a) und auf Basis von Best-Practice-Beispielen österreichischer Kompostierungsanlagen zusammengestellt. Teilweise wurden Vorgaben aus der Richtlinie zum Stand der Technik der Kompostierung konkretisiert, in manchen Fällen auch zusätzliche Anforderungen aufgenommen. Sofern in der Richtlinie zum Stand der Technik der Kompostierung zusätzliche Anforderungen an einen emissionsarmen Betrieb enthalten sind, die im Folgenden nicht angeführt sind, sind diese ebenfalls zu beachten.

Die Anforderungen richten sich an Kompostierungsanlagen, welche unter die Industrieemissionsrichtlinie (IED-RL, RL 2010/75/EU) fallen. Gemäß Anhang I der IED-Richtlinie (Punkt 5.3) umfasst dies biologische Behandlungsanlagen zur Verwertung ab einer Kapazität von mehr als 75 Tonnen pro Tag. Da die Angabe der Kapazität in Österreich oft in Jahrestonnagen in den Genehmigungsbescheiden festgelegt ist, ist im Einzelfall in Absprache mit der zuständigen Genehmigungsbehörde zu eruieren, ob die Abfallbehandlungsanlage unter die IED-Richtlinie fällt.

Auch für Kleinanlagen stellen die definierten Anforderungen eine Handlungsanleitung für einen emissionsarmen Betrieb nach dem Stand der Technik dar.

Das Ziel der Kompostierung ist die Herstellung von humin- und nährstoffreichem Kompost. Der Abbau der organischen Substanz steht nicht im Vordergrund.

Neben der betriebsinternen Dokumentation der Prozessschritte und des Prozessmanagements soll deren Einhaltung regelmäßig, zumindest jährlich extern überprüft werden. Eine derartige externe Überwachung soll durch eine befugte Fachperson oder Fachanstalt durchgeführt werden und umfasst im Hinblick auf die definierten Anforderungen insbesondere:

- die Besichtigung der Anlage und die Betriebsführung der Einrichtungen,
- die Nachvollziehbarkeit der Abfallströme (Input, Output, Aufzeichnungen),
- die Kontrolle des internen Qualitätsmanagements, insbesondere
  - der Betriebsprotokolle und Betriebsdokumentation sowie
  - vorhandener Messergebnisse oder Messregistrierungen.

## A) Allgemeine Anforderungen

### A1) Materiallagerung

#### **Anforderungen an den Untergrund:**

Generell sind Anlieferungsbereiche, Lager und Zwischenlager auf befestigten, flüssigkeitsdichten Flächen zu errichten. Ausgenommen davon ist verholztes Strukturmaterial (z. B. Garten- und Parkabfälle sowie Häckselgut) in rohem oder gehäckseltem Zustand, welche auch auf offenen Mutterboden gelagert werden können (AMLINGER et al. 2005a).

#### **Anforderungen an die Überdachung/Einhausung:**

In Gebieten mit einem Jahresniederschlag von mehr als 1.300 mm und wenn zugleich zumindest eines der folgenden Kriterien zutrifft, ist eine Überdachung oder Umhausung/Kapselung der Anlieferungsbereiche, Lager und Zwischenlager erforderlich (AMLINGER et al. 2005a):

- Übernahme über einen Zeitraum von 9 Monaten und mehr,
- Anteil an feuchten N-reichen Materialien (z. B. küchenabfallreiche Biotonne, feuchte Abfälle aus der Lebensmittelindustrie, Klärschlamm) von über 25 % (v/v) im Jahresmittel.

Ausgenommen davon ist ein gesonderter Übernahme- bzw. Lagerbereich für verholztes Strukturmaterial (z. B. Garten- und Parkabfälle sowie Häckselgut).

Allfällig umhauste/gekapselte Bereiche sind mit einer Ablufferfassung und Abluftbehandlung auszustatten (betreffend Anforderungen an die Abluftbehandlung siehe Punkt A8).

#### • **Strukturarme Materialien wie**

- biogene Abfälle aus Haushalten (Biotonne),
- Küchenabfälle aus der Gastronomie und der Lebensmittelverarbeitung,
- frischer Grasschnitt und
- sonstige nicht verholzte Materialien mit hohem Wassergehalt

weisen aufgrund hoher Wassergehalte eine geringe Lagerfähigkeit auf. Diese Materialien haben ein hohes Potenzial zur Sickerwasserbildung und neigen zu schneller Fäulnis. Sie sind deshalb *bei offener Lagerung arbeitstäglich aufzubereiten/abzumischen*.

Eine rasche bzw. unverzügliche Aufarbeitung führt zu verringerten Geruchsemissionen und verminderter Sickerwasserbildung, welches ebenfalls eine Quelle für Geruchsemissionen ist. Zusätzlich wird die Emission von Methan und Ammoniak verringert (BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST E.V. 2010).

*Sofern keine arbeitstägliche Aufbereitung/Abmischung erfolgt, sind allfällige Anlieferungsbereiche, Lager- und Zwischenlager für strukturarme Materialien zu umhause/kapseln und mit einer Ablufferfassung und Abluftbehandlung auszustatten.*

Aus Gründen der Optimierung der Rottebedingungen sollte auch bei umhauster/gekapselter Lagerung eine arbeitstägliche Aufbereitung erfolgen. Damit kann ein Versauern des Rottegutes – und damit verbundene Rotteverzögerungen – verhindert werden.

- **Strukturmaterialien** wie

- Herbst- und Winterschnitt von Gehölzen und
- Baum- und Strauchschnitt aus Garten- und Parkanlagen

fallen zumeist saisonal an. Um ausreichend Strukturmaterial vorrätig zu haben, sind diese Materialien zum Teil über einen längeren Zeitraum zu lagern. Aufgrund geringer Wassergehalte, einem großen Luftporenvolumen sowie einer damit einhergehenden geringen Neigung zu Fäulnis ist eine *offene Lagerung möglich*.

Zerkleinertes Strukturmaterial darf in Form von Tafel- oder Trapezmieten nicht höher als 3,5 m zwischengelagert werden. Da gehäckseltes Strukturmaterial ebenfalls einem kontinuierlichen Abbau unterliegt, ist darauf zu achten, den erforderlichen Gasaustausch z. B. durch geeignete Korngröße (Zerkleinerungsgrad) zu gewährleisten.

Relevante andere gesetzliche Vorgaben, wie bspw. Brandschutzfragen, sind im Einzelfall zu berücksichtigen.

- **Kommunale Klärschlämme** zeichnen sich durch relativ hohe Wassergehalte aus. Eine weitere Vernässung durch Niederschläge ist somit zu vermeiden. Klärschlämme sind so zu lagern, dass Niederschlagswasser gut abfließen kann (Mietengeometrie, ggf. Abdeckung mit Vlies). Ab einer Lagerungsdauer von mehr als 4 Wochen sind die Zwischenlagerflächen für Klärschlamm jedenfalls zu überdachen.

Eine allfällige Klärschlamm Lagerung dient i.d.R. einem optimierten Materialmanagement, u. a. zur Überbrückung eines Zeitraumes bis die notwendigen Mengen und Mischungspartner im Sinne der Prozesssteuerung des Hauptrotteverfahrens bereitgestellt werden können. Die Aufbereitung zur Hauptrotte hat zum frühest möglichen Zeitpunkt zu erfolgen.

