



Umwelt und Geologie

# Bioabfallkompostierung

**Neue Entwicklungen und Lösungsmöglichkeiten  
zur Reduzierung von Geruchsemissionen**



H e s s i s c h e s   L a n d e s a m t   f ü r   U m w e l t   u n d   G e o l o g i e

## **Inhalt**

Vorwort .....	
VOLKER KUMMER Emissionsminderung bei der Bioabfallkompostierung .....	
JOACHIM MÜSKEN Einfluß der Betriebsführung auf die Emissionscharakteristik einer Kompostanlage .....	
THOMAS LUNG IRAS – Immissionsreduzierte Anlagensteuerung .....	
MICHAEL KÜHNER Planenkompostierung – Kompostierung unter semipermeablen Planenabdeckungen .....	
WOLFGANG JAESCHKE, WERNER HAUNOLD & MARTIN SCHUMANN Entwicklung eines Verfahrens zur Absorption von übelriechenden Emissionen aus Landwirtschaft, kommunalen Entsorgungsbetrieben und Industrie .....	
ADAM STRECKER Biofilter – Praxiserfahrungen aus der Anlagenüberwachung .....	
MATTHIAS BÜCHEN Standortkriterien aus Sicht des Immissionsschutzes .....	
VOLKER KUMMER Bioaerosole im Umfeld von Kompostierungsanlagen – Erfahrungen aus dem Vollzug .....	

## **Fortbildungsveranstaltung**

### **Bioabfallkompostierung – neue Entwicklungen und Lösungsmöglichkeiten zur Reduzierung von Geruchsemissionen**

Fachaustausch mit Fachleuten der hessischen Umweltverwaltung und externen Referenten

Geruchsbeeinträchtigungen werden von der Bevölkerung zunehmend kritisch gesehen. Die gewachsene Sensibilität der Menschen gerade auch in Bezug auf abfallwirtschaftliche Behandlungsanlagen und die gestiegene Zahl von Kompostierungsanlagen verlangen einen differenzierteren Umgang mit Gerüchen in der Öffentlichkeit. Deshalb stellt sich verstärkt die Aufgabe, durch geeignete Luftreinhaltemaßnahmen diese Geruchsemissionen zu mindern, soweit dies standortspezifisch notwendig ist.

Da es sich bei den Geruchsstoffen aus biologischen Behandlungsanlagen vor allem um organische Verbindungen handelt, die sich in wässriger Phase biologisch abbauen lassen, sind biologische Abluftreinigungsverfahren eine Alternative zu den üblichen auf thermischer oder physikalischer Grundlage basierenden Abluftreinigungsverfahren. Aufgrund ökologischer und ökonomischer Vorteile wird fast ausschließlich der Biofilter bei größeren Kompostierungsanlagen mit gefasster Abluft eingesetzt. Hierzu wurden aber gerade in den letzten Jahren, auch durch Forschungsaktivitäten, alternative Entwicklungen betrieben:

- Primärmaßnahmen durch betriebliche Vorkehrungen
- Einsatz von semipermeablen Membranen
- Einsatz von Mischnebel
- Immissionsorientierte Anlagensteuerung
- neuere Planungsansätze
- Berücksichtigung von Bioaerosolemissionen, -quellen und -minderungsmaßnahmen.

Unterschiedliche Ansätze zur Geruchsreduzierung sollten im Rahmen eines Fachgespräches mit externen Referenten, aber auch vor allem verwaltungsintern mit den Bediensteten des Umweltministeriums und der Staatlichen Umweltämter mit dem Ziel diskutiert werden, einen Erfahrungsaustausch zu den aktuellen Entwicklungen zur Geruchsemissionsreduzierung zu intensivieren.

Die Beiträge sind in der Reihenfolge der Veranstaltungsvorträge in der Übersicht dargestellt. Die Zusammenfassungen der Vorträge können aus der Inhaltsübersicht einzeln aufgerufen werden. Die vollständigen Beiträge, auch mit Literaturangaben und Diskussion sind in der Schriftenreihe Umwelt und Geologie des HLUG veröffentlicht und können über den Vertrieb des HLUG per

Telefon	06 11 / 70 10 34
Telefax	06 11 / 97 40 813
email	vertrieb@hlug.de

bestellt werden.

