

# Bioaerosolemissionen bei der biologischen Abfallbehandlung und mögliche Minderungsmaßnahmen

VOLKER KUMMER\*

## 1 Einleitung

Mit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz 1994 wurde eine Änderung der abfallwirtschaftlichen Zielsetzung von einer reinen Entsorgungs- hin zu einer Kreislaufwirtschaft vollzogen. Die praktische Umsetzung erfolgt durch die zunehmende Separierung von Wertstoffen (Altpapier, Bioabfall, Altholz, Elektroschrott) (s. z.B. Abfallmengenbilanz Hessen 2002 [1]) und deren Aufbereitung mittels optimierter Behandlungsverfahren. Die Bioabfallkompostierung und die mechanisch-biologische Abfallbehandlung sind somit zu einem wichtigen Bestandteil der Abfallwirtschaft geworden.

Der mikrobielle Abbau organischen Materials findet in Abfallbehandlungsanlagen besonders konzentriert statt. Deshalb sind aus Sicht des Arbeitsschutzes und der Umwelthygiene die Bioaerosolemissionen in Abfallbehandlungsanlagen von Be-

deutung, auch wenn dies aus dem Aspekt möglicher Quellen nur einen kleinen Ausschnitt darstellt. Entsorgungsanlagen i. A., Landwirtschaft oder auch Anlagen zur Lebensmittelproduktion sind potentielle Bioaerosolquellen.

Durch Medien wurde das Thema öfters aufgegriffen, dabei aber auch Ängste bei Anwohnern entsprechender Anlagen gefördert, ohne differenziert auf Messmethodik, Probenahme, andere Quellen u. a. einzugehen und in die Bewertungen einzubeziehen. Gleichwohl sind gesundheitsrelevante Wirkungen durch Bioaerosole, wenn auch nur ansatzweise bekannt, im Rahmen von Genehmigungsverfahren weitergehend zu reduzieren. Sowohl das Bundes-Immissionsschutzgesetz als auch die Technische Anleitung Siedlungsabfall bieten hierfür Ansätze.

## 2 Rechtliche Beurteilung

Mit dem Genehmigungsverfahren ist auch bei biologischen Abfallbehandlungsanlagen in Bezug auf Bioaerosole folgender zentraler Grundsatz des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (§ 5 (1) BImSchG) [2] einzuhalten:

„Genehmigungsbedürftige Anlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können.“

Weiterhin sind nach der TA Luft [3] die Möglichkeiten zu prüfen, inwieweit die Emissionen an Keimen

und Endotoxinen durch dem Stand der Technik entsprechende Maßnahmen zu vermindern ist (Nr. 5.4.8.5 TA Luft).

Ebenso ist gemäß TA Siedlungsabfall (TA SI) der Betrieb aerober mechanisch-biologischer Abfallbehandlungsanlagen so zu führen, dass eine möglichst intensive biologische Umsetzung der Abfälle gewährleistet und eine Beeinträchtigung des Betriebspersonals und/oder der Nachbarschaft durch Pilzsporen, Geruch und schädliche Gase unterbunden wird.

Unsicherheiten und Schwierigkeiten bei der Durchführung von Genehmigungsverfahren und der Anlagenüberwachung ergeben sich durch fehlende konkretisierende Handlungsanleitungen.

\* Dipl.-Ing.(FH) Volker Kummer, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden (HLUG)  
Tel.: 06 11 – 69 39-794 E-Mail: v.kummer@hlug.de

### 3 Vorgaben zur Ermittlung von Bioaerosolen mit Emissions- und Immissionsmessungen

#### 3.1 Normierungsarbeiten

Zur Ermittlung repräsentativer und vergleichbarer Daten ist es unerlässlich, gleiche Voraussetzungen oder Konventionen zu beachten. Zu Emissions- und Immissionsmessungen liegen zahlreiche Erfahrungen bzw. Erhebungen vor. Verbindliche Vorgaben bzw. Richtlinien werden allerdings z. Z. erst erarbeitet. In der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN wurde 1999 ein Gemeinschaftsausschuss „Bioaerosole und biologische Agenzien“ der Fachbereiche Umweltqualität und Messtechnik gegründet. Hiermit verbunden ist die Bildung von sieben Arbeitskreisen:

