

Wissenschaftliche Begleitung zur Optimierung der Bioabfallkompostierung im Landkreis Ebersberg

Bericht

Auftraggeber

Landratsamt Ebersberg
Eichthalstr. 5
85560 Ebersberg

erstellt von der

Dr. Markus Helm GmbH
Lantbertstr. 50
85356 Freising

bearbeitet von

Dipl.-Ing. Dr. Markus Helm

von der Regierung von Oberbayern **öffentlich bestellter und beeidigter Sachverständiger** für
die Behandlung und Verwertung von Bioabfällen, insbesondere durch Kompostierung und
Vergärung (IHK München)

Umweltgutachter

Lehrbeauftragter an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
(Biologische Abfallbehandlung und Technologie Erneuerbarer Energien Biogas)

pdf-Ausfertigung

1 Zusammenfassung

Im Mai 2019 wurde auf der Kompostierungsanlage Großmann bei Vaterstetten eine Versuchsmiete aufgesetzt, an der Messungen zu Emissionen der klimaschädlichen Gase CH₄ und N₂O sowie des Umweltschadstoffs NH₃ durchgeführt wurden.

Dabei zeigte sich, dass die Emissionen an CH₄ und auch bei N₂O, bezogen auf die Inputmenge, über den Versuchszeitraum von 68 Tagen deutlich unter den bekannten Literaturwerten lagen. Die Emissionen an NH₃ lagen dagegen über dem Durchschnitt der Literaturwerte.

Trotz des vergleichsweise geringen Niveaus der CH₄-Emissionen gibt es noch Potentiale diese weiter zu senken, vor allem im Bereich der Nachrotte.

2 Auftrag und Hintergrund

Die Dr. Markus Helm GmbH entwickelte in 2018 für das Landratsamt Ebersberg ein Konzept zur wissenschaftlichen Begleitung einer möglichen Optimierung der Bioabfallkompostierung im Landkreis Ebersberg (Stufe 1). Im Vordergrund standen die Messung der Klimagasemissionen und die Quantifizierung der Möglichkeiten zu deren Senkung, insbesondere durch die versuchsweise Installation eines Mietenbelüftungssystems. Außerdem sollte ein Konzept zur Quantifizierung der Belastung langjährig mit Kompost beaufschlagter Flächen im Vergleich zu nicht mit Kompost beaufschlagter Flächen hinsichtlich Mikroplastik entwickelt werden.

Der Auftraggeber hat dann entschieden, dass hinsichtlich der Klimagasemissionen zunächst nur der Status Quo beispielhaft an einer Bioabfallkompostierungsanlage im Landkreis Ebersberg festgestellt werden sollte, ohne einer Variante mit Mietenbelüftung. Die Dr. Markus Helm GmbH entwickelte mit dem Angebot Nr. 50061812 dazu ein Konzept zur wissenschaftlichen Begleitung, in Zusammenarbeit mit der Müller BBM GmbH für die Messung der Gasemissionen. Die Durchführung dieses Konzeptes, die Messungen durch die Müller BBM GmbH und die vorgeschlagene Untersuchung zweier Flurstücke nach Mikroplastik <1mm wurden beauftragt. Die Ergebnisse werden hier vorgestellt.

3 Klimagasemissionen bei der Kompostierung

Der Auftrag umfasste die Ermittlung der Emissionen an den Klimagasen CH₄ (Methan) und N₂O (Lachgas) aus den Mieten bei der Kompostierung. Außerdem sollten die Emissionen an CO₂ und NH₃ (Ammoniak) festgestellt werden. Das bei der Kompostierung in großem Umfang gebildete CO₂ wird hier nicht als klimaschädliches Gas (im weiteren auch Klimagas genannt) betrachtet, da es vorher beim Pflanzenwachstum der Atmosphäre entzogen wurde.

Nicht betrachtet werden außerdem CO₂-Emissionen durch den Einsatz fossiler Brennstoffe bei der Kompostierung, z.B. zum Antrieb von Maschinen und Geräten sowie die Emissionen, die für die Herstellung der Anlage entstanden sind.

CH₄ und N₂O entstehen unter anaeroben Bedingungen (Sauerstoffmangel). Die Kompostierung ist per definitionem ein aerober Prozess, in dem im Idealfall weder CH₄ noch N₂O gebildet werden sollten.

Diverse Untersuchungen in der Vergangenheit haben allerdings gezeigt, dass sich im Mietenkern unbelüfteter Mieten unvermeidbar schlecht belüftete anaerobe Zonen einstellen, die zur Bildung von CH₄ und N₂O führen (Helm 1995 und Hellmann 1995).

Die Meßwerte schwanken dabei in weiten Bereichen, was einerseits vor allem der großen Variabilität bei der stofflichen Zusammensetzung der Inputstoffe, z.B. aufgrund von Jahreszeit, Siedlungsstruktur, Sammelsystem und Grüngut- bzw. Strukturmaterialanteil geschuldet ist.

Andererseits gibt es auch bei den Kompostierungsverfahren, große Variabilitäten, die sich auf die Emissionen klimaschädlicher Gase auswirken können, z.B. aufgrund von:

- Vorrottesystemen wie Rotteboxen oder -container
- Mietenform und -größe
- Strukturmaterialanteil
- Belüftung
- gewünschtem Reifegrad (Frisch- oder Fertigkompost)
- Umsetzintervall
- Mietenführung (z.B. Feuchte)
- Offenen oder geschlossenen oder teileingehausten Systemen
- dem Vorhandensein von Abluftreinigungseinrichtungen wie Biofilter, etc.

Im Landkreis Ebersberg sind durchwegs kleine offenen Bioabfallkompostierungsanlagen ohne Mietenbelüftung errichtet worden. Im Bereich der Hauptrotte werden überwiegend Dreiecksmieten eingesetzt, die im Regelfall eine Basisbreite von ca. 3 m bei einer Mietenhöhe von ca. 1,5 m aufweisen und von speziellen schleppergezogenen Umsetzgeräten (umsetzen=durchmischen) bearbeitet werden (Bild 1).



Bild 1: Umsetzen der Versuchsmiete

Die Nachrotte und die Lagerung finden in der Regel unter Dach statt, wobei sich die Form und Größe der Mieten und die Verweilzeiten dabei von Anlage zu Anlage jeweils etwas unterscheiden. Eine Abluftreinigung findet konzeptionell bedingt nicht statt. Dabei ist anzumerken, dass sich CH_4 und N_2O über klassisch zur Abluftreinigung an Biogasanlagen verwendete Biowäscher-/Biofiltersysteme nicht nennenswert abscheiden lassen.

NH_3 ist kein Klimagas, aber ein Umweltschadstoff, der insbesondere bei hoher Konzentration in unmittelbarer Nähe Bäume und Wälder schädigen kann, eine Quelle für die Bildung von Smog darstellt und zu unkontrolliertem Eintrag von Stickstoff in Böden führen kann. NH_3 lässt sich über saure Wäscher und Biofilter bei geschlossenen Kompostierungsanlagen höchst effektiv entfernen.

