

Nachrüstung von MBA-Altanlagen – Offene Nachrotte gemäß § 16 der 30. BImSchV

Rainer Wallmann, Carsten Cuhls, Joachim Clemens,
Tanja Scheelhaase und Jürgen Hake

1 Einleitung

In der 30. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (30. BImSchV) werden für die Zulassung von mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen (MBA) und insbesondere auch die Nachrüstung von so genannten MBA-Altanlagen strenge Anforderungen gestellt. § 16 der 30. BImSchV ermöglicht den Genehmigungsbehörden, bei einer mehrstufigen biologischen Behandlung von Abfällen in einer MBA eine offene Nachrotte ohne Abgaserfassung und -reinigung zu genehmigen. Dies kann speziell für die Nachrüstung von MBA-Altanlagen von besonderer Bedeutung sein. Als Grundvoraussetzungen für eine offene Nachrotte wird in der 30. BImSchV gefordert, dass „der zur Nachrotte vorgesehene Abfall eine Atmungsaktivität von 20 mg O₂/g TS (AT₄) unterschreitet und durch sonstige betriebliche Maßnahmen sichergestellt wird, dass der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen auf andere Weise Genüge getan ist.“

Hierbei sind „schädliche Umwelteinwirkungen“ nicht näher definiert, so wie auch über die Maßnahmen zu deren Vorsorge - auf andere Weise Genüge zu tun - trefflich diskutiert werden kann. Nach § 3 BImSchG sind schädliche Umwelteinwirkungen allgemein Immissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen. Anforderungen zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen werden in Nr. 5 der TA Luft genannt.

So sind zunächst einmal die möglichen Emissionen einer Nachrotte aufzuzeigen. Erst dann kann überhaupt über Maßnahmen zur Vorbeuge bzw. Minderung der zu erwartenden Umweltbeeinträchtigungen nachgedacht werden. Der Beitrag basiert auf der Studie „Arbeitshilfe zu § 16 der 30. BImSchV“, die im Auftrag des Landesumweltamtes NRW von der IGW Ingenieurgesellschaft Witzenhausen Fricke & Turk GmbH und der Gewitra Ingenieurgesellschaft für Wissenstransfer mbH erarbeitet wurde.

2 30. BImSchV und der § 16

Die 30. BImSchV regelt Errichtung, Beschaffenheit und Betrieb von Anlagen, in denen Abfälle mit biologischen oder einer Kombination von biologischen mit physikalischen

Verfahren behandelt werden, um eine Gleichwertigkeit von MBA und Müllverbrennungsanlagen bezüglich der Immissionen sicher zu stellen.

Es wird eine vollständige Kapselung der Anlage mit Ablufffassung und –behandlung (§ 4 und § 5) gefordert. Die 30. BImSchV und die TA-Luft geben die Emissionsbegrenzungen nach Tabelle 1 für Luftschadstoffe vor.

Die Einhaltung dieser Grenzwerte ist nur durch das Zusammenspiel eines angepassten Be- und Entlüftungskonzeptes sowie einer hochwertigen Abluftreinigung möglich, wobei insbesondere thermisch-regenerative Verfahren zum Einsatz gelangen.

Tabelle 1: Emissionsgrenzwerte nach § 6 der 30. BImSchV und Emissionswert der TA-Luft

Parameter	Grenzwerte Reingas		
	½ h-Mittel	Tagesmittel	Monatsmittel
Gesamtkohlenstoff (TOC)	40 mg/m ³	20 mg/m ³	55 g/Mg
Lachgas (N ₂ O)			100 g/Mg
Ammoniak (NH ₃)	30 mg/m ³ (TA Luft)		
Staub	30 mg/m ³	10 mg/m ³	
Dioxine/Furane	0,1 ng/m ³		
Geruch	500 GE /m ³ (Einzelmessung)		

Nach § 16 der 30. BImSchV kann nach einer gekapselten Intensivrotte bzw. Vergärung eine offene Nachrotte des mechanisch-biologisch vorbehandelten Materials nach Ermessen der zuständigen Behörden zugelassen werden. Dabei müssen eine Unterschreitung des AT₄ < 20 mg O₂/g TS garantiert sein und Vorsorgemaßnahmen gegen eventuell auftretende schädliche Umwelteinwirkungen getroffen werden.

Die biologische Umsetzung der organischen Substanz der mechanisch aufbereiteten Restabfälle im Intensivbereich muss hierbei auf einem hohen technischen Niveau erfolgen, um zum einen die o. g. Grenzwerte einzuhalten und zum anderen ein weitgehend biologisch stabiles Material zu erzeugen.

Unter Berücksichtigung der standortspezifischen Rahmenbedingungen ist die Entscheidung über die Zulassung einer offenen Nachrotte einer MBA jedoch im Einzelfall zu treffen.

Die schädlichen Umwelteinwirkungen können während der Nachrotte grundsätzlich durch gasförmige und flüssige Emissionen entstehen.

Sie können in einer Nachrotte in niedriger Konzentration als Luftschadstoffe, wie TOC, N_2O , NH_3 , CH_4 und Geruch auftreten. Das Umsetzen stellt zusätzlich eine Emissionsquelle für Staub und Keime dar. Weitere in der 30. BImSchV bzw. TA-Luft genannte Stoffe bzw. Substanzen, wie z.B. Dioxine/Furane und Stickoxide können nach derzeitigem Kenntnisstand in der Nachrotte weitestgehend ausgeschlossen werden.

Eventuell auftretendes Sickerwasser aus offenen Nachrottemieten erscheint unproblematisch, da es auf einen befestigten Untergrund abgeführt und einer Verwertung (z.B. Befeuchtung der Nach- oder Intensivrotte) oder Behandlung zugeführt werden kann.

Der vorgeschriebene AT₄-Grenzwert von 20 mg O₂/g TS kann mit hochwertigen Verfahren je nach Vorbehandlungsart bei einer Rotte nach 3 bis 6 Wochen bzw. bei einer Vergärung nach 2 bis 3 Wochen erreicht werden (Abbildung 1). Bei einer anaeroben Abfallvorbehandlung sollte allerdings auf jeden Fall eine kurze Aerobisierungsstufe auf Grund der Geruchsproblematik vorgesehen werden.