- Wirkung von mikrobiellen Luftverunreinigungen
- Planung von anlagenbezogenen Messungen mikrobieller Luftverunreinigungen
- Probenahme von Bioaerosolen/Biotestaerosolen
- luftgetragene Mikroorganismen und Viren
- MVOC, Endotoxine, Mycotoxine, Glucane
- Emissionsquellen und -minderungsmaßnahmen
- Verfahrenskenngrößen bei der Messung

Ziel ist die Erarbeitung von VDI-Richtlinien, um eine einheitliche Vorgehensweise und damit auch Beurteilungen und verfahrenstechnische Bewertungen zur Umsetzung gesetzlicher Vorgaben zu ermöglichen.

#### 3.2 Immissionsmessungen

Bisherige Arbeiten zeigen, dass die Messstrategie neben der Probenahmemethode starken Einfluss auf die Ergebnisse hat. Hierzu müssen Informationen zur Anlage (Betriebszustände, Quellenarten), Sekundär- und Störquellen im Umfeld der Anlage und meteorologische Daten eingebracht werden. Da sich die Bioaerosolemissionen fächerartig verbreiten, hat sich zur Erfassung von Immissionswerten eine fächerartige Anordnung der Messpunkte bei gleichzeitiger LUV/LEE-Messung bewährt. Dies ermöglicht eine Aussage zum Anlageneinfluss im Vergleich zur Hintergrundbelastung.

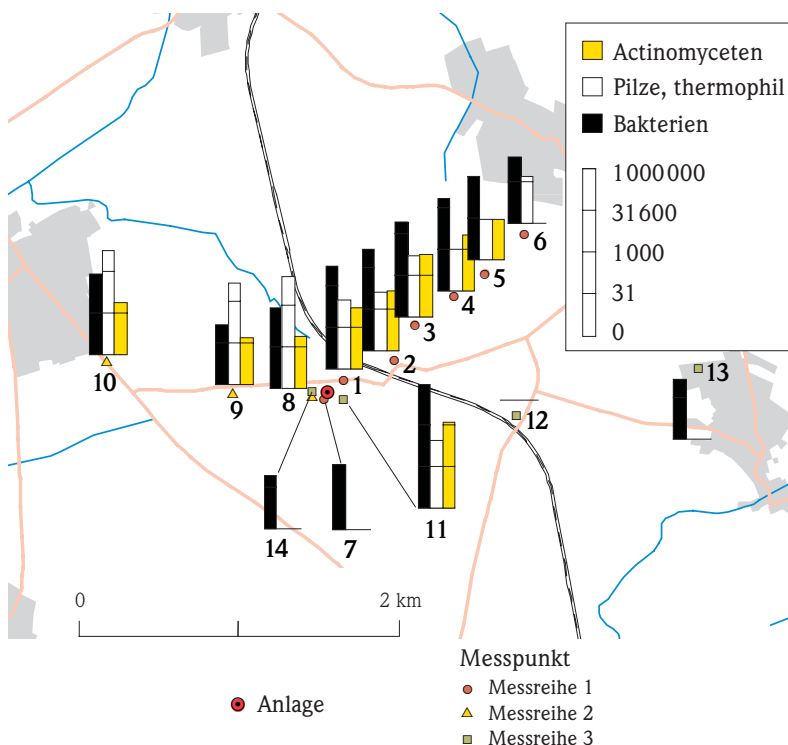


Abb. 1: Bioaerosol-Immissionsmessungen an einem Anlagenstandort (Kompostierungsanlage)

Erfahrungen aus dem Vollzug zeigen, dass erhöhte Bioaerosolkonzentrationen auch noch nach 600, 700 m Entfernung auftreten können – dies insbesondere bei Anlagenstandorten in stark strukturiertem Gelände. Im Einzelfall sind dann emissionsmindernde Maßnahmen notwendig.