3.1 Auswahl der Kompostierungsanlage

Für den Betrieb der Meßgeräte war eine Stromversorgung notwendig. Da nur wenige Anlagen des Ebersberger Konzeptes über einen Stromanschluss und eine Fahrzeugwaage verfügen, wurde in Absprache mit den Vertretern der IG Komposthof und dem Auftraggeber die Anlage Großmann bei Vaterstetten ausgewählt.

Die Anlage Großmann kann auch hinsichtlich der Mietenform und -größe sowie der Betriebsweise als typisch für die meisten Kompostierungsanlagen im Landkreis Ebersberg betrachtet werden:

- die Vor- und die Hauptrotte befinden sich überwiegend im Freien

- für die Vor- und Hauptrotte werden Dreiecksmieten (Basisbreite ca. 3m, Höhe ca. 1,5 m) verwendet, die mit einem schleppergezogenen Umsetzer mehrmals pro Woche umgesetzt werden
- die Mieten werden je nach Bedarf bewässert oder vor Regen geschützt
- Nachrotte und Lagerung des fertigen Komposts finden unter Dach statt
- es erfolgt eine genaue Dokumentation des Rotteprozesses.

3.2 Versuchszeitraum und Mietenbewirtschaftung

Der Versuch zu den Emissionsmessungen startete am Freitag, den 10. Mai 2019. An diesem Tag wurde der erste Teil der Versuchsmiete mit Bioabfall aus Grafing und dem notwendigen Strukturmaterial aufgesetzt. Die Mischung und das Aufsetzen der Miete wurde vom Anlagenbetreiber nach seinem üblichen Standard gemacht.

Am Montag, dem 13. Mai 2019 wurde die Miete, ebenfalls dem üblichen Standard folgend, mit Bioabfall aus Kirchheim und weiterem Strukturmaterial ergänzt. Aus diesem Material vom 10. und 13. Mai wurde eine ca. 20 m lange Dreiecksmiete aufgebaut.

Diese Miete wurde vom Anlagenbetreiber nach seinem üblichen Standard bewirtschaftet, d.h. insbesondere:

- mehrmals pro Woche umgesetzt
- nach Bedarf bewässert
- nach Bedarf zum Schutz vor Vernässung abgedeckt.

Das Überführen in die Nachrotte unter Dach erfolgte in Absprache mit dem Unterzeichner am 27.06.2019. Der Versuch wurde am 19.07.2019 nach 68 Tagen beendet.

3.3 Meßplan

Die wissenschaftliche Begleitung umfasste insbesondere:

- das Erfassen der Massen zu Beginn, zum Ende der Hauptrotte und zum Versuchsende
- regelmäßige Messungen der Emissionen
- regelmäßige Beprobung des Materials für Laboranalysen zu den Materialeigenschaften
- begleitende Messungen zur Mietengröße, der Mietentemperatur und der CO₂-Konzentration in der Miete.

Dabei wurden in der Startphase mit einsetzender und sich stark entwickelnder mikrobieller Aktivität kürzere Meßintervalle gewählt als gegen Ende der Rotte. Die genauen Meßtermine und der jeweilige Umfang ergeben sich aus der Zusammenstellung der Meßergebnisse in Anhang 1.

Für die Laboruntersuchungen wurden je Meßtag drei Materialproben entnommen und zur Analyse gebracht. Die dargestellten Werte sind die Mittelwerte der Analysenergebnisse. Die CO₂-Konzentration (einfaches chemisches Handmeßgerät) in

den Mieten und die Temperaturen wurden jeweils im Mietenkern bestimmt, dabei wurden im Regelfall die Mittelwerte aus fünf Einzelwerten dargestellt.

Die Messungen und die Probennahmen erfolgten in der Regel vor dem Umsetzen.

3.4 Methodik der Emissionsmessungen

Aus früheren Untersuchungen des Unterzeichners ist bekannt, dass sich in Mieten, insbesondere Dreiecksmieten, Konvektionsprozesse einstellen, d.h., die Erwärmung als Nebeneffekt der mikrobiellen Prozesse führt dazu, dass warme Luft aus den Mieten über die Mietenkrone entweicht. Bei entsprechenden Temperaturen ist dies durch Wasserdampf über der Mietenkrone zu erkennen (Bild 2). Zum Ausgleich wird über die Flanken der Mieten Umgebungsluft nachgezogen. Damit entsteht ein sogenannter Kaminzugeffekt, der zum Gasaustausch und damit zur Belüftung der Mieten mit sauerstoffreicher Umgebungsluft führt. Aber auch an den Flanken der Mieten kommt es lokal zu Emissionen.

An den Dreiecksmieten wurden deshalb an zwei Stellen die Emissionen ermittelt: an den Flanken und auf der Mietenkrone. Bei der kegelförmigen Nachrottemiete wurden die Emissionen an der Flanke in einem oberen und einem unteren Bereich sowie auf dem Plateau erfasst. Die Messungen erfolgten immer vor dem Umsetzen, da durch den Umsetzvorgang die konvektionsgetriebene Strömung in den Mieten unterbrochen wird und ein kurzanhaltender (ca. 1 h) untypischer Zustand vorliegt.



Bild 2: Miete mit Wasserdampf über der Mietenkrone und Meßhaube an der Flanke (Tag 4, 16.05.2019)

Die verwendete Meßtechnik hat zwar einerseits den Nachteil, dass nicht kontinuierlich die Emissionen ermittelt werden können und zwischen den Meßterminen interpoliert werden muss. Alternative Meßverfahren, wie z.B. das Aufstellen eines Folientunnels über der Miete haben aber andererseits neben den sehr viel höheren Kosten den Nachteil, dass die Miete dadurch nicht mehr uneingeschränkt behandelt werden kann (umsetzen, befeuchten, etc.) und dass um die Miete herum eine künstliche Atmosphäre geschaffen wird, die ihrerseits den Rotteverlauf und das Emissionsverhalten beeinflussen kann.



Bild 3: Meßhaube auf der Mietenkrone

Weitere Details zu den eingesetzten Meßverfahren sind dem Bericht des Meßinstitutes (Müller BBM GmbH) im Anhang 2 zu entnehmen.

Um realitätsnahe Meßergebnisse zu erhalten ist es entscheidend, die Fläche der stark emittierenden Mietenkrone von der deutlich weniger stark emittierenden Mietenflanken abzugrenzen.

Dazu wurden die Mieten zu den Meßterminen jeweils vermessen und es erfolgte ein Abgleich zwischen den so gemessenen Emissionen an CO₂-C mit dem aufgrund der Massenbilanz und den Input- sowie Kompostanalysen C-Abbau während der Kompostierung.