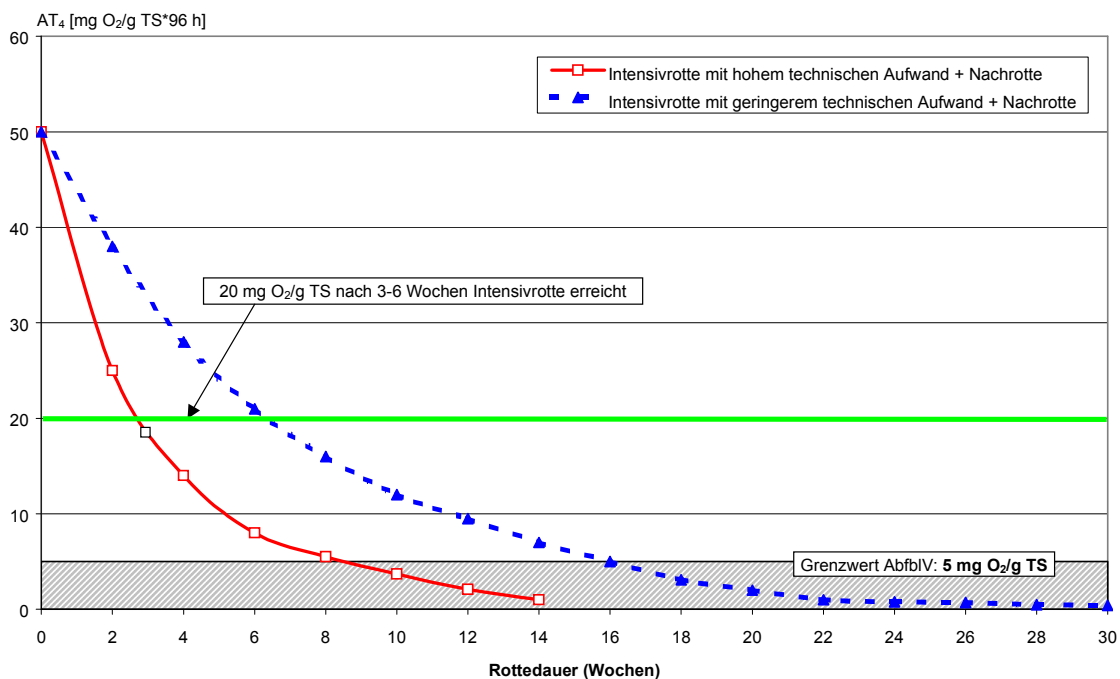


Abbildung 1: Atmungsaktivität (AT₄) im Rotteverlauf

In der 30. BImSchV wird nicht explizit geklärt, ob die diffusen Emissionen einer offenen Nachrotte gemäß § 16 bei der Berechnung der Emissionsfrachten im Hinblick auf die Grenzwerte des § 6 zu berücksichtigen sind.

Der Verordnungsgeber beabsichtigt grundsätzlich, alle von der Behandlungsanlage ausgehenden, geführten und gefassten Abluftströme, entsprechend der Gleichwertigkeit mit einer Müllverbrennungsanlage, unter den Emissionsgrenzwerten zusammenzufassen. In § 6 ist jedoch formuliert, dass die Emissionsgrenzwerte auf die zur Ableitung bestimmten Abgasströme anzuwenden sind, d.h. nach Auffassung des Landesumweltamtes NRW und der Autoren ohne Berücksichtigung der diffusen Emissionen einer offenen Nachrotte. Ebenso erfolgt in § 16 kein Hinweis auf Berücksichtigung der diffusen Nachrotteemissionen bei den Grenzwerten des § 6. Vielmehr wird in § 16 gefordert, dass der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen - eben deshalb - auf andere Weise durch sonstige betriebliche Maßnahmen Genüge getan werden muss.

3 Emissionen aus der Nachrotte

Es gibt zur Zeit keine abgeschlossenen Studien explizit zu den Emissionen aus der Nachrotte intensiv mechanisch-biologisch vorbehandelter Restabfälle. Bisher wurde in verschiedenen umfangreichen Untersuchungen der Gesamtprozess der aeroben und anaeroben mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen untersucht (u.a. BMBF-Vorhaben „Biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“). Es können jedoch Ergebnisse aus der Intensivrottephase beschrieben werden, die zum Teil eine Einschätzung zum Emissionsverhalten in der Nachrottephase zulassen, woraus die zu erwartenden Emissionen abgeleitet werden können.

Auch Erkenntnisse aus der Bioabfallkompostierung liefern Aufschlüsse über Bildungsmechanismen bestimmter Abgaskomponenten und können so zur Abschätzung des Emissionsverhaltens bei der MBA-Nachrotte herangezogen werden.

So kann eine offene Nachrotte insbesondere durch TOC- sowie Geruchsemissionen die Umwelt beeinträchtigen, wobei die TOC-Emissionen sich wahrscheinlich vorwiegend aus CH₄ zusammensetzen.

Die Geruchsemissionen, die auch z.T. durch organische Kohlenstoffverbindungen hervorgerufen werden, können das menschliche Wohlbefinden beeinträchtigen und u.U. gesundheitsgefährdend wirken. Flüchtige anthropogene Schadstoffe (CKW, FCKW, etc.) sind in der Nachrotte nicht mehr zu erwarten. N₂O-Emissionen können sowohl während der gekapselten als auch insbesondere während der offenen Nachrotte auftreten. Die relevanten Abluftkomponenten der Nachrotte sind in Tabelle 2 zusammen gefasst.

Tabelle 2: Emissionen aus der Nachrotte und deren Relevanz

Komponente	Relevanz
Geruch, NH ₃	Beeinträchtigung des menschlichen Wohlbefindens, u.U. gesundheitsgefährdend
Organischer Kohlenstoff (TOC, CH ₄)	u.a. klimawirksame Einzelverbindungen
Lachgas (N ₂ O)	klimawirksames Gas

3.1 Leicht flüchtige Stoffgruppen

Die Abluftkonzentrationen leichtflüchtiger Stoffgruppen bzw. TOC-Einzelverbindungen während der Intensivrotte sind exemplarisch in Abbildung 2 dargestellt (MÜLLER, WALLMANN und FRICKE, 1997). Zu Beginn der Rotte treten erwartungsgemäß die höchsten Schadstoffkonzentrationen auf, wodurch der Hauptteil der Emissionsfracht in dieser ersten Rottephase ausgetragen wird. In der Nachrotte sind diese abfallbürtigen und nicht prozessbedingten Schadgase nicht mehr relevant.