- **Feste Gärreste**<sup>7</sup> weisen einen hohen Wassergehalt und ein hohes Geruchsemissionspotenzial auf. Gärreste, welche nicht entsprechend den unter B3 formulierten Anforderungen aerobisiert wurden<sup>8</sup>, sind möglichst arbeitstäglich aufzuarbeiten/abzumischen. Bei längerer Lagerung (mehr als 72 Stunden) von nicht aerobisierten Gärresten ist eine Einhausung/Kapselung vorzusehen.

Ungeordnetes Aufschichten, Lagern und Rotten beliebiger Materialien entspricht nicht dem Stand der Technik (AMLINGER et al. 2005a).

## A2) Rasches Aufsetzen der Mieten

Die Ausgangsmaterialien sollen möglichst rasch nach deren Anlieferung durch Aufsetzen der Mieten in den biologischen Behandlungsprozess eingebracht werden. Dabei sind die Voraussetzungen für eine *möglichst günstige Sauerstoffversorgung durch geeignete Materialmischungen, geeignete Mietengeometrie und angepasste Umsetzintervalle* zu schaffen.

---

<sup>7</sup> Gärreste aus der Nassvergärung müssen immer, jene aus der Trockenvergärung je nach Verfahren entwässert werden, um kompostiert werden zu können. Je nach Entwässerungsverfahren weisen entwässerte Gärreste einen TS-Gehalt von ca. 20–35 % auf.

<sup>8</sup> wenn der Anteil an Gärresten am Gesamtinput einer Charge weniger als 20 % (m/m) ausmacht.

Eine Zumischung von ca. 5–10 % (v/v) Alt-Kompost kann eine zügige Einleitung der Huminstoffbildung und den Einbau flüchtiger Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen fördern (AMLINGER et al. 2005a). Durch die Zumischung von Siebüberlauf werden ebenfalls Kompost-Feinanteile mit eingetragen.

Anforderungen an die Zumischung von Strukturmaterialien finden sich in den speziellen Anforderungen unter Punkt B. Generell weisen strukturhaltige, holzige Materialien ein weites C/N-Verhältnis auf und sind damit geeignet, das C/N-Verhältnis im Rottegemisch zu erhöhen.

### **A3) Umsetzgeräte**

Zur Gewährleistung eines emissionsarmen Betriebes ist bei der offenen Kompostierung in der Intensivrotte/Hauptrotte *ausschließlich der Einsatz von homogenisierenden, wendenden Bearbeitungsgeräten (Umsetzgerät)* zulässig (ARGE KOMPOST & BIOGAS (2012)). Ein Umlagern (Wenden) des sich in der Nachrotte befindlichen Materials mit dem Radlader ist zulässig.

### **A4) Regelgröße Wassergehalt**

Mikroorganismen können Nährstoffe und auch Sauerstoff nur in gelöster Form aufnehmen. Eine ausreichende Feuchtigkeit gerade in der Start- und Intensiv-/Hauptrottephase ist deswegen unerlässlich. Die optimale Feuchtigkeit sinkt im Verlauf des Rotteprozesses.

Die Wassergehalte der organischen Ausgangsmaterialien können stark schwanken. Reine Küchen- und Gemüseabfälle weisen bspw. Wassergehalte von 80 bis 95 % in der Frischmasse auf.

Wassergehalte für z. B. küchenabfallreiche, strukturärmere Mischungen liegen optimalerweise bei 45–50 % i. d. Feuchtmasse, für strukturreiche, grünschnittbetonte Mischungen bei 45–60 % i. d. Feuchtmasse (AMLINGER et al. 2005b).

Beim Aufbereiten der Materialien sind entsprechende Mischungen herzustellen. Die Wassergehalte der Abfallmischung für das Aufsetzen der Mieten sollten nicht über 65–70 % liegen.

Ist der Wassergehalt zu hoch (> 70 %), wird die Luftzufuhr eingeschränkt, wodurch es leicht zu anaeroben Bedingungen und damit zur Bildung von Methan kommen kann. Ist der Wassergehalt zu niedrig (< 30 %), so werden die Aufnahme und der Transport von Nährstoffen erschwert und der Kompostierungsprozess gebremst. Bei Wassergehalten unter 30 % kommt der mikrobielle Abbauprozess weitgehend, unter 20 % völlig zum Erliegen.

### **A5) Regelgröße C/N Verhältnis**

Mikrobiell abbaubare Kohlenstoff- und Stickstoffquellen müssen in einem ausgewogenen Verhältnis vorliegen. Ein Überhang an leicht verfügbarem Stickstoff (C/N < 15–20:1) kann zu hohen Verlusten in Form von Ammoniak, aber auch zu Lachgasbildung führen. *Als Zielgröße für die Inputmischung kann ein C/N-Verhältnis von (20) 25–35 (40):1 angegeben werden (Amlinger et al. 2005b).*



## A6) Regelgröße Temperatur

Die Temperatur hat wesentlichen Einfluss auf die Emissionen. Die Selbsterwärmung des Rottegutes im Zuge des exothermen aeroben Stoffabbaus muss im Sinne eines emissionsarmen Betriebes und der Qualitätsbildung (günstiges Milieu für den mikrobiellen Abbau und den Aufbau von Huminstoffen) gezielt gesteuert werden. Höhere Temperaturen als 55/60 °C über einen längeren Zeitraum hinaus, als er für die thermische Hygienisierung erforderlich ist, sind prozesshemmend. Ab ca. 65 °C engt sich das biologische Artenspektrum deutlich ein. Dies verlangsamt die Ab-/Umbaugeschwindigkeit und führt zur Bildung von unerwünschten Stoffwechselprodukten, welche sehr geruchsintensiv sein können. Neben der Gefahr der partiellen oder vollständigen Trockenstabilisierung von Rottegut wird auch die Bildung von humusstoffreichen Aggregaten unterbunden. Verfahren, bei denen Temperaturen über 70 °C über mehrere Tage systematisch angestrebt und aufrechterhalten werden, entsprechen nicht dem Stand der Technik der Kompostierung (AMLINGER et al. 2005a).

*Daher muss die Temperatur in der Hauptrotte durch entsprechende Maßnahmen (z. B. Bewässern, Umsetzen, Verringern von Mietenhöhe und -volumen, Forcieren der Belüftung bei aktiver Belüftung, Zugabe von „Alt-Kompost“ oder tonhältiger Erde) rasch unter 70 °C gebracht werden.*

*Die Temperatur in der Hauptrotte soll nur für wenige Tage über 70 °C liegen.*

Die Begrenzung der Temperatur in der thermophilen Phase der Kompostierung ist aber vor allem durch eine geeignete Materialmischung bereits beim Aufsetzen der Kompostmieten möglich.

Wenn die Rottetemperatur 40/45 °C nicht mehr dauerhaft übersteigt, ist die Nachrottephase erreicht (AMLINGER et al. 2005a). Kurzzeitig höhere Temperaturen unmittelbar nach dem Umsetzungsvorgang sind möglich und zulässig (ÖWAV-Regelblatt 513). Die Umsetzintervalle und damit die Wärmeverluste/Wasserverluste sind im Rahmen der Nachrotte zu reduzieren (AMLINGER et al. 2005a).

Bei der Nachrotte ist vor allem die Bildung von Lachgas relevant. Diese erfolgt unterhalb von 40 bis 45 °C mit einem Maximum bei ca. 30 °C (KETELSEN 2011).