#### 3.3 Emissionsmessungen

Biologische Abfallbehandlungsanlagen sind vielfältig in ihrer verfahrenstechnischen Ausgestaltung und dem Behandlungskonzept. Hinsichtlich möglicher Emissionen lassen sich

- Punktquellen (geführte Abluftquellen)
- aktive Flächenquellen (Biofilter, belüftete Mieten)
- passive Flächenquellen (Mieten ohne Belüftung, Infrastrukturflächen)
- diffuse Quellen (Anlieferverkehr, geöffnete Hallentore o.ä.)

unterscheiden. Emissionsmessungen müssen dies durch Messstrategie und Probenahme beachten. Viele in der Literatur dargestellte Daten zu Bioaerosolemissionen aus Kompostierungsanlagen sind allerdings emissionsquellennahe Immissionsmessungen. Bei einer Emissionsmessung muss dagegen die

Ermittlung der Emissionsfracht am Übertritt der Abluft in die Atmosphäre erfolgen. Dazu sind nach dem jetzigen Erfahrungsstand Rohgas-/Reingas-Messungen nach VDI 2066 isokinetisch durchzuführen.

#### 4 Emissionsquellen bei biotechnischen Behandlungsanlagen

Biotechnische Behandlungsanlagen sind vielfältig in ihrem Behandlungskonzept und in ihrer Ausgestaltung. Prinzipiell lassen sich die Anlagen in

- offene Anlagen  
Kompostierung erfolgt mit Mieten, mit oder ohne Belüftung, evtl. abgedeckt oder überdacht
- teilgeschlossene Anlagen  
Anlagen mit geschlossenen, belüfteten Reaktoren für die vorgeschaltete Hauptrotte; Nachrotte offen
- gekapselte Anlagen

vollständig geschlossene Anlagen, von der Anlieferung bis zur Nachrotte

differenzieren. Hiermit sind

- kontinuierliche
- diskontinuierliche Emissionen aus passiven und aktiven Quellen

im Verfahrensablauf verbunden, wobei notwendige Emissionsminderungsmaßnahmen hierauf abzustimmen sind.