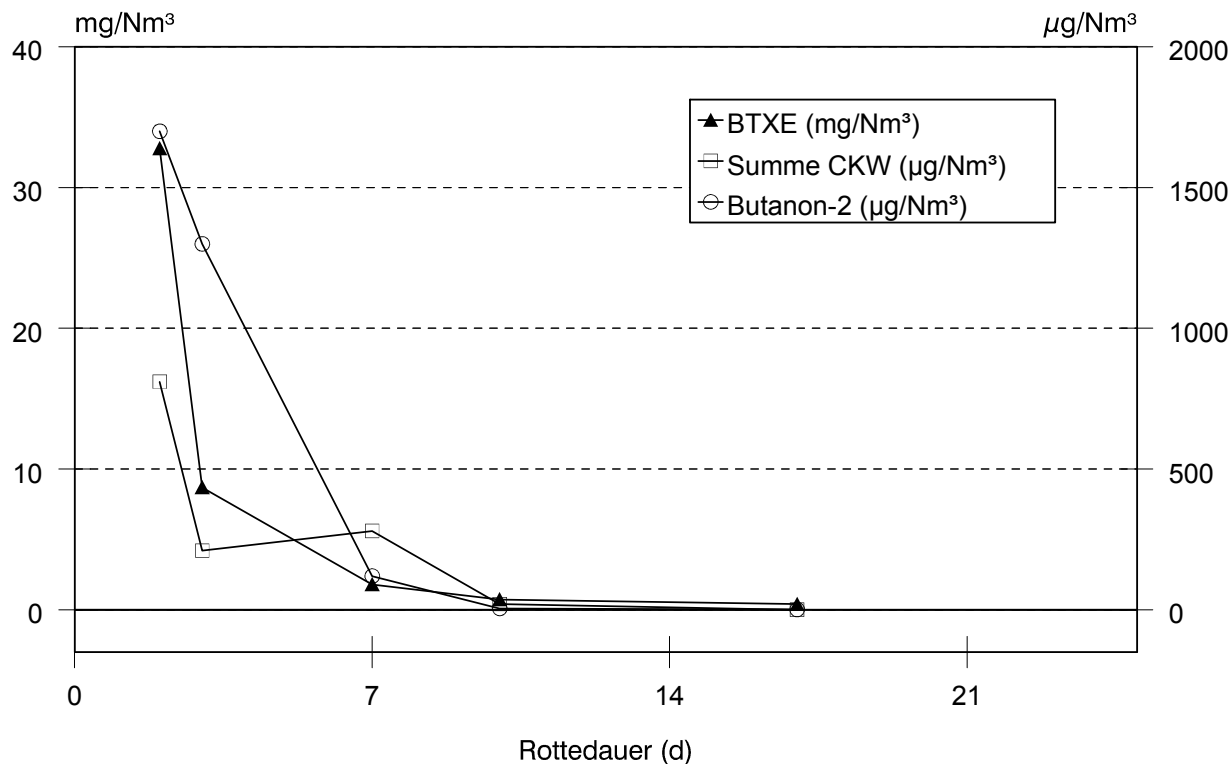


Abbildung 1: Abluftkonzentrationen (Rohgas) bei der aeroben Behandlung von Restabfällen in einem druckbelüfteten Rottesystem (MÜLLER, WALLMANN und FRICKE, 1997)

So konnte von MÜLLER, WALLMANN und FRICKE (1997) nachgewiesen werden, dass der Hauptteil dieser organischen Verbindungen (92 bis 100 %) bereits in den ersten beiden Rottewochen ausgetragen, d.h. gestrippt wird (Tabelle 3).

Tabelle 3: Schadgasfrachten ausgewählter organischer Verbindungen in den ersten 2 Rottewochen einer Intensivrotte (MÜLLER, WALLMANN und FRICKE, 1997)

Parameter	Austrag nach 2-wöchiger Intensivrotte
	% der Gesamtfracht
Aceton	93
BTXE (Summe)	92
Butanon-2	98
Decan	100
Ethylacetat	98
Limonen, Nonan, Pinene	97 – 100
Tetrachlorethen	93
Trichlorethen	97

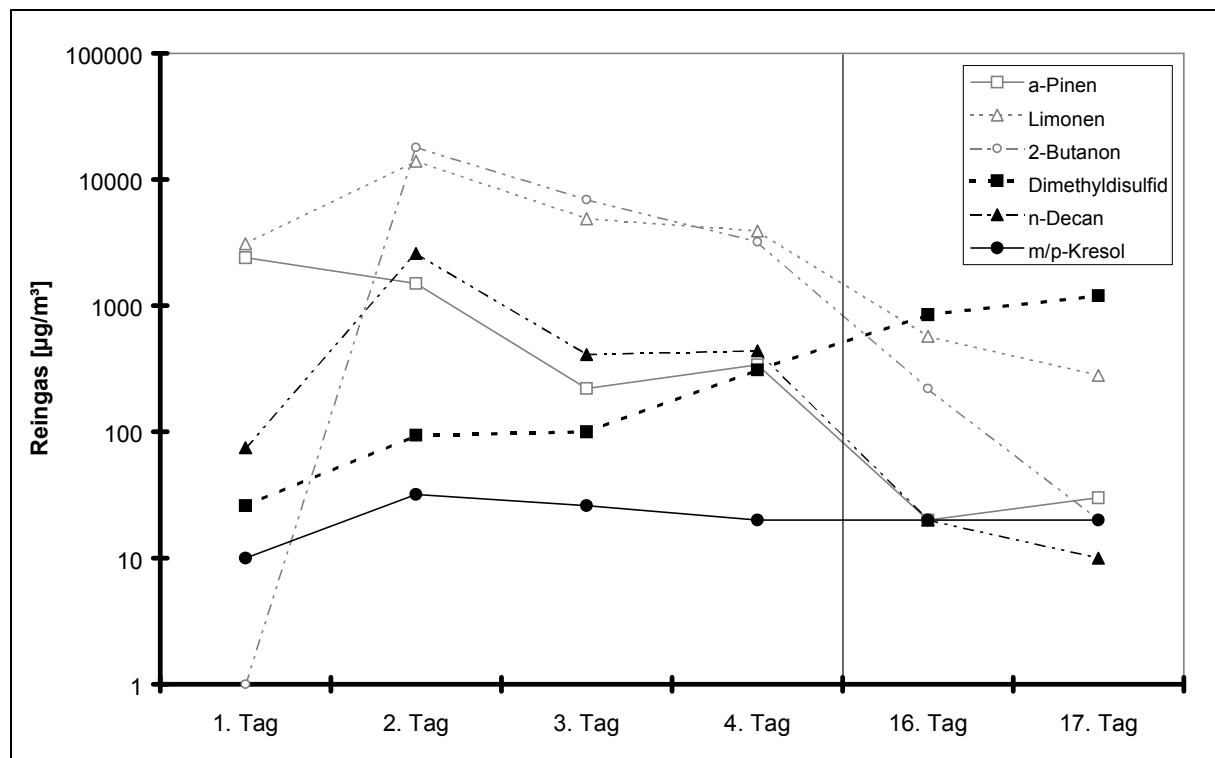


Abbildung 3: Zeitlicher Verlauf von 6 unterschiedlichen Komponenten im Reingas der MBA Wittstock (logarithmische Darstellung) (CUHLS, 2001)

Bei mikrobiellen flüchtigen organischen Verbindungen (MVOC) kann es im Rotteverlauf jedoch auch zu einem Anstieg der Emissionen kommen. Hierzu gehören einige schwefelorganische Verbindungen, wie z.B. das Dimethyldisulfid (Abbildung 3).