## A7) Interne Prozessüberwachung

Die im Folgenden angeführten Anforderungen an die interne Prozessüberwachung stellen vorrangig ein Teil der Dokumentation eines emissionsarmen Betriebs dar. Eine fachgerechte Steuerung der Anlage anhand einer der Parameter ist dadurch nicht in allen Fällen gewährleistet.

- **Bei umhauster/gekapselter Prozessführung** sind für den gesamten Zeitraum der Intensiv-/Hauptrotte mit Abluftreinigung folgende *Prozessparameter arbeitstäglich je Tunnel bzw. aufgesetzter Charge zu überwachen*:

- Temperatur im Mietenkern,
- Temperatur der Abluft vor dem Biofilter (um u. a. eine Überhitzung des Biofilters zu vermeiden),
- Sauerstoffgehalt der Abluft aus der Intensiv-/Hauptrotte.

Der Sauerstoffgehalt ist zur Belüftungsregelung kontinuierlich zu messen.

Bei zwangsbelüfteten Reaktorsystemen soll der Sauerstoffgehalt in der Abluft aus geschlossenen Reaktoren als Regelparameter nicht unter 14 % (v/v) sinken (AMLINGER et al. 2005a).

- **Bei offener Prozessführung** sind die folgenden *Prozessparameter während der ersten 4 Wochen der Intensiv-/Hauptrotte arbeitstäglich je aufgesetzter Charge zu messen und zu dokumentieren:*
  - Temperatur im Mietenkern,
  - Konzentration an Sauerstoff (O<sub>2</sub>) im Mietenkern,
  - Konzentration an Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) im Mietenkern,
  - Konzentration an Methan (CH<sub>4</sub>) im Mietenkern.

Ausgenommen davon sind zwangsbelüftete offene Prozessführungen. Dort ist eine Messung nach Möglichkeit in der Belüftungspause (bei intermittierender Belüftung) der Konzentrationen an Sauerstoff (O<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) im Mietenkern *zweimal wöchentlich während der Intensiv-/Hauptrotte bis zum Ende der Zwangsbelüftung durchzuführen und zu dokumentieren*. Die Temperatur ist arbeitstäglich zu messen und zu dokumentieren.

Je 300 m<sup>3</sup> einer aufgesetzten Charge ist ein Messpunkt festzulegen. Generell sind je Charge mindestens zwei Messpunkte festzulegen.

Beispiel: Bei einem Dreiecks-Mietenquerschnitt von 2,5 m Mietenhöhe und 5 m Mietenfußbreite ergibt dies bei einer Mietenlänge von 100 m Messungen an mind. drei Messpunkten.

Ab der 5. Woche der Intensiv-/Hauptrotte bzw. nach dem Ende der Zwangsbelüftung sind diese Parameter bis zum dauerhaften Unterschreiten einer Prozesstemperatur von < 40/45 °C zweimal wöchentlich je Charge zu messen und zu dokumentieren.

Die Messstellen müssen mindestens 30 cm über dem Mietenfuß bzw. 30 cm unterhalb der Mietenoberfläche erfolgen. Die Messung hat vor dem Umsetzen zu erfolgen. Die Dokumentation der Messwerte hat chargenweise zu erfolgen.

Für die Beurteilung der Messwerte der Gaszusammensetzungen im Mietenkern ist der Medianwert aller Einzelmesswerte der Intensiv-/Hauptrotte eines Jahres heranzuziehen. Es erfolgt somit keine chargenweise Beurteilung. Dadurch kann der Einfluss schwankender Temperaturen über das Jahr (geringerer Kaminzugeffekt bei hohen Temperaturen) berücksichtigt werden.

Im Rahmen einer externen Überwachung sind die Messwerte an CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub> und die Summe aus O<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> mit zu berücksichtigen.

Bei der offenen Kompostierung ist im Gegensatz zur umhausten/gekapselten Prozessführung keine Überwachung der luftgetragenen Emissionen möglich. Die Messung von Gaskonzentrationen und Temperatur im Mietenkern dient mit dazu, eine fachgerechte Kompostierung nachweislich zu dokumentieren.

## **A8) Abluftmanagement**

*Abluftströme aus umhausten/gekapselten Bereichen sowie Abluftströme aus zwangsbelüfteten (saugbelüfteten) offenen Prozessen sind einer Abluftreinigung zuzuführen. Dafür stellt ein Biofilter zur Reduzierung u. a. der Geruchsemissionen das geeignete Reinigungsaggregat dar. Der Betrieb von Biofiltern soll gemäß dem ÖWAV Regelblatt 513 erfolgen, um Geruchsemissionen und NMVOC-Emissionen möglichst gering zu halten. Es können aber auch vergleichbare Reinigungsaggregate wie z. B. Biowäscher eingesetzt werden.*

Neben der Wirkung von Ammoniak als Luftschadstoff können hohe Ammoniakkonzentrationen im Rohgas zu Beeinträchtigungen bzw. Hemmungen des Geruchsstoffabbaus im Biofilter bzw. zu erhöhten Ammoniakemissionen führen.

Zur Vermeidung der Bildung von Lachgas im Biofilter beim Abbau des Ammoniaks muss das Rohgas bei erhöhten Ammoniakkonzentrationen vor der Zuleitung zum Biofilter über einen sauren Wäscher zur Abscheidung von Ammoniak geleitet werden. Ammoniakkonzentrationen über 50 ppm sind bereits relevant, Konzentrationen über 200 ppm führen kurzfristig zu einer wesentlichen Beeinträchtigung der Filterwirkung (ÖWAV-Regelblatt 518). *Daher ist ab Ammoniakkonzentrationen über 50 ppm im Rohgas ein saurer Wäscher zweckmäßig, um ein Versauern des Biofilters bzw. Geruchsprobleme hintanzuhalten.* Die Abscheidung von NH<sub>3</sub> im sauren Wäscher ist generell sehr effektiv (bis zu 95 %).

*Die Ablufttemperatur vor Zuleitung zum Biofilter ist in einem Bereich von 5 bis 40 °C zu halten (ÖWAV-Regelblatt 513).* Bei zu hohen Ablufttemperaturen ist ein Abluftkühler zu verwenden.

## **A9) Endaufbereitung/Absiebung**

Bei der Absiebung kann es bei zu trockenem Kompost zu erhöhten Staub- und Bioaerosolemissionen kommen.

Zur Vermeidung zu trockener Komposte soll der Wassergehalt während der Nachrotte bei Bedarf entsprechend (vorsichtig) angehoben werden. Eine zu starke Befeuchtung ist aber zu vermeiden.

Generell ist der Wassergehalt so zu wählen, dass einerseits relevante Staubemissionen verhindert werden, andererseits aber die Siebleistung nicht nachteilig beeinträchtigt wird. Beim Sieben können durch Sprühnebelvorrichtungen Staub und Keime gebunden werden.

## **A10) Bewegen der fertigen Komposte**

Da es sich auch bei „Fertig“-Komposten um aerob biologisch noch aktives Material handelt, muss *bei Siebungen unter 15 mm und Schüttungshöhen über ca. 2,5 m durch regelmäßiges Umsetzen* für eine ausreichende Sauerstoffversorgung gesorgt werden. Die Umsetzhäufigkeit richtet sich im Wesentlichen nach der Restaktivität. Je nach Reifegrad ist ein Umsetzrhythmus von 3–4 Wochen ausreichend (ÖWAV-Regelblatt 513).