Die Emissionen wurden berechnet aus der gemessenen Emissionsrate in g/m²/h in den verschiedenen Bereichen (Flanken, Krone) multipliziert mit der entsprechenden emissionsrelevanten Fläche in m². Je Meßtermin (insgesamt 10 Termine) wurde an 4 Stellen der Flanken und an 4 Stellen der Krone (an der Krone der Nachrottemiete nur an zwei Stellen) gemessen. Für die Berechnung der Emissionen wurden jeweils die Mittelwerte der einzelnen Bereiche verwendet.

Da sich in sehr aufwendigen früheren Versuchen herausgestellt hat, dass die Emissionen während des Umsetzens von Dreiecksmieten anteilig bezüglich der Gesamtemissionen zu vernachlässigen sind, wurde auf eine Quantifizierung der Emissionen während des Umsetzens verzichtet.

3.5 Ergebnisse

3.5.1 Inputmaterial – Abbau – Rotteverlauf

Die Versuchsmiete wurde aus den Anlieferungen (Biotonne) vom 10. und 13. Mai 2019, jeweils unter Zumischung von gehäckseltem, leicht vorgerottetem Grüngut (Bild 6) vom Lagerplatz der Anlage aufgesetzt.

Der Bioabfall enthielt seinerseits noch Grüngutanteile (Bild 4) sowie diverse Störstoffe (Bild 5).



Bild 4: Bioabfall für die Versuchsmiete vom 10.05.2019



Bild 5: Bioabfall vom 10.05.2019, Details mit Störstoffen



Bild 6: Strukturmaterial: Zerkleinerter, bereits etwas vorgerotteter Baum- und Strauchschnitt

Der Anteil des als Strukturmaterial zugemischten Grünguts betrug insgesamt 25% (Tab.1)

Tab.1: Versuchsmiete, Massen

Material	Termin	kg	
Biotonne	10.05.2019	10.280	
Biotonne	13.05.2019	14.720	
	Summe	25.000	
Strukturmaterial	10.05.2019	4.630	
Strukturmaterial	13.05.2019	3.530	
	Summe	8.160	
	Summe Miete		kg 33.160
	Strukturmaterialanteil in %		25

Im Laufe der Rotte (68 Tage) wurden 54 % der Frischmasse, 29 % der Trockenmasse und 56 % der organischen Trockenmasse abgebaut (Tabelle 2). Diese Werte liegen im normalen Bereich.

Tabelle 2: Abbau der Kompostierung

	FS in kg	TS in kg	oTS in kg	Gesamt-N in kg	C in kg
Anfang	33.160	13.861	8.423	264	4.885
Ende Hauptrotte	16.620	10.072	4.603		2.670
Ende Nachrotte	15.279	9.896	3.665	187	2.126
Abbau	17.881	3.965	4.758	76	2.760
Abbau in %	54	29	56	29	56
Emissionen					2.976
			Diff. in %		108

Während laut Wiegeungen und Analysen 2.760 kg Kohlenstoff abgebaut wurden, ergaben die Hochrechnungen auf Basis der Analysen 2.976 kg, also ca. 8 % mehr.

Da bei den Emissionsmessungen nur CO₂-C und CH₄-C erfasst wurden, nicht der Kohlenstoff, der über andere flüchtige Verbindungen wie z.B. organische Säuren emittierte, ist diese Differenz plausibel.

Abb.1 gibt einen Überblick über die wichtigsten allgemeinen Rotteparameter im Rotteverlauf.

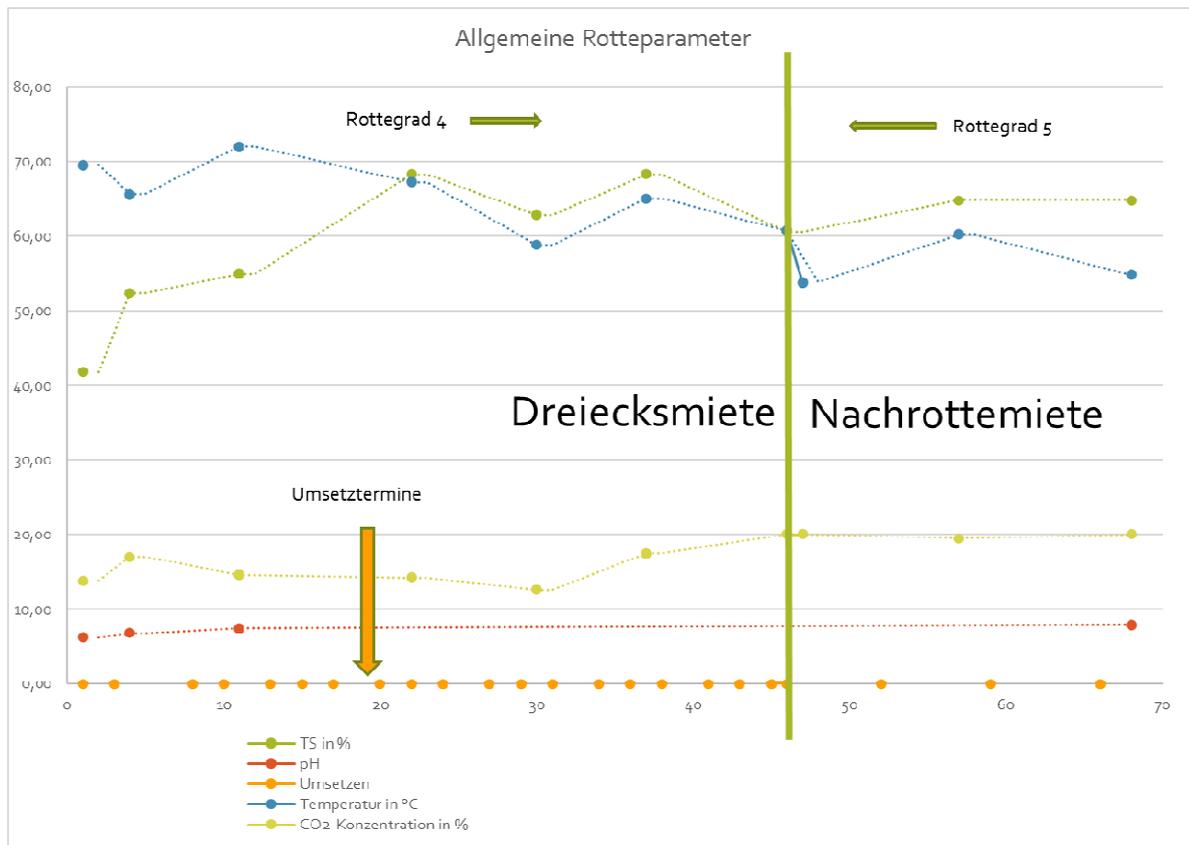


Abb. 1: Allgemeine Rotteparameter

Bereits bei der ersten Messung am 13.05.2019 lag die Mietentemperatur bei fast 70 °C. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass ein Teil der Miete bereits drei Tage vorher aufgesetzt wurde und damit der Selbsterhitzungsprozess schon eingesetzt hatte. Sie schwankte dann in der Hauptrottephase im Wesentlichen im normalen Bereich zwischen 60 und 70 °C und lag selbst in der Nachrotte noch bei 50-60°C.