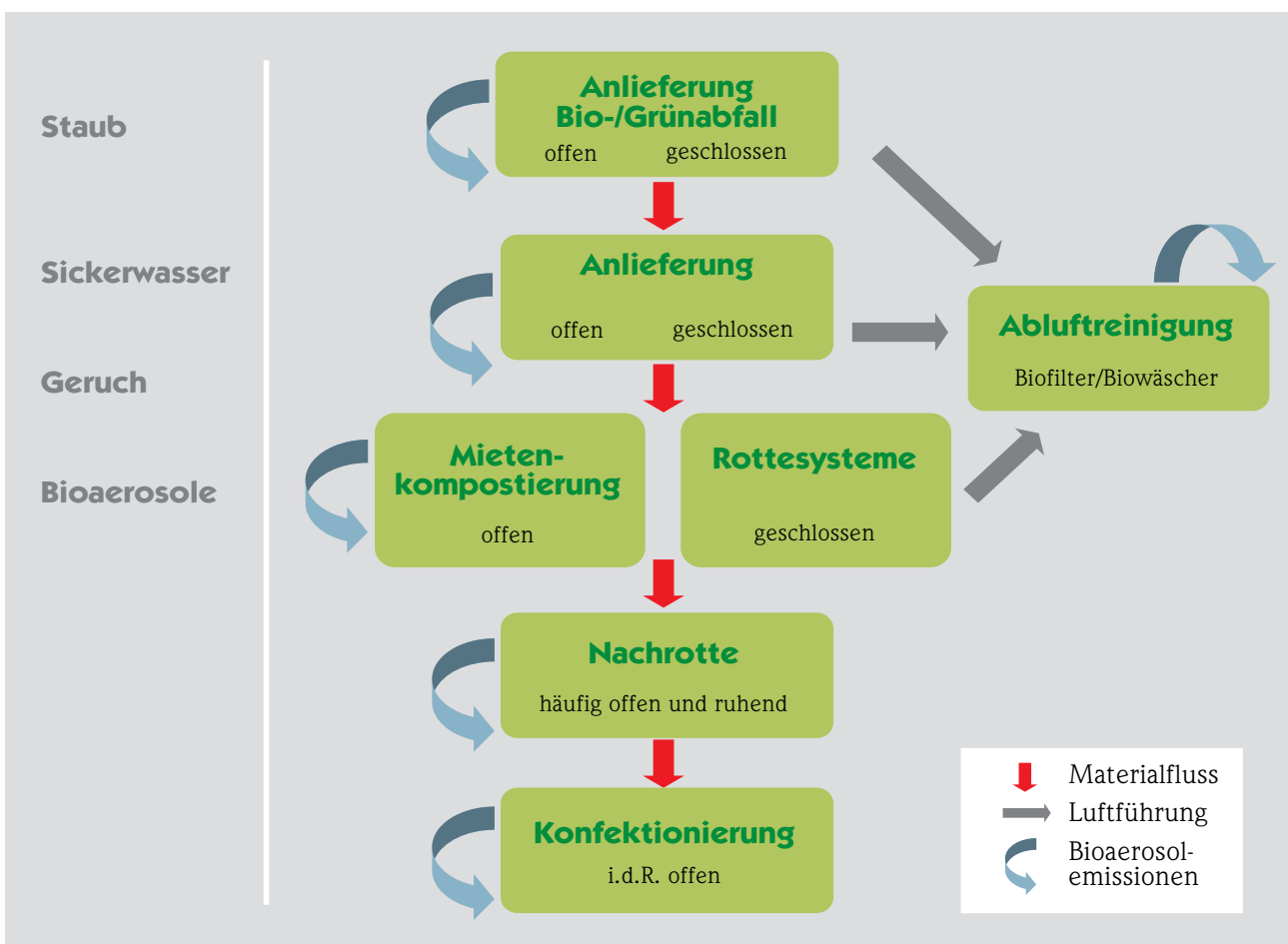


Abb. 2: Mögliche Bioaerosol- und Staubemissionsquellen im Verfahrensablauf

## 5 Minderungsmaßnahmen

Prinzipiell muss man davon ausgehen, dass alle geruchs- und staubreduzierenden Maßnahmen auch zur Verringerung der Bioaerosolemissionen beitragen. Anlage 1 enthält eine zusammenfassende Darstellung emissionsrelevanter Anlagenteile und möglicher Minderungsmaßnahmen [5]. So konnte mit einer sachgerechten Befeuchtung des Kompostmaterials eine 99 %-ige Reduktion der untersuchten Bioaerosole erreicht werden [6].

Die dargestellten Maßnahmen orientieren sich an den derzeit für sinnvoll erachteten Staubminderungsmaßnahmen hinsichtlich folgender grundsätzlicher Forderungen:

- Minimierung der Materialbewegungen
- Minimierung von meteorologischen Einflüssen, hauptsächlich hinsichtlich Verwehungen
- Minimierung von Luft-/Abluftmengen
- Minimierung der Emissionen am Entstehungsort (z. B. Aggregatkapselung)

Darüber hinaus lassen sich thermische, biologische oder physikalisch-chemische Abluftreinigungsverfahren zur Minimierung bei kontinuierlichen und gefassten Quellen einsetzen.

Eine abschließende Bewertung eingesetzter bioaerosolmindernder Maßnahmen ist derzeit noch nicht möglich. Im Folgenden werden exemplarisch verschiedene Untersuchungen angeführt.

### 5.1 Planenkompostierung [6]

Semipermeable Planen können als unterschiedliche Komponenten zur Optimierung offener Kompostierungsverfahren eingesetzt werden. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei ruhenden Mieten durch die Planenabdeckung unabhängig von den Keimgruppen eine Reduktion der Emissionen im Vergleich zu einer nicht abgedeckten Vergleichsmiete erfolgt.

Abb. 3 zeigt exemplarisch die flächenspezifischen Keimemissionen aus zwei Versuchen über den gesamten Rotteverlauf zweier abgedeckter Mieten (Miete A und B) im Vergleich zu einer nicht abgedeckten Vergleichsmiete C.