## A11) Abwassermanagement

Press-, Prozess-, Wasch- und Kondenswässer, die bis zur vollständigen Hygienisierung des Rottegutes anfallen, dürfen nur dann zur Befeuchtung eingesetzt werden, wenn eine verfahrensbedingte Hygienisierung des gesamten Rottematerials inklusive zugesetzter Prozesswässer sichergestellt ist (ÖNORM S 2205).

Lager- und Rotteflächen müssen so gestaltet werden, dass Press-, Prozess- und niederschlagsbedingtes Oberflächenwasser rasch abfließen kann und es zu keinem Einstauen von Wasser im Bereich des Mietenfußes kommt. Entsprechend sind die Anforderung an das Gefälle in Abhängigkeit von der Mienhöhe, den Jahresniederschlägen und dem Vorhandensein einer Überdachung bzw. von eingebauten Belüftungs- und Entwässerungskanälen zu beachten.

Tabelle 24: Mindest-Längsgefälle (%) für Rotteflächen in Abhängigkeit von Niederschlag, Mienhöhe, Überdachung und Belüftungs- bzw. Entwässerungseinrichtungen; (kein Quergefälle vorhanden) basierend auf (AMLINGER ET AL. 2005a).

Mindestgefälle für Mietensysteme [in %]	Offen Jahresniederschlag (mm)			überdacht	mit Belüftungs-/ Entwässerungskanal unter den Mieten*
	< 450	450–900	> 900		
Dreiecksmieten	1 %	2 %	3 %	1 %	1 %
Trapez-/Tafelmieten	nicht Stand der Technik			1 %	1 %

\* Im Falle der Kompostierung auf durchgehenden Rotteplatten mit Schlitzböden muss die Fläche selbst kein Gefälle aufweisen. Jedoch muss die Ableitung des Wassers auch bei Starkregenereignissen und bei voller Belegung gewährleistet sein.

Von genannten Vorgaben für das Längsgefälle kann abgewichen werden, wenn die Rotteflächen zusätzlich über Quergefälle verfügen und diese über zwischen den Mieten liegende Rigolen entwässert werden. Die Rigolen müssen über ein Längsgefälle von zumindest 0,5 % verfügen.

Tabelle 25: Mindestquer- und Mindestlängsgefälle (%) für Rotteflächen in Abhängigkeit von Niederschlag, Mienhöhe, Überdachung und Belüftungs- bzw. Entwässerungseinrichtungen.

Mindestgefälle für Mietensysteme [in %]	Offen Jahresniederschlag (mm)			überdacht	mit Belüftungs-/ Entwässerungskanal unter den Mieten*
	< 450	450–900	> 900		
Dreiecksmieten Quergefälle	1 %	2 %	3 %	1 %	1 %
Dreiecksmieten Längengefälle	0,5 %	0,5 %	1 %	0,5 %	0,5 %
Trapez-/Tafelmieten Quergefälle	nicht Stand der Technik			1 %	1 %
Trapez-/Tafelmieten Längengefälle	nicht Stand der Technik			0,5 %	0,5 %

\* Im Falle der Kompostierung auf durchgehenden Rotteplatten mit Schlitzböden muss die Fläche selbst kein Gefälle aufweisen. Jedoch muss die Ableitung des Wassers auch bei Starkregenereignissen und bei voller Belegung gewährleistet sein.

Im Übernahme- und Zwischenlagerbereich für frisch angeliefertes Material aus der Biotonne oder anderen Materialien mit einem hohen Wassergehalt ist auf eine rasche Ableitung des Sicker- und Niederschlagswassers zu achten *und ein Einstau von Press- und Niederschlagswasser unter dem gelagerten Bioabfall zu vermeiden*.

Der Sammelbehälter für Abwässer muss dauerhaft flüssigkeitsdicht sein und darf keinen Überlauf besitzen. Das Volumen des Sammelbehälters ist so zu dimensionieren, dass neben den durchschnittlich anfallenden Sickerwässern (0,028 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> abgedichteter Fläche) auch die Niederschlagswässer aus einem 5-jährlichen zweitägigen Dauerregenereignis verlässlich aufgenommen werden können (AMLINGER et al. 2005a).

Als Rechenmodell kann das Beiblatt zu ÖKL-Baumerkblatt 24a herangezogen werden.

## B) Spezielle Anforderungen

Nachfolgend werden in Ergänzung zu den allgemeinen Anforderungen spezielle Anforderungen für die Kompostierung von Biotonnenmaterial, Klärschlamm, Gärresten und Grünabfall (siehe B1–B4) definiert.

Bei Mischungen dieser Materialien soll wie folgt vorgegangen werden:

- *Mehr als 20 % (m/m) Biotonnenmaterial<sup>9</sup>, wobei Gärreste und/oder Klärschlamm jeweils weniger als 20 %:*
  - ➔ B1) Anforderungen an die Kompostierung von Biotonnenmaterial
- *Mehr als 20 % (m/m) Klärschlamm, wobei Gärreste weniger als 20 %:*
  - ➔ B2) Anforderungen an die Kompostierung von Klärschlämmen
- *Mehr als 20 % (m/m) Gärreste:*
  - ➔ B3) Anforderungen an die Kompostierung von Gärresten
- *Mehr als 80 % (m/m) Grünabfall (struktureiche Materialien wie Baum- und Strauchschnitt, Straßenbegleitgrün, krautiges Material aus der Biotonne, etc.; exklusive Gras- und Rasenschnitt):*
  - ➔ B4) Anforderungen an die Kompostierung von Grünabfall

Dabei sollen für jede Charge die zutreffenden spezifischen Anforderungen (B1, B2, B3 oder B4) angewendet werden.

Werden Mischungen aus Biotonnenmaterial und/oder Klärschlamm und/oder Gärrest, in den oben angeführten Mischungen nicht abgedeckt, *so soll wie folgt vorgegangen werden:*

- Bei unterschiedlichen Masseanteilen: Die Anforderungen (B1–B3) jenes Abfalls mit dem höchsten Masseanteil sind anzuwenden.
- Bei gleichen Masseanteilen: Anwendung der Anforderungen in folgender Reihenfolge: Gärrest > Klärschlamm > Biotonnenmaterial.

---

<sup>9</sup> Feinfraktion des Biotonnenmaterials.

In Bezug auf die Wahl der speziellen Anforderungen ist nicht ausschließlich das Sammelsystem (z. B. Biotonnenmaterial-Sammlung) entscheidend. Durch entsprechende Untersuchungen/Dokumentationen/Nachweise kann auch die tatsächliche Zusammensetzung der gesammelten Abfälle für die Wahl der zutreffenden Anforderungen ausschlaggebend sein.

## B1) Anforderungen an die Kompostierung von Biotonnenmaterial

- **Mischungsverhältnisse/Ausgangsmischung (ARGE Kompost & Biogas 2012) (folgend sind Beispiele genannt)**

Tabelle 26:  
Strukturmaterialanteil  
Kompostierung von  
Biotonnenmaterial.

Mindeststrukturmaterialanteil*		
	m/m (Masse)	(v/v) Volumen
ländliche Biotonne <sup>10</sup>	15 % Strukturmaterialanteil <sup>11</sup>	je m <sup>3</sup> ländliche Biotonne 0,5 m <sup>3</sup> Strukturmaterial* (1/0,5)
städtische Biotonne <sup>12</sup>	25 % Strukturmaterialanteil	je m <sup>3</sup> städtische Biotonne 1 m <sup>3</sup> Strukturmaterial* (1/1)

\* Als Strukturmaterial kommen holzige Abfälle wie Baum- und Strauchschnitt in Frage. Der Anteil an Strukturmaterial ist entsprechend zu erhöhen, wenn kein Siebüberlauf zugemischt wird.