3.2 TOC-Emissionen

TOC-Emissionen treten vorwiegend innerhalb der ersten vier Intensivrottewochen auf, in denen der Hauptteil der organischen Substanz umgesetzt und abgebaut wird (Abbildung 4). Hierbei ist die Atmungsaktivität als Indikator für das Emissionsverhalten gut geeignet.

Die Werte von Rotte 1 zeigen Messergebnisse aus der belüfteten Intensivrotte der MBA Linkenbach vom Oktober 2001 (Wallmann et al., 2002). Beim TOC-Austragsverhalten wird der exponentielle Verlauf deutlich. Während zu Beginn der Intensivrotte TOC-Konzentrationen über $500 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ ermittelt wurden, lag die durchschnittliche Rohgaskonzentration in der 3. Rottewoche bei $26 \text{ mg}/\text{Nm}^3$. Nach einer vierwöchigen Rotte sind Konzentrationen unter $20 \text{ mg TOC}/\text{Nm}^3$ zu erwarten. Innerhalb des Messzeitraumes von 3 Wochen Intensivrotte emittierte eine TOC-Fracht von $445 \text{ g}/\text{Mg MBA-Input}$.

In der Rotte 2 werden Versuchsergebnisse der Uni Hannover wiedergegeben. Dabei traten die TOC-Emissionen vorwiegend innerhalb der ersten vier Wochen der Intensivrotte auf. Ab der vierten Woche lagen die TOC-Konzentrationen im Rohgas nahezu bei

Null, wobei die Belüftung fortgeführt wurde. Insgesamt wurde über die Versuchsdauer von 12 Wochen eine organische Kohlenstoffmenge von 680 g/Mg FS des MBA-Inputmaterials freigesetzt. Davon wurden ca. 98 % bereits nach vier Wochen emittiert. Der biologische Abbaugrad gemessen als AT_4 mit 20 mg O_2/g TS und GB_{21} mit ca. 45 NI/kg TS lag im Vergleich dazu bei rund 80 %. Bei einer passiven Belüftung ist allerdings mit einer Methanbildung zu rechnen (STOCKINGER, DOEDENS und MÄHL, 2003).

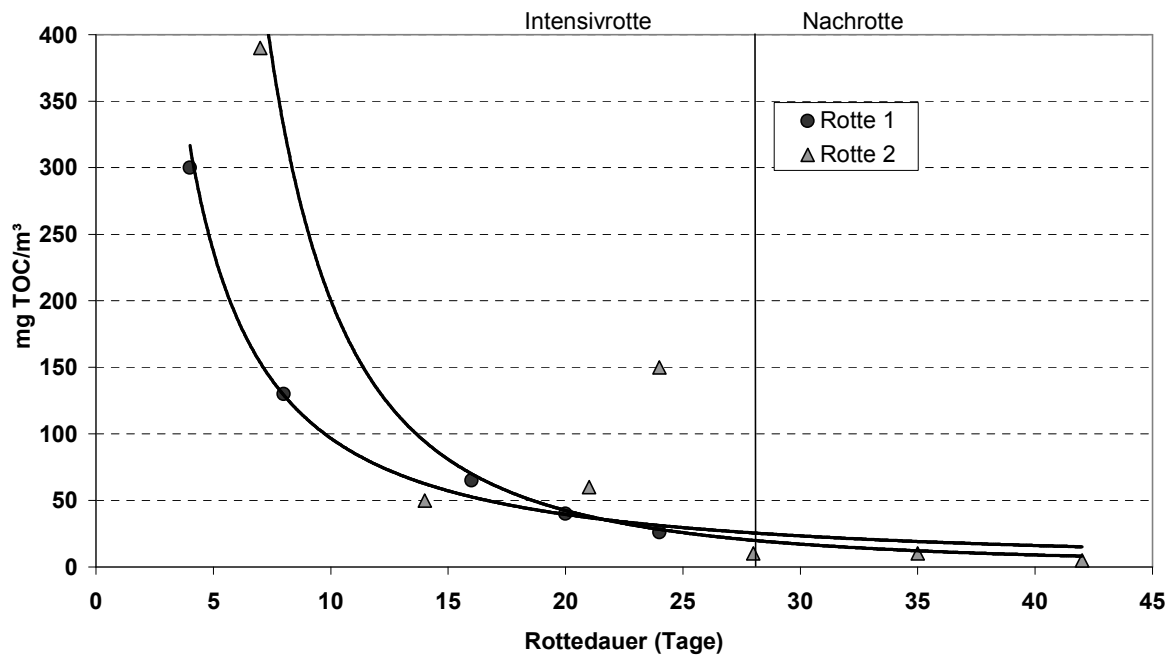


Abbildung 4: TOC-Emissionen über den Verlauf der Intensiv- und Nachrotte

3.3 Methan-Emissionen

In der Nachrotte erfolgt ein weiterer Abbau des organischen Materials. Ein Großteil der hier auftretenden TOC-Emissionen besteht aus Methan (CH_4). Dies wurde bereits bei mehreren Kompostierungsversuchen von organischen Abfällen sowie bei ersten Messungen von MBA-Material in der Nachrotte festgestellt (IGW, 2003). In der Nachrotte wird das Material nur noch selten umgesetzt, so dass im Substrat anaerobe Zonen vorkommen, in denen Methan (CH_4) gebildet werden kann. Darüber hinaus führt die Verrottung von Mieten zur Methanbildung (Abbildung 5).