Der pH-Wert lag nach dem Aufsetzen am 13.05.2019 bei 6,2 und lag 3 Tage später mit 6,8 bereits nahe des Neutralpunktes.

Die CO₂-Konzentrationen im Mietenkern lagen in weiten Teilen der Hauptrotte zwischen ca. 13 und 17 %, sie stiegen gegen Ende der Hauptrotte auf 20 % (maximaler Anzeigewert des Meßgerätes) und blieben bis zum Ende des Versuchs auf diesem Niveau. In natürlicher Luft ist die Sauerstoffkonzentration bei ca. 21 %, die CO₂-Konzentration liegt bei 0,04 %. Für die Aufrechterhaltung überwiegend aerober Prozesse ist eine Sauerstoffkonzentration von mindestens ca. 3 % notwendig.

Bei aeroben Prozessen wird ein Molekül O₂ zu einem Molekül CO₂ veratmet. Eine CO₂-Konzentration von 20 % bedeutet somit, dass nahezu der gesamte Sauerstoff der Luft veratmet wurde. Da die Luft zur Analyse aus den Grobporen gesaugt wird und ein

Gradient abnehmender CO₂-Konzentration von den Grobporen zu den Feinporen besteht, ist davon auszugehen, dass die Sauerstoffkonzentration in den Feinporen auch bei 15 % CO₂ (entsprechend 6 % O₂) für überwiegend aerobe Prozesse in den Feinporen des Mietenkern nicht mehr ausreichend war und lokal anaerobe Bedingungen vorlagen. Dies deckt sich mit Messungen an entsprechenden Dreiecksmieten in früheren Jahren.

Die Trockensubstanzentwicklung nahm einen üblichen Verlauf, der TS stieg auf knapp 70 % und wurde dann durch Befeuchten und Abdecken im Bereich zwischen 60 und 70 % gehalten.

Die Miete wurde in den 46 Tagen der Hauptrotte als Dreiecksmiete 20 mal umgesetzt. Das vergleichsweise häufige Umsetzen ist verfahrenstypisch für die Kompostierungsanlagen des Ebersberger Modells.

Bereits die Beprobung am 11.06.2019 (30. Tag) erreicht mit Rottegrad 4 (von 5 Rottegradstufen, wobei die Reife mit zunehmenden Rottegrad zunimmt) den Status von Fertigmat. Die Beprobung vom 01.07.2019 (50. Tag) ergab Rottegrad 5. Die Reifeentwicklung gemessen am Rottegrad verlief also sehr zügig.

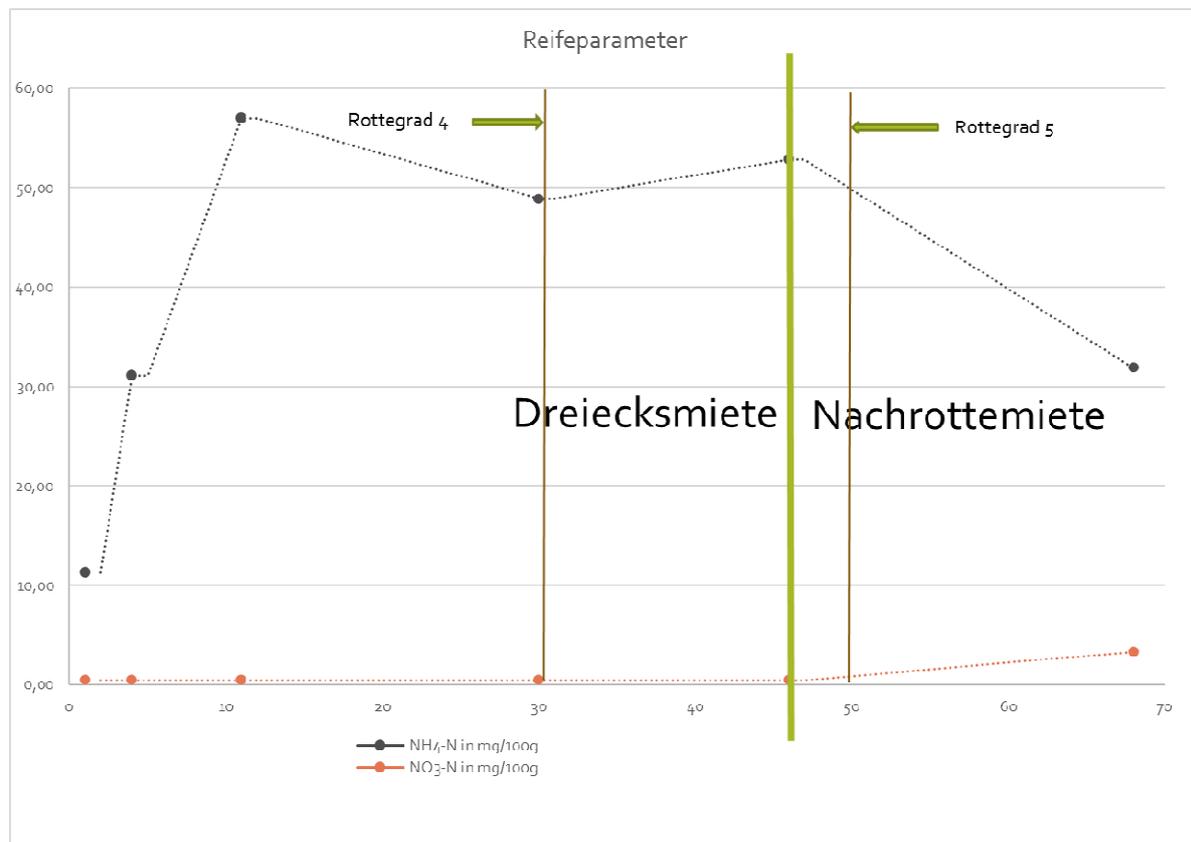


Abb.2: Entwicklung der NH₄-N und NO₃-N Konzentrationen im Rottegut

Parallel zum Rottegrad, der als biologischer Parameter immer mit Unsicherheiten behaftet ist, wurden die $\text{NO}_3\text{-N}$ und $\text{NH}_4\text{-N}$ Konzentrationen im Rottegut verfolgt (Abb.2). Hier zeigt sich, dass die $\text{NO}_3\text{-N}$ Konzentration als Indikator für fortschreitende Reife erst im Lauf der Nachrotte langsam zunimmt, während die $\text{NH}_4\text{-N}$ Konzentration dann langsam abnimmt.