Generell gilt: je höher die Mieten, desto mehr freies Porenvolumen ist erforderlich.

- **Hauptrotte: Mietengeometrie, Umsetzhäufigkeit, Belüftung und Rottedauer (ARGE Kompost & Biogas 2012):**
  - *Kompostierung von Biotonnenmaterial*

Tabelle 27: Mietengeometrie, Umsetzhäufigkeit, Belüftung und Rottedauer Kompostierung von Biotonnenmaterial.

Mietenhöhe beim Aufsetzen	max. Mieten-Querschnitt <sup>13</sup>	max. Mieten-fußbreite	Mindestumsetzhäufigkeit/Woche	Zwangsbelüftung erforderlich <sup>14</sup>	Richtwert Hauptrottedauer
bis 1,5 m	3 m <sup>2</sup>	3 m	1/Woche	ja	7 WO
			mehrmals	nein	7 WO
1,5–1,8 m	3–4 m <sup>2</sup>	3,5 m	1/Woche	ja	7 WO
			mehrmals	nein	8 WO
1,8–2,2 m	4–6 m <sup>2</sup>	4,5 m	1/Woche	ja	8 WO
			mehrmals	nein*	9 WO
2,2–2,5m	6–7,5 m <sup>2</sup>	5 m	mehrmals	ja	8 WO
			1/Woche	ja	10 WO

\* Nur mit hohem Strukturmaterialanteil Betriebsführung ohne Zwangsbelüftung möglich.

<sup>10</sup> Schüttdichte der ländlichen Biotonne 0,5 t/m<sup>3</sup>

<sup>11</sup> Schüttdichte Baum- und Strauchschnitt (gehäckselt) 0,25–0,35 t/m<sup>3</sup>

<sup>12</sup> Schüttdichte der städtischen Biotonne 0,75 t/m<sup>3</sup>

<sup>13</sup> max. Mietenquerschnitt: errechneter Mittelwert aus Halbkreisfläche und Dreiecksfläche

<sup>14</sup> Definition „Zwangsbelüftung“: Mit Ventilatoren und Belüftungsrohren/-rinnen unterstützte Rottebelüftung

Höhere Strukturmaterialanteile und geringere Mietenquerschnitte erlauben bei ausreichender und homogen verteilter Feuchtigkeit längere Umsetzintervalle innerhalb einer Woche. Ein zu häufiges Umsetzen kann die Ausbildung des Kaminzugeffektes in passiv belüfteten Mieten stören.

Bei aktiv belüfteten Tafel- oder Trapezmieten gelten dieselben Umsetzhäufigkeiten und Hauptrottedauern wie bei Dreiecksmieten entsprechend der Mietenhöhe. *Unbelüftete Tafel- und Trapezmieten in der Hauptrotte entsprechen nicht dem Stand der Technik.*

In niederschlagsreichen Gebieten sollen Mieten zumindest 1,5 m hoch sein, um die Gefahr der Vernässung insbesondere in der Nachrotte zu verringern. Eine Mindesthöhe von 1,5 m ist auch in der kalten Jahreszeit Voraussetzung, dass die Mieten nicht zu stark abkühlen, wodurch eine entsprechende Hygienisierung unterbunden werden könnte.

- **Nachrotte: Mietengeometrie, Belüftung und Umsetzhäufigkeit (AMLINGER et al. 2005a)**

Der Sauerstoffbedarf ist während der Nachrotte (Temperatur nachhaltig < 40/45 °C) deutlich geringer als während der Hauptrotte. Dennoch ist auf einen ausreichenden Gasaustausch zu achten und eine Vernässung durch Bewässerungs- oder Niederschlagswasser zu vermeiden. Aus diesem Grund und unter Hinweis auf die Tatsache, dass in der Nachrotte die Strukturstabilität bereits nachgelassen hat, *werden passiv belüftete Tafel- und Trapezmietensysteme mit Schütthöhen von > 2,50 m ohne Zwangsbelüftung nicht empfohlen.*

Zur Sicherstellung des erforderlichen Gasaustausches sowie einer ausreichenden Homogenisierung sollen die Mieten regelmäßig (ca. alle 2 bis 4 Wochen) umgesetzt werden (mit oder ohne Zwangsbelüftung).

Je nach Art und Zusammensetzung der Ausgangsmaterialien (i. W. Strukturanteil und C/N-Verhältnis), der Bearbeitungsintensität in der Nachrotte und der gewünschten Kompostqualität sind unterschiedliche Nachrottezeiten erforderlich.

## B2) Anforderungen an die Kompostierung von Klärschlämmen

Klärschlämme weisen ein enges C/N-Verhältnis von 8–12:1 auf und sind deshalb als N-Quelle geeignet (AMLINGER et al. 2005a). Der Struktur- und Energiegehalt (C-Gehalt) sind jedoch sehr gering, wodurch für eine geruchs- und emissionsarme Kompostierung hohe Anteile an kohlenstoffhaltigem, strukturstabilem Material (z. B. Baum- und Strauchschnitt) notwendig sind.

- **Mischungsverhältnisse/Ausgangsmischung (ARGE Kompost & Biogas 2012) (folgend sind Beispiele genannt)**

Tabelle 28: Strukturmaterialanteil Kompostierung von Klärschlämmen.

	Mindeststrukturmaterialanteil	
	m/m (Masse)	(v/v) Volumen
Mischung mit Stroh <sup>15</sup>	mind. 20 % Stroh	Je m <sup>3</sup> Klärschlamm 2,5–3 m <sup>3</sup> Stroh (1/2,5–3,0) Siebrücklauf fällt nicht an und kann daher nicht mitberücksichtigt werden
Mischung mit Strauchschnitt <sup>16</sup>	mind. 30 % Strauchschnitt	Je m <sup>3</sup> Klärschlamm 1,5–2 m <sup>3</sup> Strauchschnitt (1/1,5–2,0) Faktor 1,5 kann nur unter Berücksichtigung des Siebüberlaufes angesetzt werden, ansonsten ist der Faktor 2,0 anzusetzen

- **Hauptrotte: Mietengeometrie, Umsetzhäufigkeit, Belüftung und Rottedauer (ARGE Kompost & Biogas 2012):**
  - *Kompostierung von Klärschlamm*

Tabelle 29: Mietengeometrie, Umsetzhäufigkeit, Belüftung und Rottedauer Kompostierung von Klärschlämmen.

Mietenhöhe beim Aufsetzen	max. Mieten-Querschnitt <sup>17</sup>	max. Mieten-fußbreite	Mindestumsetz-häufigkeit/Woche	Zwangsbelüftung erforderlich <sup>18</sup>	Richtwert Hauptrottedauer
bis 1,5 m	3 m <sup>2</sup>	3m	1/Woche	ja	8 WO
			mehrmals	nein	8 WO
1,5–1,8 m	3–4 m <sup>2</sup>	3,5 m	1/Woche	ja	8 WO
			mehrmals	nein	9 WO
1,8–2,2 m	4–6 m <sup>2</sup>	4,5 m	1/Woche	ja	9 WO
			mehrmals	nein*	10 WO
2,2–2,5m	6–7,5 m <sup>2</sup>	5 m	mehrmals	ja	9 WO
			1/Woche	ja	10 WO

\* Nur mit hohem Strukturmaterialanteil Betriebsführung ohne Zwangsbelüftung möglich.