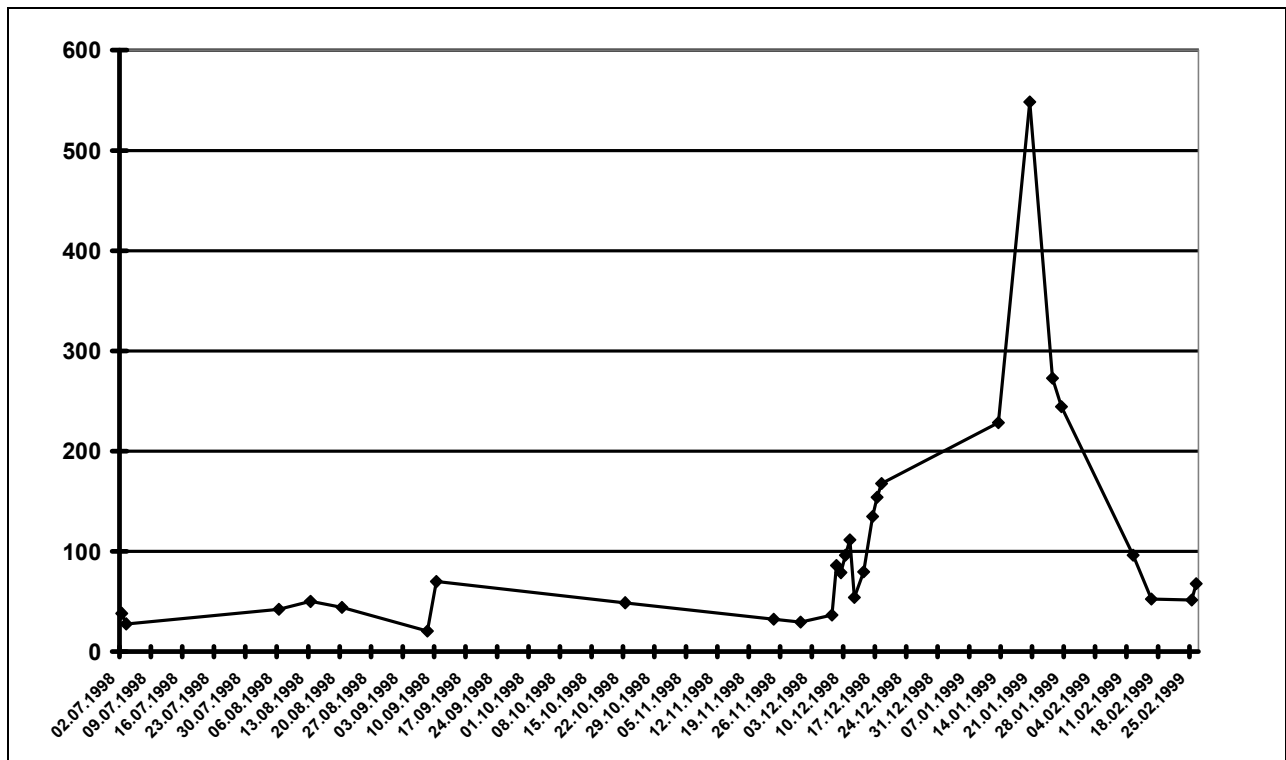


Abbildung 5: Verlauf der CH₄-Emission bei übermäßiger Mietenbewässerung [mg/Nm³].

Allgemein werden in der Nachrotte die Methanemissionen von Umsetzintervall, Wassergehalt, Strukturanteil und Belüftung in relevantem Ausmaß beeinflusst. Durch das Umsetzen wird das Material gelockert und Sauerstoff eingebracht. Die Folge ist eine erhöhte Aktivität aerober Prozesse und einhergehend mit einer starken Reduktion der Aktivität der strikt anaeroben Methanbildner.

Bei Bioabfall lag die Hauptbildungsphase von CH₄, unabhängig vom Umsetzungsintervall während der ersten 20 Rottetage. In der restlichen Zeit fand nur noch eine geringfügige CH₄-Bildung statt (HELLMANN, 1995).

Bei der Rotte von Restabfällen wie auch bei Bioabfällen kann durch die Variation des Anteils an Strukturmaterial die Substratstruktur verändert werden. Ein erhöhter Strukturanteil verbessert die Permeabilität des Substrates für Gase. Dadurch kann ein erhöhter Gastransport sichergestellt und die CH₄-Bildung deutlich reduziert werden.

3.4 Lachgas

Unabhängig von der baulichen Gestaltung der Nachrotte kann N₂O während der mikrobiellen Umsetzungen im Rottematerial gebildet werden. Bei nicht sachgemäßem Management können während der Rotte Emissionen auftreten, die den Grenzwert der 30. BImSchV von 100 g N₂O/Mg überschreiten. Lachgasmessungen in einem Nachrotteversuch in der MBA Linkenbach zeigten jedoch, dass der Grenzwert bei kontrollierter Rottesteuerung sicher eingehalten werden kann (IGW, 2003).

Im Gegensatz zum Methan verläuft die Bildung von Lachgas im sauerstoffreichen Milieu. N_2O ist dann im Wesentlichen ein Zwischenprodukt der Nitrifikation und weniger der Denitrifikation. Organische Substanz wird während der Rotte abgebaut, d.h. hauptsächlich zu CO_2 oxidiert. Die organische Substanz wird durch heterotrophe Mikroorganismen abgebaut, wobei deren Aktivität die Temperatur in den Mieten erhöht. Mit dem Abbau der organischen Substanz nimmt die Menge an verfügbarem Ammonium-N zu. Ein Teil des freiwerdenden NH_4^+ -N benötigt die heterotrophen Mikroorganismen für ihr eigenes Wachstum. Der Rest liegt als freies NH_4^+ -N vor. Bei pH-Werten > 7 können NH_3 -Emissionen auftreten. Im Laufe der Rotte nimmt die Menge und Verfügbarkeit des mikrobiell verfügbaren Kohlenstoffes ab und die mikrobielle Aktivität der Heterotrophen wird eingeschränkt. Als Konsequenz sinkt die Temperatur in der Miete. Bei niedrigeren Temperaturen wachsen dann autotrophe Nitrifikanten, die das vorliegende NH_4^+ -N mittels Sauerstoff über NO_2^- zu NO_3^- oxidieren bzw. nitrifizieren. Die Oxidation zu NO_3^- kann jedoch bei hohen NH_3 -Konzentrationen (d.h. bei pH-Werten über 7 und hohen NH_4^+ -N-Konzentrationen) und durch hohe NO_2^- -Konzentrationen gehemmt werden. Deshalb kann es zu einer Akkumulation von NO_2^- kommen, womit eine N_2O -Bildung einhergehen kann (Abbildung 6).