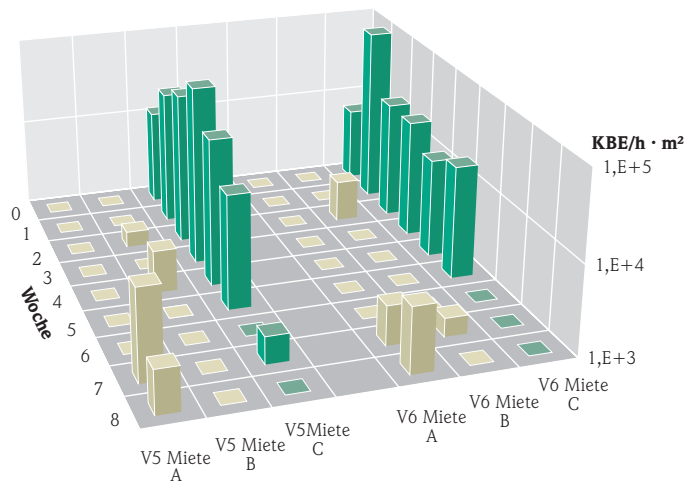


Abb. 3: Keimreduktionen durch planenabgedeckte Mieten

Über den gesamten Rotteverlauf wurden durch den Umsetzungsvorgang zwischen  $10^4$  bis  $10^6$  höhere Bioaerosolkonzentrationen freigesetzt. Dies erfolgt unabhängig von einer Planenabdeckung.

### 5.2 Biofilter

Die biologische Abluftreinigung basiert auf der Fähigkeit von Mikroorganismen, bestimmte organische und anorganische, gasförmige Verbindungen biochemisch zu oxidieren. Verfahrenstechnisch kann dies in Biofiltern oder Biowäschern erfolgen. In der Kompostierung hat sich der Biofilter aufgrund seiner breiten Anwendungsmöglichkeit und aufgrund wirtschaftlicher Aspekte durchgesetzt. Biofilter können als Flächenfilter oder Containerfilter, offen bzw. geschlossen, mit oder ohne Abluftkamin ausgeführt und mit den unterschiedlichsten Filtermaterialien bestückt sein. Für eine optimierte Betriebsweise ist die VDI-Richtlinie 3477 heranzuziehen.