Höhere Strukturmaterialanteile und geringere Mietenquerschnitte erlauben bei ausreichender und homogen verteilter Feuchtigkeit längere Umsetzintervalle innerhalb einer Woche. Ein zu häufiges Umsetzen kann die Ausbildung des Kaminzugeffektes in passiv belüfteten Mieten stören.

<sup>15</sup> Schüttdichte für Stroh (lose) 0,08 t/m<sup>3</sup>; Dichte Klärschlamm 0,8–1,0 t/m<sup>3</sup>

<sup>16</sup> Schüttdichte für Baum- und Strauchschnitt (geschreddert) 0,25–0,35 t/m<sup>3</sup>

<sup>17</sup> max. Mietenquerschnitt: errechneter Mittelwert aus Halbkreisfläche und Dreiecksfläche

<sup>18</sup> Definition „Zwangsbelüftung“: Mit Ventilatoren und Belüftungsrohren/-rinnen unterstützte Rottebelüftung



Bei aktiv belüfteten Tafel- oder Trapezmieten gelten dieselben Umsetzhäufigkeiten und Hauptrottedauern wie bei Dreiecksmieten entsprechend der Mietenhöhe. *Unbelüftete Tafel- und Trapezmieten in der Hauptrotte entsprechen nicht dem Stand der Technik.*

In niederschlagsreichen Gebieten sollen Mieten zumindest 1,5 m hoch sein, um die Gefahr der Vernässung insbesondere in der Nachrotte zu verringern. Eine Mindesthöhe von 1,5 m ist auch in der kalten Jahreszeit Voraussetzung, dass die Mieten nicht zu stark abkühlen, wodurch eine entsprechende Hygienisierung unterbunden werden könnte.

- **Nachrotte: Mietengeometrie, Belüftung und Umsetzhäufigkeit (AMLINGER et al. 2005a)**

Der Sauerstoffbedarf ist während der Nachrotte (Temperatur nachhaltig < 40/45 °C) deutlich geringer als während der Hauptrotte. Dennoch ist auf einen ausreichenden Gasaustausch zu achten und eine Vernässung durch Bewässerungs- oder Niederschlagswasser zu vermeiden. Aus diesem Grund und unter Hinweis auf die Tatsache, dass in der Nachrotte die Strukturstabilität bereits nachgelassen hat, werden passiv belüftete Tafel- und Trapezmietensysteme mit Schütthöhen von > 2,50 m ohne Zwangsbelüftung nicht empfohlen.

Zur Sicherstellung des erforderlichen Gasaustausches sowie einer ausreichenden Homogenisierung sollen die Mieten regelmäßig (ca. alle 2 bis 4 Wochen) umgesetzt werden (mit oder ohne Zwangsbelüftung).

Je nach Art und Zusammensetzung der Ausgangsmaterialien (i.W. Strukturanteil und C/N-Verhältnis), der Bearbeitungsintensität in der Nachrotte und der gewünschten Kompostqualität sind unterschiedliche Nachrottezeiten erforderlich.

### **B3) Anforderungen an die Kompostierung von Gärresten**

- **Mischungsverhältnisse/Ausgangsmischung**

Je nach Ausgangsmaterial der Vergärung bzw. der Materialmischung während der Aerobisierung kann eine weitere Zumischung von Strukturmaterial erforderlich sein. Der Anteil an strukturbildenden Materialien (Schreddergut, Siebüberlauf, Strukturmaterial im vergorenen Abfall, zugemischtes Material bei der Aerobisierung etc.) in der Materialmischung sollte je nach Art des Strukturmaterials einen Strukturmaterialanteil von insgesamt 60–75 % (v/v) aufweisen.

- **Aerobisierung**

Bei der Kompostierung von Gärresten ist unabhängig von der erreichten Stabilisierung nach der Austragung, insbesondere im Hinblick auf die Geruchsemissionen, eine rasche Beendigung der Methanbildung und die Oxidation der reduktiven N-Abbauprodukte (NH<sub>3</sub>/N<sub>2</sub>O Bildungspotenzial), eine zügige, ausreichende Aerobisierung sicherzustellen (AMLINGER et al. 2005a).

Gärreste aus der Nassvergärung müssen immer, jene aus der Trockenvergärung je nach Verfahren entwässert werden, um kompostiert werden zu können. Je nach Entwässerungsverfahren weisen entwässerte Gärreste einen TS-Gehalt von ca. 20–30 % auf. In Abhängigkeit von der Konsistenz der festen Gärreste ist eine Zumischung von Strukturmaterial erforderlich.

*Feste Gärreste sollen vor Beginn der Kompostierung rasch nach dem Austrag aus der Biogasanlage in umhausten/gekapselten Bereichen/Anlagen über eine Dauer von 8–10 Tagen aerobisiert werden. Eine gute Durchlüftbarkeit des zu aerobisierenden Gärrestes muss gegeben sein (Zumischung von Strukturmaterial, geringe Schütthöhe etc.). Die erfasste Abluft aus den umhausten/gekapselten Bereichen ist einer Abluftreinigung zuzuführen (siehe auch Anforderungen unter A8)).*

*Die Aerobisierung muss nicht am Standort der Kompostanlage durchgeführt werden, sondern kann auch bspw. am Standort der Biogasanlage durchgeführt werden.*

Die Anforderung zu einer Aerobisierung von Gärresten in *umhausten/gekapselten Bereichen* kann entfallen, wenn der Anteil an Gärresten am Gesamtpot einer Charge weniger als 20 % (m/m) ausmacht und die Charge selbst eine ausreichende Strukturmaterialmenge enthält.

- **Hauptrotte: Mietengeometrie, Umsetzhäufigkeit, Belüftung und Rottedauer**
  - *Kompostierung von Gärresten*

Tabelle 30: Mietengeometrie, Umsetzhäufigkeit, Belüftung und Rottedauer Kompostierung von Gärresten.

Mietenhöhe beim Aufsetzen	max. Mieten-Querschnitt <sup>19</sup>	max. Mieten-fußbreite	Mindestumsetzhäufigkeit/Woche	Zwangselüftung erforderlich <sup>20</sup>	Richtwert Hauptrottedauer
bis 1,5 m	3 m <sup>2</sup>	3 m	1/Woche	ja	8 WO
			mehrmals	nein	8 WO
1,5–1,8 m	3–4 m <sup>2</sup>	3,5 m	1/Woche	ja	8 WO
			mehrmals	nein	9 WO
1,8–2,2 m	4–6 m <sup>2</sup>	4,5 m	1/Woche	ja	9 WO
			mehrmals	nein*	10 WO
2,2–2,5m	6–7,5 m <sup>2</sup>	5 m	mehrmals	ja	9 WO
			1/Woche	ja	10 WO

\* Nur mit hohem Strukturmaterialanteil Betriebsführung ohne Zwangselüftung möglich

Höhere Strukturmaterialanteile und geringere Mietenquerschnitte erlauben bei ausreichender und homogen verteilter Feuchtigkeit längere Umsetzintervalle innerhalb einer Woche. Ein zu häufiges Umsetzen kann die Ausbildung des Kaminzugeseffektes in passiv belüfteten Mieten stören.