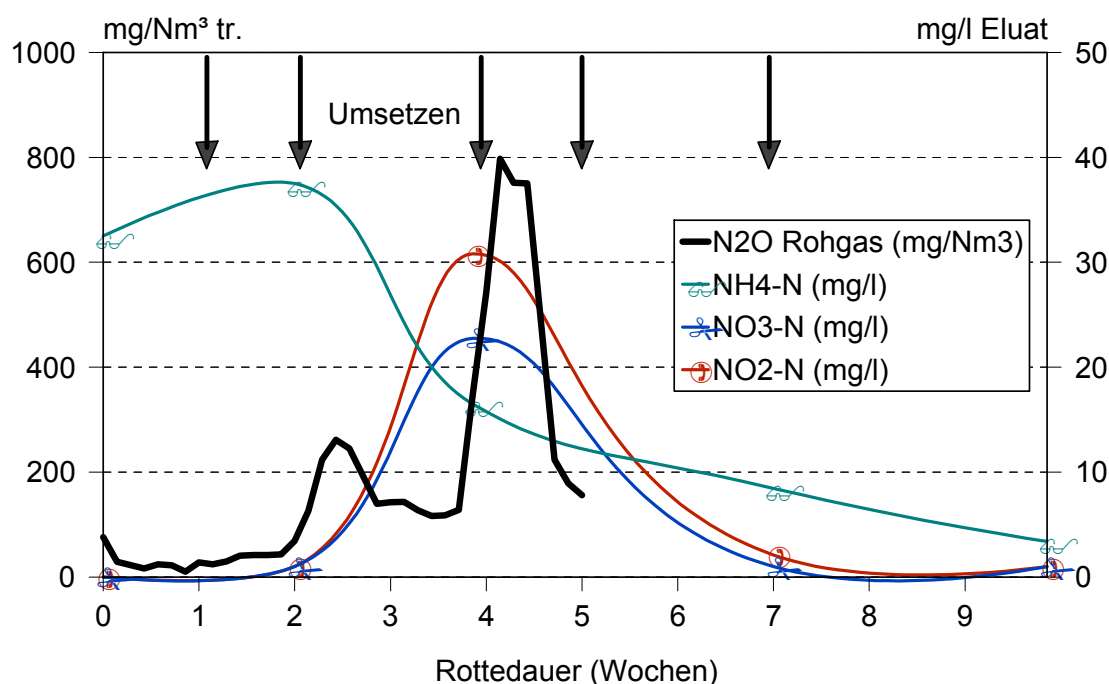


Abbildung 6: Lachgaskonzentrationen im Rohgas und Stickstoffverbindungen im Eluat im Verlauf der Nachrotte (Versuch MBA Hannover, WALLMANN et al., 2001)

Weiterhin kann N_2O auch während der Denitrifikation gebildet werden, d.h. während der Reduktion von NO_3^- zu elementarem N_2 . Das gebildete N_2O wird nicht zwangsläufig

emittiert, da es während der Passage durch die Miete weiter zu N_2 reduziert werden kann. Hierfür ist jedoch - analog zur N-Elimination im Abwasser - mikrobiell leicht verfügbarer Kohlenstoff notwendig, der gegen Ende der Rotte aufgebraucht ist.

Maßnahmen zur Minimierung von N_2O -Emissionen:

Während der ersten Phase der Nachrotte, in der noch hohe Mietentemperaturen (> 60 °C) vorliegen, sollte das Material möglichst häufig umgesetzt werden. Dadurch kann NH_3 entweichen, das dann später der Nitrifikation nicht mehr zur Verfügung steht. Ein häufiges Umsetzen verringert auch die Aktivität der Methanogenen (CH_4 -Bildner).

Liegt die Mietentemperatur < 45 °C, sollte die Umsetzfrequenz reduziert werden, wobei die Bildung von CH_4 mit beachtet werden muss. Nun wird verstärkt Nitrifikation in der Miete stattfinden und N_2O gebildet. Wenn das Material selten umgesetzt wird, kann nun N_2O noch in der Miete weiter zu N_2 reduziert werden.

Falls eine Mietenbelüftung möglich ist, empfiehlt es sich, während der ersten Phase bei hohen Mietentemperaturen mit einer hohen Luftrate zu belüften. Während der zweiten Phase bei Temperaturen < 45 °C sollte dagegen mit geringeren Luftwechselraten und ggf. intermittierend belüftet werden. Dadurch kann durch Nitrifikation gebildetes N_2O im Mietenkörper zu N_2 reduziert werden. (CLEMENS, 2003)

4 Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung aus der offenen Nachrotte

Bei der Zulassung einer offenen Nachrotte nach der 30. BImSchV muss durch betriebliche Maßnahmen sichergestellt werden, dass eine ausreichende Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen getroffen wird. Grundsätzlich kann mit folgenden Maßnahmen eine Immissionsvorsorge getroffen werden:

- Bauliche Anlagengestaltung
- Betriebstechnische Maßnahmen
- Organisatorische Maßnahmen

Darüber hinaus sind stoffliche Eigenschaften des Rottematerials sowie die standortspezifischen Faktoren zur jeweiligen Einzelfallabschätzung zu berücksichtigen.

4.1 Bauliche Gestaltung der Nachrotte

Durch die bauliche Gestaltung der Nachrotte bestehen zahlreiche Möglichkeiten, den Anlagenbetrieb zu verbessern und dem Auftreten von Emissionen entgegenzuwirken. Einen Überblick gibt Tabelle 4.

Tabelle 4: Bauliche Maßnahmen zur Emissionsminderung während der offenen Nachrotte

Maßnahme / Einflussfaktor	Wirksamkeit / Relevanz
Untergrundbefestigung (Rotteplatte) mit Sickerwasserfassung	Arbeitstechnik, Boden- und Grundwasserschutz
Überdachung	Schutz vor Vernässung und Austrocknung sowie Immissionsschutz
Belüftungskanäle in der Rotteplatte	Mietenabsaugung
Wetterschutzwand	Schutz vor Vernässung und Austrocknung sowie Immissionsschutz

Der Untergrund im Nachrottebereich sollte befestigt werden, um einen sauberen Prozessablauf zu gewährleisten. Durch Sammelrinnen in der Rotteplatte kann eventuell auftretendes Sickerwasser erfasst und gezielt rückgeführt werden.

Die Nachrotte kann durch eine Überdachung der Rottefläche (seitlich offen) von Niederschlagsereignissen weitestgehend unabhängig betrieben werden, was wesentliche Vorteile für eine gezielte Rottesteuerung mit sich bringt. Weiterhin stellt die Überdachung auch einen Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung und u.U. auftretenden Austrocknungen an der Mietenoberfläche dar.

Grundsätzlich sollte eine befestigte Rotteplatte mit Überdachung zur Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Betriebes der Nachrotte vorgesehen werden. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Abfallablagerungsverordnung konkrete Anforderungen an die Beschaffenheit der zu deponierenden Abfälle stellt, die nur durch einen optimierten Betrieb sicher eingehalten werden können.

Die Errichtung einer Wetterschutzwand kann im Einzelfall zweckmäßig sein, wenn die standortspezifischen Bedingungen dies erfordern.

Um eine Mietenabsaugung - mit dem Ziel, die an der Mietenoberfläche auftretenden Emissionen weitestgehend zu reduzieren - realisieren zu können (siehe Kapitel 4.2), ist die Installation von Belüftungsrinnen in der Rotteplatte erforderlich.

4.2 Betriebstechnische Maßnahmen

Tabelle 5 gibt einen Überblick über betriebstechnische Maßnahmen, die zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen geeignet sind. Teilweise existieren direkte Zusammenhänge zwischen baulichen und betriebstechnischen Maßnahmen.