Am 46. Tag (27.06.2019) wurde die Miete zur Nachrotte umgesetzt. Die Nachrotte erfolgte auf einer Art kegelförmigen Haufen unter Dach (Bild 7)



Bild 7: Nachrottemiete am Versuchsende nach 68 Tagen (19.07.2019)

Die Dauer der Hauptrotte mit 46 Tagen und die Dauer der Nachrotte mit weiteren 22 Tagen wird nach Angaben der IG Komposthof je nach Anlage, Jahreszeit und sonstigen Rahmenbedingungen nicht immer erreicht. Allerdings ist es jahreszeitlich bedingt ggf. auch notwendig, Kompost noch länger zu lagern.

Die Nachrotte, die je nach Anlage z.B. hinsichtlich Mietenform und Dauer unterschiedlich gestaltet wird, entsprach im vorliegenden Fall einer Mischform aus Nachrotte und Lagerung.

Fazit

Es handelte sich um einen typischen Rotteverlauf, der auf allgemein gute Rottebedingungen schließen lässt.

3.5.2 Emissionen

Die Abbildungen 3-6 zeigen die Emissionsraten der gemessenen Gaskomponenten der verschiedenen Meßstellen.

Da die Emissionsraten bei allen Gasen im Bereich der Krone um ein Vielfaches höher sind als im Bereich der Flanken, erfolgte die Darstellung auf einer logarithmischen Achse.

Werte für den Bereich „Flanke oben“ gibt es nur für die Nachrottemiete.

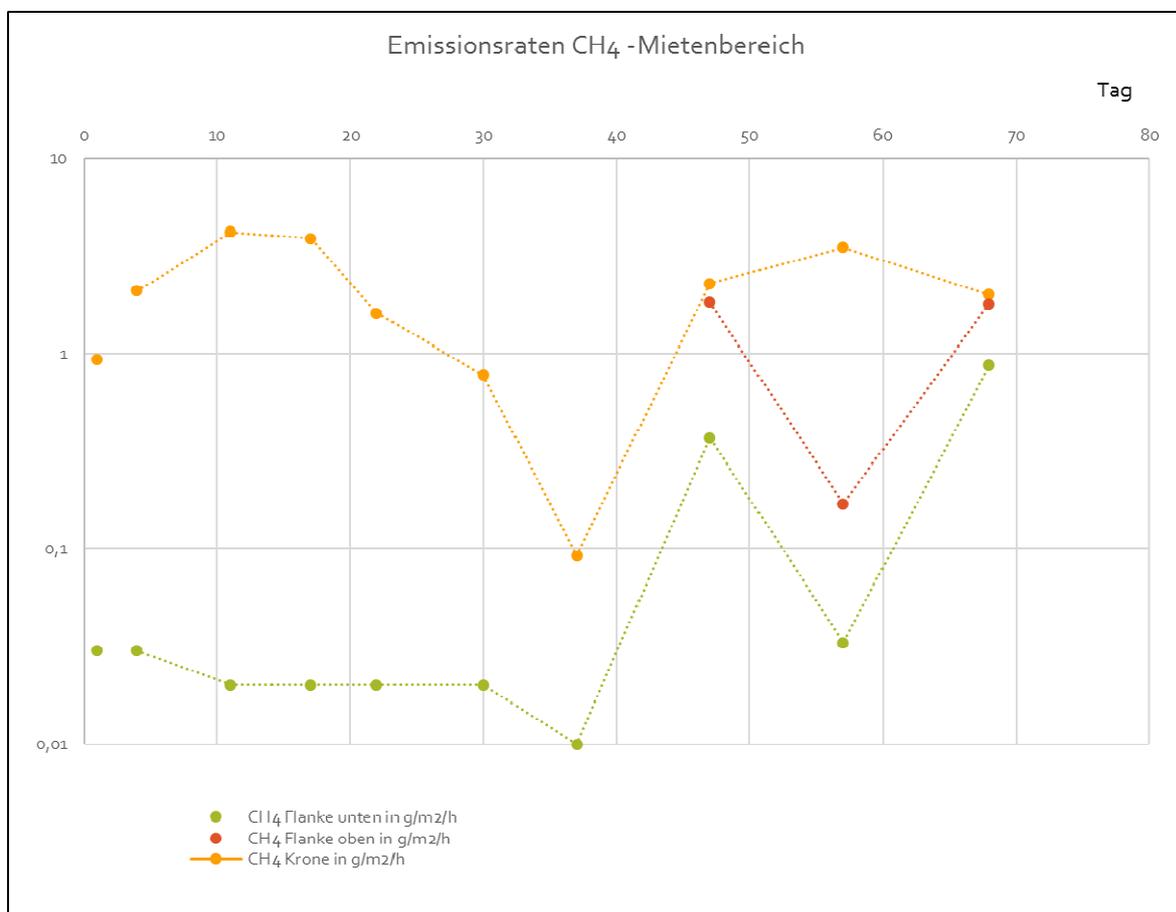


Abb.3: Emissionsraten von CH4 in verschiedenen Mietenbereichen im Zeitverlauf (logarithmisch)

Die CH4-Emissionsraten liegen aufgrund des oben beschriebenen Kaminzugeffekts im Bereich der Krone wie üblich weit über denen der Flanken. Im Bereich der Krone steigen sie ca. bis zum 10. Tag an, um dann kontinuierlich bis zum Ende der Nachrotte

zu sinken. Nach dem Umsetzen auf die Nachrottemiete steigen sie wieder deutlich an und bleiben bis zum Ende der Nachrotte auf diesem Niveau.

Da die Nachrottemiete ein deutlich kleineres Oberflächen-Volumenverhältnis hat als die Dreiecksmiete, ist der Gasaustausch in der Nachrottemiete schlechter. Dies wird verstärkt durch die Abnahme des Porenvolumens.