Bei aktiv belüfteten Tafel- oder Trapezmieten gelten dieselben Umsetzhäufigkeiten und Hauptrottedauern wie bei Dreiecksmieten entsprechend der Mietenhöhe. *Unbelüftete Tafel- und Trapezmieten in der Hauptrotte entsprechen nicht dem Stand der Technik.*

<sup>19</sup> max. Mietenquerschnitt: errechneter Mittelwert aus Halbkreisfläche und Dreiecksfläche

<sup>20</sup> Definition „Zwangselüftung“: Mit Ventilatoren und Belüftungsrohren/-rinnen unterstützte Rottebelüftung

In niederschlagsreichen Gebieten sollen Mieten zumindest 1,5 m hoch sein, um die Gefahr der Vernässung insbesondere in der Nachrotte zu verringern. Eine Mindesthöhe von 1,5 m ist auch in der kalten Jahreszeit Voraussetzung, dass die Mieten nicht zu stark abkühlen, wodurch eine entsprechende Hygienisierung unterbunden werden könnte.

- **Nachrotte: Mietengeometrie, Belüftung und Umsetzhäufigkeit (AMLINGER et al. 2005a)**

Der Sauerstoffbedarf ist während der Nachrotte (Temperatur nachhaltig < 40/45 °C) deutlich geringer als während der Hauptrotte. Dennoch ist auf einen ausreichenden Gasaustausch zu achten und eine Vernässung durch Bewässerungs- oder Niederschlagswasser zu vermeiden. Aus diesem Grund und unter Hinweis auf die Tatsache, dass in der Nachrotte die Strukturstabilität bereits nachgelassen hat, *werden passiv belüftete Tafel- und Trapezmietensysteme mit Schütthöhen von > 2,50 m ohne Zwangsbelüftung nicht empfohlen.*

Zur Sicherstellung des erforderlichen Gasaustausches sowie einer ausreichenden Homogenisierung sollen die Mieten regelmäßig (ca. alle 2 bis 4 Wochen) umgesetzt werden (mit oder ohne Zwangsbelüftung).

Je nach Art und Zusammensetzung der Ausgangsmaterialien (i. W. Strukturanteil und C/N-Verhältnis), der Bearbeitungsintensität in der Nachrotte und der gewünschten Kompostqualität sind unterschiedliche Nachrottezeiten erforderlich.

#### **B4) Anforderungen an die Kompostierung von Grünabfall (struktureiche Materialien wie Baum- und Strauchschnitt, Straßenbegleitgrün, krautiges Material aus der Biotonne etc.)**

Grünabfall (struktureiche Materialien wie Baum- und Strauchschnitt, Straßenbegleitgrün, krautiges Material aus der Biotonne etc.; excl. Gras- und Rasenschnitt) weist einen hohen Strukturanteil (Luftporenvolumen) auf, dessen organische Substanz nur gering mikrobiell verfügbar ist. Dadurch ist der Sauerstoffbedarf bei der Grünabfallkompostierung geringer.

- **Hauptrotte: Mietengeometrie, Umsetzhäufigkeit**

Grünabfall soll in Dreiecksmieten kompostiert werden, wobei die Gesamthöhe 3 m und die Mietenfußbreite 6,5 m nicht übersteigen soll.

Zur Sicherstellung des erforderlichen Gasaustausches sowie einer ausreichenden Homogenisierung sollen die Mieten während der Hauptrotte 1-mal wöchentlich umgesetzt werden. Die Umsetzung kann auch in größeren Intervallen erfolgen, wenn der Methangehalt im Mietenkern unter 5 % liegt und die Miete ausreichend homogen ist. Gasmessungen im Mietenkern (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub>) sollen, abweichend zu den Anforderungen von Punkt A7, während der ersten 4 Wochen der Hauptrotte zumindest zweimal wöchentlich erfolgen, danach 1-mal wöchentlich.

- **Nachrotte: Mietengeometrie, Umsetzhäufigkeit**

Der Sauerstoffbedarf ist während der Nachrotte (Temperatur nachhaltig < 40/45 °C) deutlich geringer als während der Hauptrotte. Dennoch ist auf einen ausreichenden Gasaustausch zu achten und eine Vernässung durch Bewässerungs- oder Niederschlagswasser zu vermeiden. Aus diesem Grund und unter Hinweis auf die Tatsache, dass in der Nachrotte die Strukturstabilität bereits nachgelassen hat, *werden passiv belüftete Tafel- und Trapezmietensysteme mit Schütthöhen von > 2,50 m ohne Zwangsbelüftung nicht empfohlen.*

Zur Sicherstellung des erforderlichen Gasaustausches sowie einer ausreichenden Homogenisierung sollen die Mieten regelmäßig (ca. alle 2 bis 4 Wochen) umgesetzt werden.

## 5 LITERATURVERZEICHNIS

- AMLINGER, F.; PEYR, S.; HILDEBRANDT, U.; MÜSKEN, J. & CUHLS, C. (2005a): Stand der Technik der Kompostierung, Richtlinie des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- AMLINGER, F. et al. (2005b): Stand der Technik der Kompostierung, Grundlagenstudie.
- ANDERSEN, J.K. (2010): Composting of organic waste: Quantification and assessment of greenhouse gas emissions. PhD Thesis Technical University of Denmark.
- ARGE KOMPOST & BIOGAS (2012): Handzettel für Kompostanlagenbetreiber – Mindeststandards einer ordnungsgemäßen Kompostierung.
- BECK-FRIIS, B.; PELL, M.; SONESSON, U.; JÖNSSON, H. & KIRCHMANN, H. (2000): Formation and emission of N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> from compost heaps of organic household waste. Environment Monitoring Assessment 62:317–331.
- BINNER, E.; HRAD, M. & HUBER-HUMER, M. (2014): Evaluation of measurements and analyses in Lobau composting plant. Interim Report, mandated by MA48 Stadt Wien. Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt Institut für Abfallwirtschaft.
- BLOCHBERGER, F. (1998): Einfluß der Materialaufbereitung auf Geruchspotential und Rotteverlauf bei der Mietenkompostierung von Bioabfällen. Diplomarbeit am ABF-BOKU, Universität für Bodenkultur Wien.
- BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST E.V. (2010): Betrieb von Kompostierungsanlagen mit geringen Emissionen klimarelevanter Gase.
- CUHLS, C. (2001): Schadstoffbilanzierung und Emissionsminderung bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung. Veröffentlichung des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover (Heft 114). Hannover 2001.
- CUHLS, C.; MÄHL, B.; BERKAU, S. & CLEMENS, J. (2008): Ermittlung der Emissionssituation bei der Verwertung von Bioabfällen. Förderkennzeichen: 206 33 326. Im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- ELLINGER, R. & HÜBNER, C. (2012): Ermittlung der Methan- und Kohlenstoffdioxidemissionen an Dreiecksmieten der Kompostierungsanlage Lobau. Im Auftrag der MA 48 – Abfallwirtschaft, MA 48-VESO, 2880/2012, Laboratorium für Umweltanalytik GmbH.
- ELLINGER, R.; HÜBNER, C.; KALINA, M. & PRANTLLINGER, S. (2012): Ermittlung der Methan- und Kohlenstoffdioxidemissionen an Dreiecksmieten der Kompostierungsanlage Lobau. Im Auftrag der MA 48 – Abfallwirtschaft, MA 48-VESO, 2880/2012, Laboratorium für Umweltanalytik GmbH.
- HRAD, M.; BINNER, E. & HUBER-HUMER, M. (2012): Einsatz einer innovativen Messmethode zur Messung von Methanemissionen auf der Kompostierungsanlage Lobau. Enderbericht im Auftrag der MA48 Stadt Wien; Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt Institut für Abfallwirtschaft.
- HUBER-HUMER, M.; LECHNER, P. & BINNER, E. (2013): Gutachterliche Beurteilung möglicher Methanemissionen aus dem Kompostwerk Lobau; Gutachten im Auftrag der MA48 Stadt Wien; Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Abfallwirtschaft.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): 4<sup>th</sup> Assessment-Report