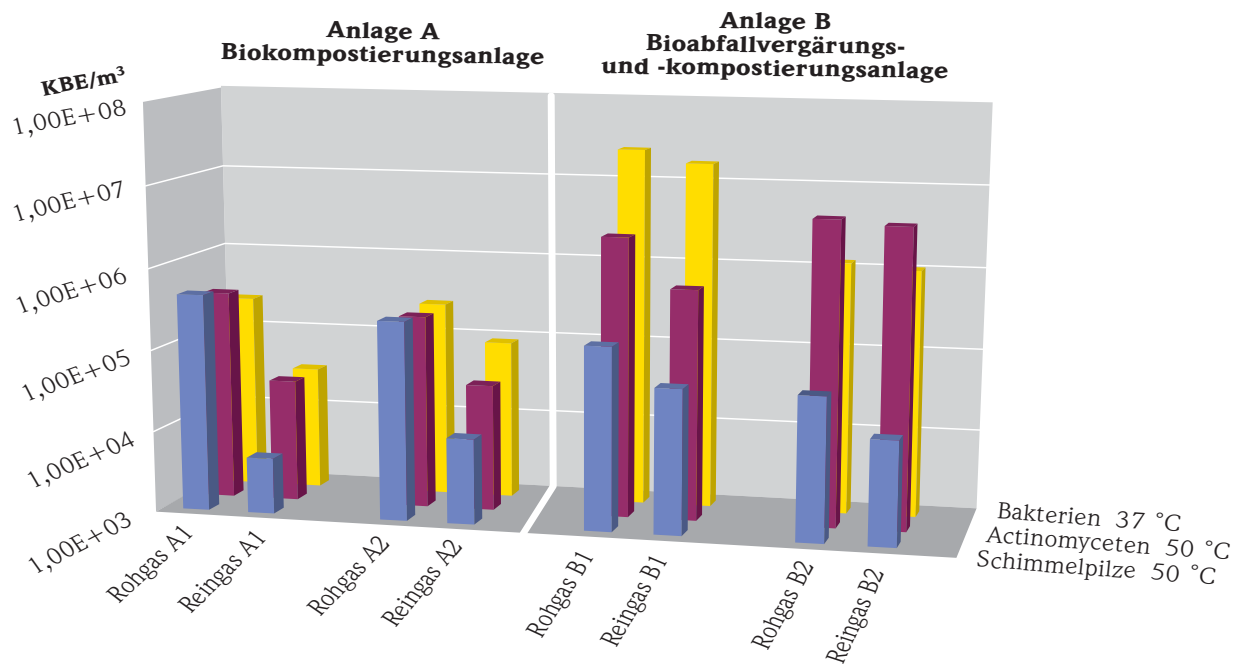


Abb. 4: Bioaerosolemissionen aus Biofiltern

Diese Vielfaltigkeit in der Ausgestaltung und Betriebsweise eines Biofilters erschwert generelle Aussagen zum Abscheideverhalten von Biofiltern im Hinblick auf Mikroorganismen. Tendenziell wird jedoch in verschiedenen Untersuchungen deutlich, dass für die kompostierungsspezifischen mikrobiologischen Parameter eine Rückhaltung im Biofilter festzustellen ist, wobei der Minderungsgrad ebenso wie die Konzentrationen deutlichen Schwankungen unterworfen ist [7].

Abb. 4 zeigt Bioaerosolemissionen (Mittelwerte aus drei Messungen als Konzentrationen in KBE/m<sup>3</sup>), differenziert als Roh- und Reingasmessungen sowie nach unterschiedlichen Keimgruppen. Beprobt wurden Biofilter einer Kompostierungs- und einer Vergärungsanlage, wobei die Ergebnisse im Rahmen von Genehmigungsüberprüfungen erfasst wurden.

### 5.3 Thermisch-regenerative Abluftreinigung

Die thermische Abluftreinigung und als Weiterentwicklung die thermisch-regenerative Abluftreini-

gung kann als wirkungsvolle Begrenzung von Kohlenstoff-Konzentrationen in der Abluft eingesetzt werden. In einer Brennkammer werden die Kohlen-

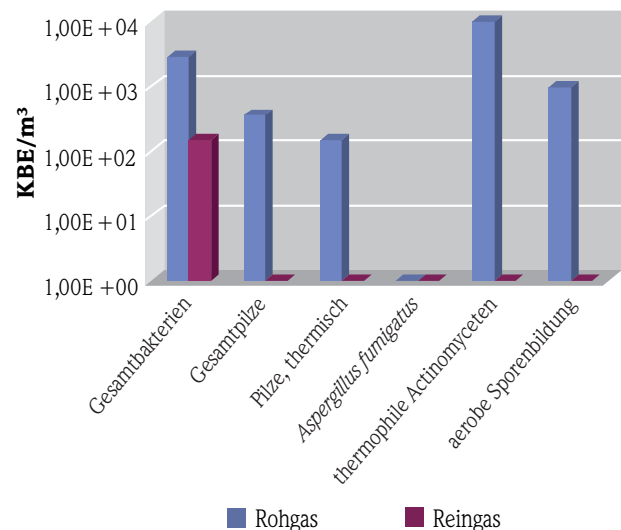


Abb. 5: Bioaerosolkonzentrationen im Roh-/Reingas einer MBA-Anlage nach einer thermisch-regenerativen Abluftreinigung

wasserstoffe zu Kohlendioxid und Wasserdampf oxidiert. Zur Reduzierung der einzusetzenden Energie erfolgt eine Wärmerückgewinnung mittels Keramik-Wärmetauscher.

Im Hinblick auf das Einhalten strenger Grenzwerte, großer Abluftmengen und anderer Einsatzgebiete ist davon auszugehen, dass bei der Minderung von Emissionen Alternativen zu der biologischen Abluftreinigung notwendig sein können. Bei der Restabfallaufbereitung wurde von der Fa. Herhof Umwelt-

technik, Solms-Niederbiehl unter diesem Gesichtspunkt auch ein neues Abluftreinigungssystem („LARA“) entwickelt und umgesetzt [8].

Im Rahmen eines Messprogrammes zur Ermittlung von Bioaerosolen aus biologischen Abfallbehandlungsanlagen wurde auch eine thermisch-regenerative Abluftreinigungsanlage beprobt [9]. Eine erste Auswertung zeigt, dass Rückhalteeffizienzen zwischen 95 % und 100 % möglich sind.

## 6 Zusammenfassung

Nach heutigem Kenntnisstand sind eine Vielzahl emissionsmindernder Maßnahmen, die sich im Wesentlichen auf die Staubreduzierung beziehen, umsetzbar. Parallel hierzu gibt es in einigen Bundesländern Abstandsempfehlungen für Kompostierungsanlagen oder Deponien. Die Grundlage solcher Empfehlungen sind in aller Regel Geruchs- oder Staubemissionen ohne begründete Berücksichtigung möglicher Emissionen von luftgetragenen Mikroorganismen und deren Produkte.