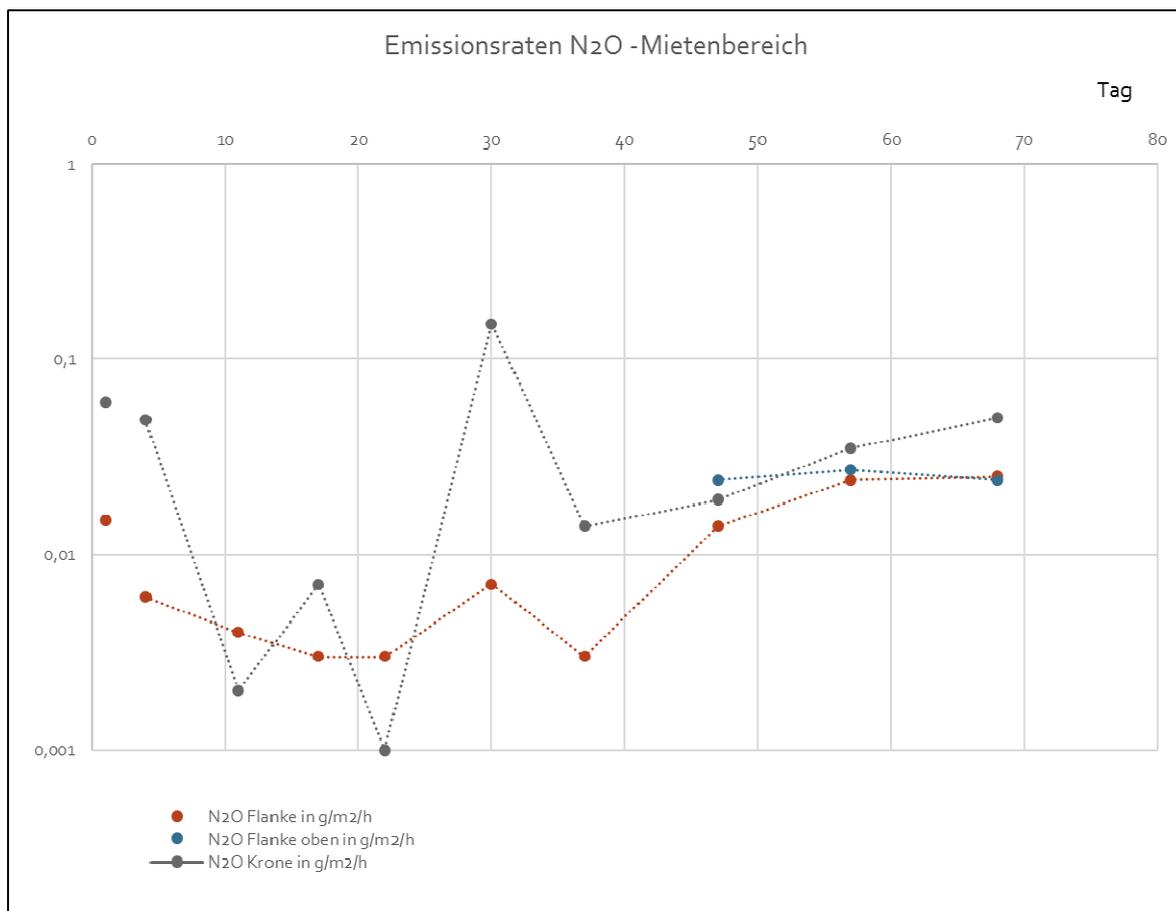


Abb.4: Emissionsraten von N2O in verschiedenen Mietenbereichen im Zeitverlauf (logarithmisch)

Bei N2O sind die Emissionsraten zwar im Durchschnitt aus der Krone ebenfalls höher als aus den Flanken, aber der Unterschied ist nicht so groß wie zum Beispiel bei CH4.

Außerdem sind die Schwankungen im Zeitverlauf im Bereich der Krone deutlich stärker als an den Flanken.

Relativ hohe N2O-Emissionen zu Rottebeginn, die dann nachlassen und gegen Ende der Rotte wieder ansteigen, sind typisch für Kompostierungsprozesse, da neben

Anaerobie und dem Vorhandensein von entsprechenden Stickstofffraktionen (z.B. NO_3) auch Temperaturen unter $45\text{ }^\circ\text{C}$ erforderlich sind.

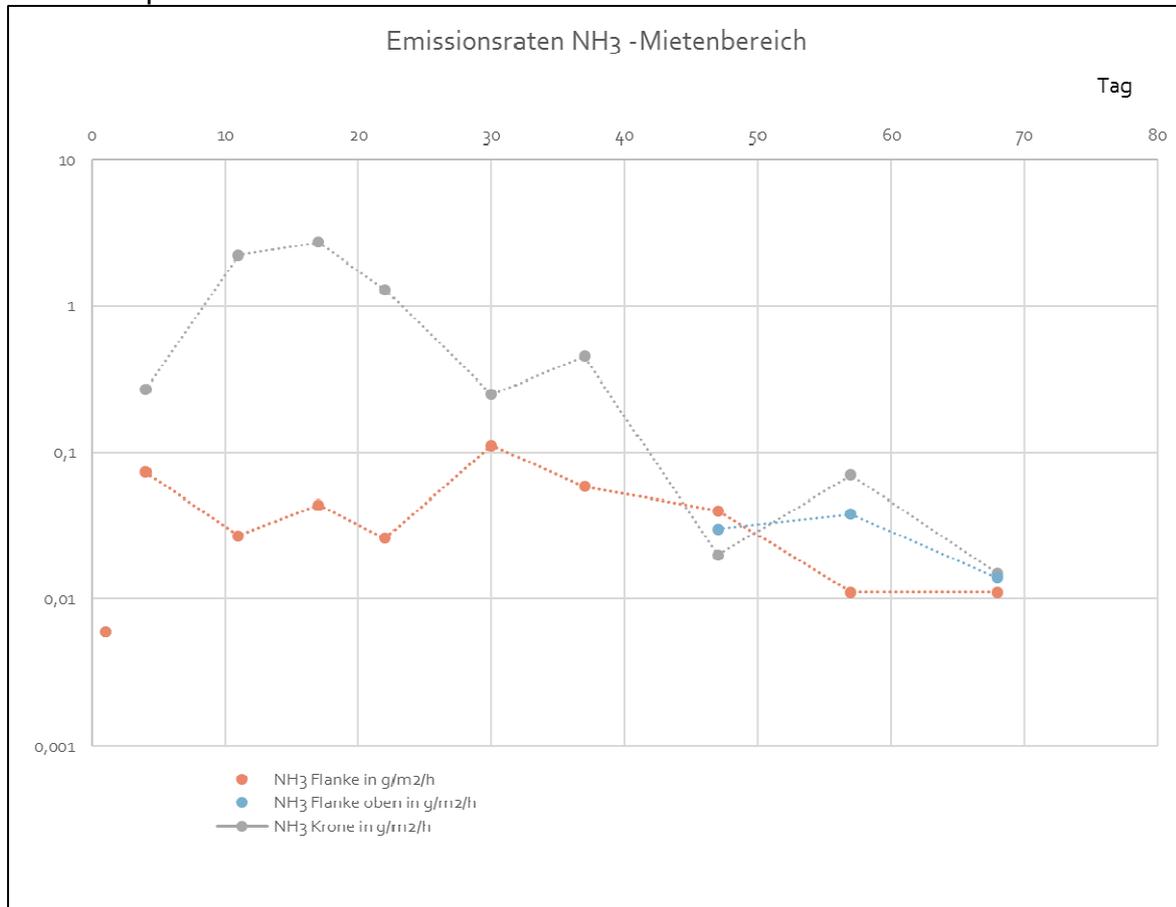


Abb.5: Emissionsraten von NH_3 in verschiedenen Mietenbereichen im Zeitverlauf (logarithmisch)

Auch bei NH_3 sind die Emissionsraten über die Krone deutlich höher als über die Flanke. Sie sind typischerweise am höchsten in der Heißrottephase, wenn am meisten NH_3 bzw. NH_4 aus dem Abbau der organischen Substanz freigesetzt wird und sie sinken wie hier gegen Ende der Rotte, wenn die NH_3/NH_4 Nachlieferung geringer wird und die NO_3 -Bildung zunimmt.