- KETELSEN, K. (2011): Kurzgutachten zur Frachtbegrenzung für Emissionen aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA).
- KGVÖ – Kompostgüteverband Österreich (2005): Regelblatt Nr. 12 Österreichisches Kompost-Gütesiegel. KGVÖ Anerkennungs- und Überwachungsverfahren auf Basis: Kompost VO, Ö-Normen S 2206-1, S2206-2, ONR 192206, Richtlinie „Stand der Technik“.
- LAHL, U. (2007): 30. Oktober 2007 – Die neuen immissionsschutzrechtlichen Regelungen der TA Luft – Konsequenzen für die Praxis der biologischen Abfallbehandlung. [http://www.bzl.info/de/sites/default/files/lahl\\_biomasseforum2007-doc.pdf](http://www.bzl.info/de/sites/default/files/lahl_biomasseforum2007-doc.pdf)
- LECHNER, P.; LINZNER, R.; MOSTBAUER, P.; BINNER, E. & SMIDT, E. (2005): Klimarelevanz der Kompostierung unter Berücksichtigung der Verfahrenstechnik und Kompostanwendung (KliKo).
- LUGMAYR, R. (2010): Betriebsdatenerhebung zur Optimierung von Kompostierungsanlagen. Als Bachelorarbeit eingereicht zur Erlangung des akademischen Grades, Bachelor of Science in Engineering, FH Oberösterreich.
- ÖKL – Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung (1993): ÖKL-Baumerkblatt 24a. Österreichisches Baumerkblatt Stallmistkompostierung.
- PHONG, N. T. (2012): Greenhouse Gas Emissions from Composting and Anaerobic Digestion Plants Inaugural. Dissertation Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn.
- RAUSSEN, T. et al. (2012): Emissionsmindernde Maßnahmen bei Bioabfallvergärungsanlagen. [http://www.witzenhausen-institut.de/downloads/abfallforum\\_2012\\_raussen.pdf](http://www.witzenhausen-institut.de/downloads/abfallforum_2012_raussen.pdf)
- RAUSSEN, T.; LOOTSMA, A. & KERN, M. (2010): Verwertung von Gärresten aus Bioabfall: Rahmenbedingungen und Technik der Aufbereitung. [http://www.abfallforum.de/downloads/Biomasseforum\\_2010\\_Rausсен.pdf](http://www.abfallforum.de/downloads/Biomasseforum_2010_Rausсен.pdf)
- ROTH, J. (2010): Technik der Biogasproduktion – Betriebsweise als Trockenvergärung (Pfpfenströmer).
- RÜCKER, T. & GOSTEN, A. (2010): Das BSR Biogasverwertungskonzept. Schriftenreihe des Fachgebietes Abfalltechnik. Universität Kassel.
- SCHULTZ, C.; ANDERSEN, J.K.; SAMULESSON, J.; KJELDSSEN, P. & CHRISTENSEN, T.H. (2011): Quantification of greenhouse gases from three danish composting facilities. Proceedings Sardinia 2011. Thirteenth International Waste Management and Landfill Symposium S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy. 3–7 October 2011.
- TRIMBORN, M.; GOLDBACH, H.; CLEMENS, J.; CUHLS, C. & BREEGER, A. (2003): Reduktion von klimawirksamen Spurengasen in der Abluft von Biofiltern auf Bioabfallbehandlungsanlagen. Band 14 der Bonner Agrikulturchemischen Reihe, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben AZ.: 15052 der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (Osnabrück).
- UMWELTBUNDESAMT (2011): Lampert, C.; Tesar, M. & Thaler, P.: Klimarelevanz und Energieeffizienz der Verwertung biogener Abfälle (KEVBA). Reports, Bd. REP-0353. Umweltbundesamt, Wien.

## Rechtsnormen und Leitlinien

Deponieverordnung 2008 (DeponieVO 2008; BGBl. II Nr. 39/2008 i.d.g.F.): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien.

Industrieemissionsrichtlinie (IED-RL; RL 2010/75/EU): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung). ABl. Nr. L 334/17.

IPPC-Richtlinie (IPPC-RL; RL 96/61/EG i.d.g.F.): Richtlinie des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (Integrated Pollution Prevention and Control). ABl. Nr. L 257.

Kompostverordnung (KompostVO; BGBl. II Nr. 292/2001): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Qualitätsanforderungen an Komposte aus Abfällen.

ÖNORM S 2205 (2008): Technische Anforderungen an Kompostieranlagen zur Verarbeitung biogener Abfälle.

ÖWAV – Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (2002): Betrieb von Biofiltern. ÖWAV-Regelblatt 513.

ÖWAV – Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (2008): Anforderungen an den Betrieb von Kompostieranlagen. ÖWAV-Regelblatt 518.

## 6 ANHANG

Tabelle 31: Rottedauer in Wochen (Quelle: Betreiberangaben).

	Hauptrotte	Nachrotte	Anlagen ohne Nachrotte	Gesamt
offen			6–10	6–10
	12	12		24
	11	25		36
	7	4		11
	5	12		17
	8	2–8		10–16
	4	24		28
	6	3		9
(teil)geschlossen			5–8	5–8
	2	4		6
	3	6		9
	1,5	6		7,5
	1	12–14		13–15
	2	3–10		5–12
MW offene Anlagen	<b>7,6</b>	<b>12,1</b>	<b>6–10</b>	<b>18,2</b>
MW (teil)geschlossene Anlagen	<b>1,9</b>	<b>7,1</b>	<b>5–8</b>	<b>8,6</b>
MW alle Anlagen	<b>5,2</b>	<b>10</b>	<b>5,5–9</b>	<b>14,1</b>





**Umweltbundesamt GmbH**

Spittelauer Lände 5  
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

Fax: +43-(0)1-313 04/5400

[office@umweltbundesamt.at](mailto:office@umweltbundesamt.at)

[www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at)

Der Bericht bildet die Grundlage für einen nationalen Beitrag Österreichs im Bereich der aeroben biologischen Abfallbehandlung (Kompostierung) für die Überarbeitung des europäischen BVT-Dokumentes zur Abfallbehandlung. Dazu wurden in Kooperation mit der Stadt Wien aktuelle Emissionsdaten für Kompostierungsanlagen erhoben. Unter Einbindung von Stakeholdern und Anlagenbetreibern werden wesentliche Anforderungen an einen emissionsarmen Betrieb von großen Kompostierungsanlagen formuliert. Diese Anforderungen wurden unter Berücksichtigung der Richtlinie zum Stand der Technik der Kompostierung und auf Basis von Best-Practice-Beispielen österreichischer Kompostierungsanlagen zusammengestellt. Teilweise wurden Vorgaben aus der Richtlinie zum Stand der Technik der Kompostierung konkretisiert, in manchen Fällen auch zusätzliche Anforderungen aufgenommen.