Für eine sachgerechte und qualifizierte Beurteilung möglicher Emissionsquellen und minderungsmaßnahmen fehlen zum heutigen Zeitpunkt allerdings noch vielfach die notwendigen Untersuchungen. Die Erkenntnisse für eine abschließende verfahrenstechnische Bewertung reichen nicht aus. Im Rahmen von Normungsarbeiten im VDI/DIN erfolgen z. Z. die notwendigen Arbeiten zur Standardisierung von Probenahme, Analytik und Messplanung und Wirkungsbeurteilung.

## 7 Literatur

- [1] Abfallmengenbilanz Hessen 2001. – Hrsg. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden
- [2] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG), zuletzt geändert am 27.07.2001 (BGBl. I S. 1950)
- [3] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 26.02.1986, aktualisiert am 24. 07.2002
- [4] HELLER, D. & R. RABE: Ausbreitung von Bioaerosolen aus Kompostierungsanlagen unterschiedlicher Bauart. – Gefahrstoff-Reinhaltung der Luft 61 (2001) Nr. 6, S. 245
- [5] EIKMANN, T. & R. HOFMANN: Stand von Wissenschaft, Forschung und Technik zu siedlungshygienischen Aspekten der Abfallentsorgung und -verwertung – Band 30, Schriftenreihe des KRdI im VDI und DIN
- [6] KÜHNER, M.: Kompostierung unter semipermeablen Membranen. – Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft, Bd. 78
- [7] Schilling, B. et al.: Bestimmung der Emissionen von Mikroorganismen aus Biofiltern und der Immissionskonzentrationen im Einwirkungsbereich von Kompostierungsanlagen. - in: Literaturstelle [5]
- [8] Wengenroth, K.: Praktische Erfahrungen bei der Abluftbehandlung des Trockenstabilisierverfahrens. - in: Bio- und Restabfallbehandlung IV, Baeza-Verlag, Witzenhausen
- [9] Internetseite [www.hlug/abfall/Bioabfall/Projekte.de](http://www.hlug/abfall/Bioabfall/Projekte.de); KUMMER, V., HAUMACHER, R.; PHILIPP, W UND BÖHM, R.: Untersuchungen zum Abscheideverhalten von Abluftreinigungsanlagen im Hinblick auf Bioaerosole.- Gefahrstoff-Reinhaltung der Luft 63 (2003) Nr. 9, S. 368