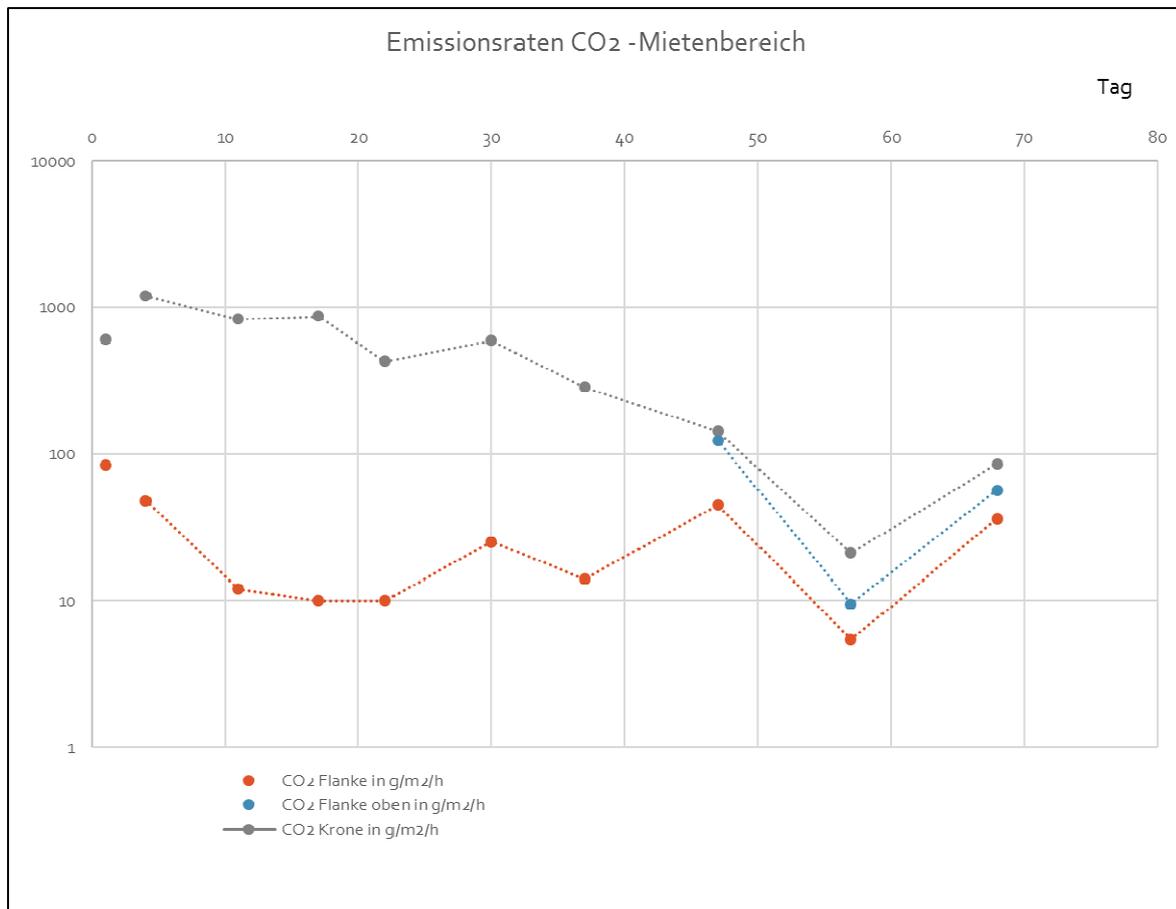


Abb.6: Emissionsraten von CO₂ in verschiedenen Mietenbereichen im Zeitverlauf (logarithmisch)

Die CO₂ Emissionsraten über die Krone liegen um den Faktor 100 über jenen der Flanken. Sie steigen zu Beginn des Versuchs an und sinken im Rotteverlauf mit abnehmender biologischer Aktivität.

Multipliziert man die Emissionsraten mit den emissionsrelevanten Flächen und addiert die Tageswerte auf, ergeben sich die kumulierten Emissionen (Abb.7 und 8).

Die Darstellung in Abb. 7 zeigt, dass die höchsten Methanemissionen im ersten Teil der Hauptrotte stattfinden und dann in der Nachrotte noch einmal ein kräftiger Anstieg erfolgt. Bei NH₃ ist der Verlauf zunächst ähnlich, ein Anstieg in der Nachrotte ist dann aber nicht zu beobachten. Die N₂O-Emissionen liegen insgesamt auf einem vergleichsweise niedrigem Niveau. Allerdings ist N₂O mit einem GWP (Globalem Erwärmungspotential) von 298 gegenüber Methan (25) deutlich klimaschädlicher.

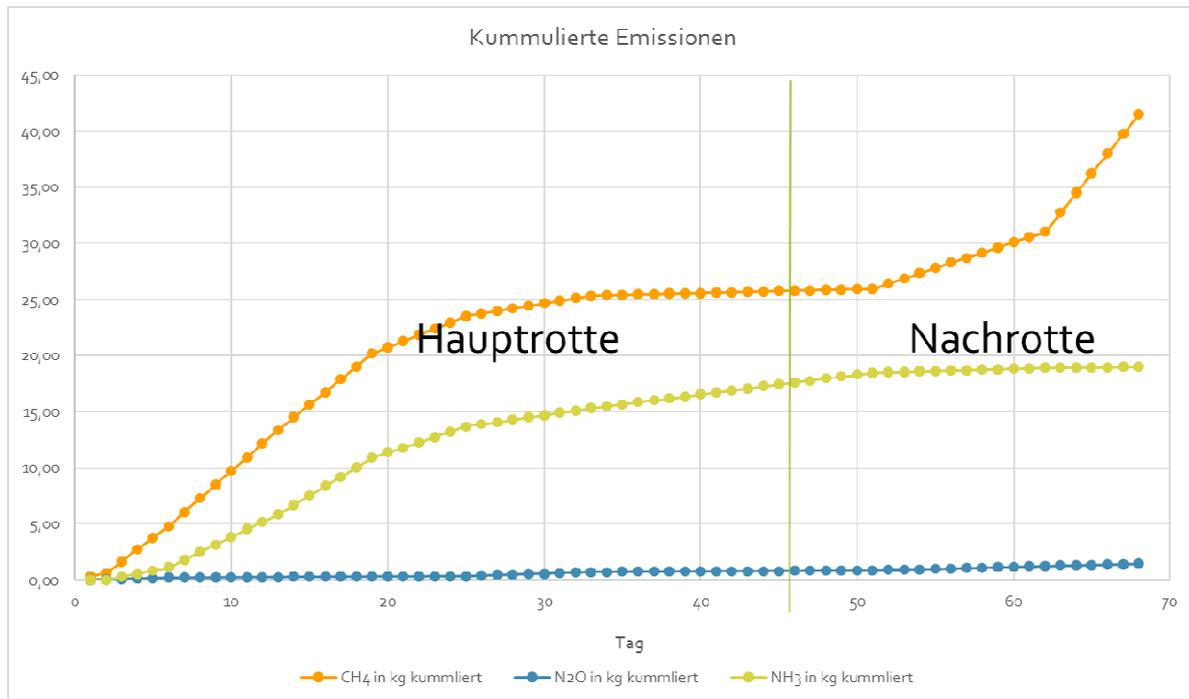


Abb.7: Kummulierte Werte der CH₄, N₂O und NH₃ Emissionen während des Rotteverlaufs

Zusammengefasst ergaben sich die in Tabelle 3 zusammengefassten Frachten für die Klimagasemissionen.