Durch eine Absaugung der Mietenabluft bei offen betriebener Nachrotte kann die über die Mietenoberfläche ausgetragene Emissionsfracht erheblich reduziert werden. Nach derzeitigem Kenntnisstand (IGW, 2003) sind bereits relativ geringe Luftwechselraten ausreichend. Darüber hinaus führt die Saugbelüftung zu einer Verbesserung der Sauerstoffversorgung in der Miete und einer entsprechenden Förderung der mikrobiellen Abbauproduktivität sowie reduzierter Rottedauer.

Tabelle 5: Betriebstechnische Maßnahmen zur Emissionsminderung während der offenen Nachrotte

Maßnahme / Einflussfaktor	Wirksamkeit / Relevanz
Mietenabsaugung	Immissionsschutz und Förderung der Abbauleistung, CH ₄ - und N ₂ O-Minimierung
Umsetzen bzw. Umsetzintervall und -zeitpunkt	Rottesteuerung und Immissionsschutz, CH ₄ - und N ₂ O-Minimierung
Bewässerung	Rottesteuerung und Staubemissionen
Geotextil-Abdeckplane	Immissionsschutz und Feuchtehaushalt
Sickerwassersammlung und -rückberieselung	Boden- und Grundwasserschutz
Zuschlagstoffe	Immissionsschutz und Rottesteuerung

Das Umsetzen der Rottemieten stellt einen wesentlichen Faktor für eine gezielte Rottesteuerung dar. Es führt zu einer Verbesserung der Sauerstoffversorgung, vermischt die unterschiedlichen Zonen der Miete (Homogenisierung) und führt - je nach Umsetzaggat - zu einem weitergehenden Aufschluss der Oberfläche des Rottegutes mit entsprechender Förderung der Abbauprodukte. Dabei wird die Bildung von CH₄ und N₂O minimiert.

Der Umsetzprozess stellt durch das Freisetzen der im Porenvolumen enthaltenen Mietenluft eine punktuelle Emissionsquelle bei der offenen Nachrotte dar. Um die Ausbreitung der während des Umsetzens auftretenden Emissionen (Geruch, Staub, Gase) und die damit verbundenen potentiellen Beeinträchtigungen ggf. vorhandener sensibler Bereiche (Wohnbebauungen, Naherholungsbereiche, etc.) einzuschränken, kann es sinnvoll sein, das Umsetzen in Abhängigkeit von der meteorologischen Situation durchzuführen, z. B. nur bei bestimmten Windrichtungen und -intensitäten umzusetzen.

Eine weitere Möglichkeit, ggf. auftretende Emissionen zu mindern, besteht durch das Aufbringen einer Geotextil-Abdeckplane auf die Mietenoberfläche, wodurch insbesonde-

re Gerüche, vermutlich jedoch auch weitere Kohlenstoffverbindungen zurückgehalten werden können. Als weitere positive Wirkung der Mietenabdeckung ist die Vorbeuge gegen Austrocknungen an der Mietenoberfläche zu betonen.

Während der MBA-Nachrotte - insbesondere, wenn eine Überdachung installiert ist - kann davon ausgegangen werden, dass keine nennenswerten Mengen an Sickerwasser auftreten. Dennoch sollten bei befestigten Rotteflächen Sickerwasser-Auffangeinrichtungen vorgesehen werden, um Fahrflächenwasser und Sickerwasser aus den Mieten kontrolliert zurückhalten und gezielt rückberieseln bzw. u.U. behandeln zu können.

4.3 Organisatorische Maßnahmen

Als organisatorische Maßnahme zur Vorbeuge gegen schädliche Umweltwirkungen ist insbesondere der Bereich des Qualitätsmanagements anzusprechen. Zur Sicherstellung eines ordnungsgemäßen und emissionsarmen Betriebes ist geschultes Fachpersonal von wesentlicher Bedeutung.

Unerwünschte Entwicklungen des Betriebsprozesses sollten kurzfristig erkannt werden können, um zeitnah Gegenmaßnahmen einzuleiten. Auf dieser Basis sollten - im Rahmen eines Betriebstagebuches - detaillierte Dokumentationen und Auswertungen der Prozessdaten sowie ggf. Rückschlüsse auf Optimierungsmaßnahmen erfolgen.

4.4 Stoffliche Eigenschaften des Rottematerials

Im Hinblick auf das zu erwartende Emissionsverhalten sind auch stoffliche Eigenschaften des Rotteinputmaterials von Bedeutung (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Relevante stoffliche Eigenschaften des Rottematerials

Maßnahme / Einflussfaktor	Wirksamkeit / Relevanz
Atmungsaktivität AT ₄	Aktivitäts- und Emissionspotential
Struktur bzw. Korngrößenverteilung, Porosität	Belüftbarkeit des Rottegrundes, Rottesteuerung
Feuchtegehalt	Mikrobielle Abbauaktivität, Staubemissionen
C/N-Verhältnis	Mikrobielle Abbauaktivität, Lachgasbildung

Die Atmungsaktivität AT₄ stellt ein Maß für die biologische Stabilisierung dar. Durch das Unterschreiten des AT₄-Grenzwertes von 20 mg O₂/g TS kann von einer deutlichen Stabilisierung der Abfälle durch die vorgelagerten Prozesse mit einer entsprechenden

Reduktion des Emissionspotentials ausgegangen werden. Der AT_4 im Nachrotteinput kann durch die Gestaltung und Dauer der vorgeschalteten biologischen Prozesse gesteuert werden.

Die Struktur bzw. Korngrößenverteilung der biologisch vorbehandelten Abfälle hat einen erheblichen Einfluss auf die Belüftbarkeit bzw. den selbstgängigen Gasaustausch in der Miete. Im Rahmen der mechanischen Aufbereitung kann die Struktur des Rottematerials durch die Intensität der Zerkleinerung und Absiebung heizwertreicher Komponenten beeinflusst werden.

Die Feuchtesteuering während der Rotte hat erheblichen Einfluss auf die Abbauleistung bzw. die Stabilisierung der Abfälle und damit direkt auf die Höhe der Emissionen. Vernässungsbereiche, welche durch Niederschlagsereignisse induziert werden können, führen zur Bildung von anaeroben Zonen, in welchen es zu einer gesteigerten Methanbildung kommen kann. Weiterhin können vernässte Mietenbereiche beim Umsetzen zu Verschmierungen mit negativer Beeinträchtigung der Luftgängigkeit und damit auch der Abbauleistung führen. Darüber hinaus besitzt der Endwassergehalt des Rottematerials einen wesentlichen Einfluss auf die Verdichtbarkeit bzw. das Einbauverhalten der Abfälle in der Deponie.