### Emissionsrelevante Anlagenteile bei biologischen Abfallbehandlungsanlagen und mögliche Minderungsmaßnahmen

Bereich	Emissionsrelevanz	Minderungsmaßnahmen abhängig von Standort, Verfahren		
		betriebliche Vorkehrungen	maschinentechnische Vorkehrungen	bauliche Vorkehrungen
Anlieferung (ggf. Bunkerbereich)	gering	zeitnahe Aufbereitung der Abfälle, regelmäßige Reinigung der Verkehrsflächen, zeitnahe Einbringung des Materials in den Aufbereitungs-/Behandlungsprozess	Ausrüstung der Sammelfahrzeuge mit Presswasserauffangbehältern, gezielte aktive Entlüftung des entsprechenden Bereiches, Einhausung (z.B. gekapselter Aufgabebunker)	Überdachung, Windschutz, Einhausung, Schmutzwasserfassungssystem
Zwischenlagerbereich für strukturarme, biogene Abfälle (z. B. aus Biotonnen oder organische gewerbliche Abfälle)	mittel	langfristige Lagerungen möglichst vermeiden, regelmäßige Reinigung der Verkehrs- und Lagerflächen, Vermeidung von Wasserzutritt (z.B. Folienabdeckung), Auffangen und Ableiten von Preßwasser, Abdeckung mit Planen	gezielte aktive Entlüftung des entsprechenden Bereiches, Einhausung (z. B. gekapselter Aufgabebunker)	Überdachung, Windschutz, Einhausung, Schmutzwasserfassungssystem
Zwischenlagerbereich für strukturreiche biogene Abfälle (z. B. Grünschnitt aus Garten-/Parkanlagen)	gering bis mittel	siehe Ausführungen zum Zwischenlagerbereich für strukturarme, biogene Abfälle, mit Presswasseraustritt ist jedoch in der Regel nicht zu rechnen, Abdeckung mit Planen	siehe Ausführungen zum Zwischenlagerbereich für strukturarme, biogene Abfälle, aufgrund der Relevanz wird auf eine aktive Entlüftung in der Regel verzichtet werden können	siehe Ausführungen zum Zwischenlagerbereich für strukturarme, biogene Abfälle, aufgrund der Relevanz wird in der Regel ein Windschutz, max. eine zusätzliche Überdachung ausreichen.
Aufbereitungsbereich	mittel bis hoch	Materialbewegungen auf ein Minimum reduzieren, Staubemissionen vermeiden (Bewässerung, Sprühnebel), möglichst geringe Betriebszeit	geringe Fallhöhen bzw. Übergabestellen gekapselt, Maschinenaggregate nach Möglichkeit kapseln, Bewässerungs- bzw. Staubbiederschlagssysteme an den Aggregaten, aktive Entlüftung der gekapselten Aggregate bzw. der geschlossenen Bereiche	Überdachung, Windschutz, Einhausung
biologische Behandlung	je nach Verfahren gering (z. B. Teilschritt Vergärung) bis hoch, Spitzen bei Umsetzungsvorgängen (Rotteverfahren-abhängig)	Materialbewegungen auf ein Minimum reduzieren, Staubemissionen vermeiden (Bewässerung, Sprühnebel) Rotteverfahren: Sicherstellung eines opt. Wassergehalts in den jeweiligen Behandlungsschritten, Vermeidung von anaeroben Zonen (z. B. Anordnung einer Häckselmatte unterhalb der Mieten), Berücksichtigung der meteorologischen Daten bei relevanten Behandlungsschritten, Abdeckung des Materials mit Planen	geringe Fallhöhen bzw. Übergabestellen gekapselt, Maschinenaggregate nach Möglichkeit kapseln, Bewässerungs- bzw. Staubbiederschlagssysteme an den Aggregaten, aktive Entlüftung der gekapselten Aggregate bzw. der geschlossenen Bereiche, aktive Belüftung (Absaugung)	Überdachung, Windschutz, Einhausung

Bereich	Emissionsrelevanz	Minderungsmaßnahmen abhängig von Standort, Verfahren		
		betriebliche Vorkehrungen	maschinentechnische Vorkehrungen	bauliche Vorkehrungen
Konfektionierung (z.B. Frisch- und Fertigkompost, heizwertreiche Fraktion)	mittel bis hoch	Materialbewegungen auf ein Minimum reduzieren, Staubemissionen vermeiden (Sprühnebel)	geringe Fallhöhen bzw. Übergabestellen gekapselt, Maschinenaggregate nach Möglichkeit kapseln, Staubbiederschlagssysteme an den Aggregaten, aktive Entlüftung der gekapselten Aggregate bzw. der geschlossenen Bereiche, aktive Belüftung (Absaugung)	Überdachung, Windschutz (besonders wichtig), Einhausung
Lager	gering (ohne Materialbewegung) bis mittel	Abstimmung der erforderlichen Lagerkapazitäten auf das jeweilige Verwertungs-/Entsorgungskonzept, möglichst geringe Lagerzeiten und Lagermengen realisieren. Materialbewegungen auf ein Minimum reduzieren, Staubemissionen minimieren (Folienabdeckung, Sprühnebel), optimalen Wassergehalt beachten, Abdeckung des Materials mit Planen	maschinelle Lagerbewirtschaftung und dadurch Realisierung von geringen Fallhöhen und Staubbiederschlagssysteme (wirtschaftlich nur bei großen Anlagen vertretbar)	Überdachung, Windschutz (besonders wichtig), Einhausung
Verladung und Abtransport	gering bis mittel	Materialbewegungen auf ein Minimum reduzieren, Transportfahrzeuge abdecken	maschinelle Verladung (z.B. Containerverladung, Absackanlagen)	Überdachung, Windschutz (besonders wichtig), Einhausung
Verkehrswege	mittel (gering bis hoch)	regelmäßige Wartung, nach Möglichkeit feucht	Kehrmaschinen, bei trockener Reinigung Absaugsysteme einsetzen	