Tab.3: Klimagasemissionen - Frachten

	Hauptrotte kg	Nachrotte kg	Summe kg	Anteil Nachrotte %	GWP- Faktor	CO ₂ - Äquivalent kg
CH ₄	25.789	15176	41.505	37	25	1.037.625
N ₂ O	835	643	1.479	44	298	440.742
NH ₃	17.620	1.397	19.017	7		

Dies zeigt, dass die Hauptfracht bei den Klimagasen von CH₄ verursacht wird. N₂O ist hinsichtlich des Massenstroms relativ unbedeutend, umgerechnet auf CO₂-Äquivalente ist es aber für ca. 30 % der klimaschädlichen Emissionen verantwortlich.

Bezieht man die Gasemissionen auf die behandelte Tonne Frischmasse, ergeben sich folgende Werte (Tabelle 4):

Tab.4: Emissionen bezogen auf Inputmaterial

	Emissionen in g/t Inputmaterial
CH4	1.252
N2O	45
NH3	573

Die gewitra Ingenieurgesellschaft für Wissenstransfer GmbH hat im Rahmen einer im April 2015 veröffentlichten Studie für das Umweltbundesamt großangelegte Messungen zu Klimagasemissionen an diversen Kompostierungs- und Vergärungsanlagen durchgeführt.

Dabei wurden folgende Werte ermittelt (Tab.5)

Tab.5: Vergleichswerte zu Klimagasemissionen bei der Kompostierung und Vergärung (nur Fertigkompost)

Anlage	CH4 in g/t	NH3 in g/t	N2O in g/t
Geschlossene Kompostierung	2.500	32	77
Teilgeschlossene Kompostierung	3.000	38	92
Offene Kompostierung mit Bio- und Grünabfallverwertung	2.700	170	31
Vergärungsanlagen mit geschlossener Nachrotte	2.600	140	66
Vergärungsanlagen mit offener Nachrotte	7.400	480	75

Bei diesen Vergleichsanlagen liegen die CH4-Emissionen alle deutlich über den in der Versuchsmiete ermittelten Werten.

Bezüglich N2O weist nur eine Vergleichsanlage geringere Emissionen auf als die Versuchsmiete.

Bei NH3 zeigen alle Vergleichsanlagen bis auf eine geringere Werte als die Versuchsmiete.

Dabei ist aber hinzuzufügen, dass bei den Vergleichsanlagen meist auch der Anlieferungs- und Lagerbereich mit erfasst wurde. In der hier durchgeführten

Untersuchung wurde der Anlieferbereich nicht betrachtet, da das Material nur wenige Stunden bis zum Aufsetzen der Mieten gelagert wird. Nicht erfasst wurden allerdings in der hier vorliegenden Untersuchung die 3 Tage vom 10. bis 12. Mai, als bereits eine Teilmenge zur Miete aufgesetzt war. Die damit nicht erfassten Emissionen (bei CH₄ z.B. geschätzt 1 kg) erscheinen allerdings in Hinblick auf die Gesamtmenge vernachlässigbar.

3.6 Schlussfolgerungen zu den Emissionen

Die Messungen haben gezeigt, dass die gemessenen Emissionen von den Klimagasen CH₄ und N₂O im Vergleich zu Literaturwerten sehr niedrig liegen. Die NH₃-Emissionen liegen dagegen vergleichsweise hoch. NH₃ ist allerdings kein klimaschädliches Gas, aber eine Komponente, die unter allgemeinen Aspekten des Umweltschutzes beachtet werden muss. Bei geschlossenen Anlagen wird die Abluft erfasst und NH₃ kann (im Gegensatz zu CH₄ und N₂O) über saure Wäscher und Biofilter abgeschieden werden. Das ist bei dem offenen Anlagenkonzept des Ebersberger Wegs nicht möglich. Bezüglich NH₃ sollte ggf. auch noch einmal die Meß- bzw. Analysenmethoden geprüft werden.

Wie die begleitenden Untersuchungen gezeigt haben, ist während der Hauptrotte auf den Dreiecksmieten und insbesondere während der Nachrotte die Sauerstoffversorgung im Mietenkern nicht optimal, so dass anaerobe Zonen zu erwarten sind, die die Bildung von klimaschädlichen Gasen begünstigen.

In der Hauptrottephase könnte daher wahrscheinlich z.B. durch eine verstärkte Zumischung von Strukturmaterial oder die Installation eines Belüftungssystems (sofern ein Stromanschluss vorhanden ist, was wohl nur für sehr wenige Anlagen zutrifft) vor allem die CH₄-Bildung reduziert werden.

Besonderen Augenmerk sollte der beobachteten erneuten starken CH₄-Bildung während der Nachrotte geschenkt werden. Ansatzpunkte für eine Reduzierung der CH₄ Emissionen wären hier z.B. die Lagerung in kleineren, besser belüfteten Mieten oder eine kürzere Lagerung, bzw. die Verwertung als Frischkompost.

4 Beprobung und Untersuchung zweier Flurstücke nach Mikroplastik (>1mm)

Siehe den Bericht von Dr. Werner Häusler im Anhang 3

5 Literatur

Helm, Markus, Prozessführung bei der Kompostierung von organischen Reststoffen aus Haushalten, KTBL Schrift Nr. 371, Darmstadt 1995, Landwirtschaftsverlag
Münster—Hiltrup

Hellmann, Bettina, Freisetzung klimarelevanter Spurengase in Bereichen mit hoher Akkumulation von Biomassen, Initiativen zum Umweltschutz 2, Deutsche Bundesstiftung Umweltschutz, Osnabrück 1995, Zeller Verlag

Cuhls, C., Mähl, B., Clemens J., gewitra Ingenieurgesellschaft für Wissenstransfer mbH, Ermittlung der Emissionssituation bei der Verwertung von Bioabfällen, Texte 39/2015, Umweltbundesamt, Dessau 2015

Freising, den 04.11.2019



Dr. Markus Helm

Anhänge 1-3