Das Verhältnis zwischen Kohlenstoff und Stickstoff (C/N-Verhältnis) stellt einen wichtigen Parameter für die Nährstoffversorgung der am Abbauprozess beteiligten Mikroorganismen dar. In der Literatur wird für die Kompostierung ein günstiges C/N-Verhältnis von 20:1 bis 35:1 angegeben (GLATHE, 1985). Neben dem Einfluss des C/N-Verhältnisses auf den Abbau besteht auch ein enger Zusammenhang zur Lachgasbildung. Wie bereits dargestellt, kann es insbesondere bei Mangel an leicht verfügbaren Kohlenstoffverbindungen zur verstärkten Lachgasbildung kommen.

5 Zusammenfassung und Einschätzung

Das Emissionsverhalten während der Nachrotte von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen kann zur Zeit nicht belastbar beschrieben bzw. quantifiziert werden, da bisher keine entsprechenden Untersuchungsergebnisse vorliegen.

Nach derzeitigem Kenntnisstand kann eine offene Nachrotte insbesondere durch TOC-, N_2O - sowie Geruchsemissionen die Umwelt beeinträchtigen. Hinter dem Parameter TOC verbirgt sich im wesentlichen das Methan (CH_4). Anthropogene Schadstoffe (CKW, FCKW, etc.) sind in der Nachrotte nicht mehr zu erwarten. N_2O -Emissionen können im Einzelfall auch während der gekapselten Intensivrotte (Startphase), insbesondere aber während der Nachrotte bei Temperaturen < 45 °C auftreten. Die Bedingungen für die N_2O - bzw. CH_4 -Bildung sind daher prinzipiell gegensätzlich.

Nach Einschätzung des Landesumweltamtes NRW und der Autoren kann eine „offene Nachrotte“ nur nach einer technisch hochwertigen biologischen Vorbehandlung zugelassen werden, d.h. nach einer MBA neuester Generation (gekapselt mit zumindest einer thermischen Abluftbehandlung für höher belastete Abluftteilströme). Durch die vorgeschaltete Intensivrotte bzw. Vergärung ist eine sichere Unterschreitung des AT_4 von 20 mg O_2/g TS gemäß § 16 der 30. BImSchV zu fordern. Dies bedingt nach derzeitigem Kenntnisstand eine gekapselte Intensivrottendauer von mindestens 3 bis 4 Wochen. Bei der Nachrotte von Vergärungsrückständen ist insbesondere im Hinblick auf Geruchsemissionen eine ausreichende Aerobisierung vorzusehen, wodurch nach derzeitigem Kenntnisstand eine geschlossene Nachrotte mit aktiver Belüftung sowie Abluffassung und –behandlung von mindestens 2 Wochen erforderlich ist.

Für die Zulassung der offenen Nachrotte sollte grundsätzlich eine befestigte Rotteplatte mit Überdachung zur Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Betriebes vorgesehen werden. An sensiblen Standorten empfiehlt sich eine Mietenabsaugung, zum einen als Immissionsschutz und zum anderen zur Förderung der mikrobiellen Abbauleistung bzw. Stabilisierung.

Die Anforderungen der Abfallablagerungsverordnung müssen sicher eingehalten werden.

Weitere bauliche und betriebstechnische sowie verschiedene organisatorische und sonstige Einflussmöglichkeiten bestehen für die Gestaltung einer offenen Nachrotte, um dem Schutz der Allgemeinheit vor Umweltschädigungen Rechnung zu tragen. Letztendlich wird die zuständige Genehmigungsbehörde immer im Einzelfall auf Grund der standortspezifischen Gegebenheiten darüber entscheiden müssen, ob und unter Berücksichtigung welcher Auflagen der Betrieb einer offenen Nachrotte gemäß § 16 der 30. BImSchV genehmigungsfähig ist.

6 Literatur

CLEMENS, J., 2003: Lachgas-Emission und ihre Entstehungsmechanismen (unveröffentlicht)

CUHLS, C., 2001: Schadstoffbilanzierung und Emissionsminderung bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung, Heft 114 der Veröffentlichungen des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover

GLATHE, H., 1985: Biologie der Rotteprozesse bei der Kompostierung von Siedlungsabfällen, in: Kumpf, Maas, Straub: Handbuch Müll- und Abfallbeseitigung, Berlin

HELLMANN B., 1995: Freisetzung klimarelevanter Spurengase in Bereichen mit hoher Akkumulation von Biomassen. Oberschleißheim. Abschlußbericht DBU

IGW, 2003: Unveröffentlichte Untersuchungsergebnisse von Emissionsmessungen der MBA Linkenbach

MÜLLER, W., R. WALLMANN UND K. FRICKE; 1997: Mechanisch-biologische Restmüllbehandlung; 2. Zwischenbericht zum Forschungsvorhaben des Landes Hessen „Mechanisch-biologische Restmüllbehandlung unter Einbindung thermischer Verfahren für Teilfraktionen“, Teilbereich der Ingenieurgesellschaft Witzenhausen (IGW), unveröffentlicht

STOCKINGER, J.; DOEDENS, H., MÄHL, B.; 2003: Praktische Erfahrungen der MBA aus der Umsetzung AbfAbIV, 30. BImSchV, in: Münsteraner Schriften zur Abfallwirtschaft, Band 6, Münster

WALLMANN, R., C. CUHLS, J. FRENZEL, J. HAKE UND K. FRICKE; 2001: Nachrotte von Vergärungsrückständen aus dem Valorga-Verfahren, Müll und Abfall **11**, Seite 624–628

WALLMANN, R., T. TURK, K. FRICKE UND U. KLEEMANN, 2002: Differenziertes Abluftmanagementkonzept für die MBA Linkenbach, Müll und Abfall **8**, Seite 431-439

Anschriften der Verfasser

Dr.-Ing. Rainer Wallmann und Jürgen Hake

Ingenieurgesellschaft Witzenhausen Fricke & Turk GmbH
Bischhäuser Aue 12, D-37213 Witzenhausen, Tel. 05542-93080
r.wallmann@igw-witzenhausen.de

Dr.-Ing. Carsten Cuhls

Gewitra, Ingenieurgesellschaft für Wissenstransfer GmbH
Nelkenstraße 15, D-30167 Hannover, Tel. 0511-9990874
cuhls@gewitra.de

Dr. habil. Joachim Clemens

Gewitra, Ingenieurgesellschaft für Wissenstransfer GmbH
Karlrobert-Kreiten-Strasse 13, D-53115 Bonn, Tel. 0228-2667882
clemens@gewitra.de

Dr.-Ing. Tanja Scheelhaase

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Straße 6, D-45133 Essen, Tel. 0211-1590 2546
tanja.scheelhaase@lua.nrw.de