Bei Fragen, Anregungen, Kritik (oder auch Lob) wenden Sie sich bitte direkt an den Bearbeiter:

Volker Kummer  
HLUG, Dezernat Abfall  
Telefon 06 11 / 69 39-794  
email v.kummer@hlug.de

# Emissionsminderung bei der Bioabfallkompostierung

VOLKER KUMMER\*

## Bioabfallkompostierung in Hessen

Die biologische Behandlung getrennt erfasster organischer Abfälle hat sich in den letzten 10 Jahren fest etabliert. So ist eine deutliche Zunahme von Anlagen bzw. verarbeiteter Mengen in den letzten 5 Jahren zu verzeichnen. Basierend auf Datenerhebungen in den Jahren 1999 und 2000 werden in Hessen 80 Anlagen zur biologischen Behandlung organischer Abfälle betrieben.

Abb. 1 zeigt die räumliche Verteilung der Anlagen in Hessen, während die Tabellen die Anlagenhäufigkeiten, ausgewertet nach dem Anlageninput, den Durchsatzmengen sowie dem verfahrenstechnischen Anlagentyp, zusammenfassen.

Anlagendurchsatz in Mg/a	Anzahl
<3 000	39
<65 00	20
<12 000	14
<25 000	3
>25 000	4

Anlagenarten differenziert nach Inputmaterialien	Anzahl
Bioabfälle	29
Pflanzenabfälle	46
Klärschlamm	1
Vergärungsanlage mit anschließender Kompostierung	2
Mechanisch-biologische Aufbereitung von Restabfällen	2

Verfahrenstyp	Technik	Belüftung	Anzahl
Offene Kompostierung (ev. überdacht)	Tafel-, Dreieckmieten	Umsetzung	59
Teilgeschlossene Kompostierung (offene <i>Nachrotte</i> )	Box, Tunnel, Trommel o.ä. Intensivrotteverfahren	Zwangselüftung/ Abluftreinigung	17
Geschlossene Kompostierung (incl. geschlossene <i>Nachrotte</i> )	Box, Tunnel, Trommel o.ä. Intensivrotteverfahren Tafelmiete	Zwangselüftung/ Abluftreinigung	4

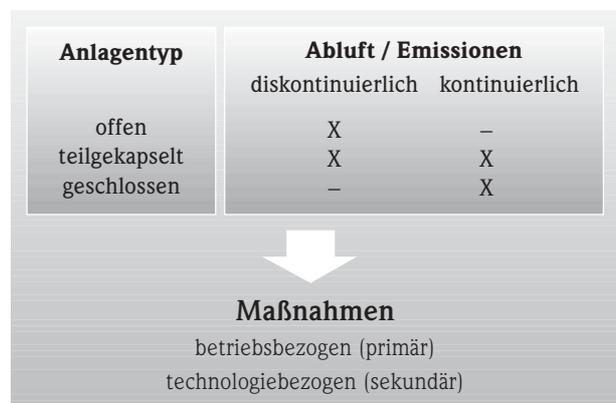
## Maßnahmen der Emissionsminderung

Die unterschiedlichen zur Anwendung kommenden Kompostierungstechnologien lassen sich im Hinblick auf die Abluft zu den beiden unterschiedlichen Emissionstypen (kontinuierliche bzw. diskontinuierliche Emissionen) zusammenfassen, die sich dann zur Abluftnachbehandlung im wesentlichen auf betriebliche oder nachgeschaltete technische Maßnahmen stützen.

Die möglichen Maßnahmen lassen sich wie oben begründet in zwei Kategorien unterteilen und zwar in die

- betrieblichen Maßnahmen (oder auch Primärmaßnahmen), die die Freisetzung von Geruchsstoffen im Rotteprozess reduzieren, sowie die

- technologiebezogenen Maßnahmen (Sekundärmaßnahmen), die sich auf die Abluftreinigung gefasster Abluft beziehen.



\* Dipl.-Ing.(FH) Volker Kummer, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden

## **Betriebliche Maßnahmen**

Mit den betrieblichen Maßnahmen ist eine aerobe Prozessführung sicherzustellen, die eine optimale Luft-/Wasserführung beinhaltet, Überlastfahrweisen vermeidet, alle relevanten Prozessparameter einhält und alle notwendigen Anlagenbereiche unter Abwägung einer Immissionsbetrachtung einschließt. Ausführliche Abhängigkeiten und Daten sind von MÜSSEN zusammengefasst.

Letztendlich lassen sich dabei die beiden Teilbereiche formulieren:

- Durchführung eines optimalen Rottebetriebes
- Schaffung der baulichen und verfahrenstechnischen Voraussetzungen.

## **Technologische Maßnahmen**

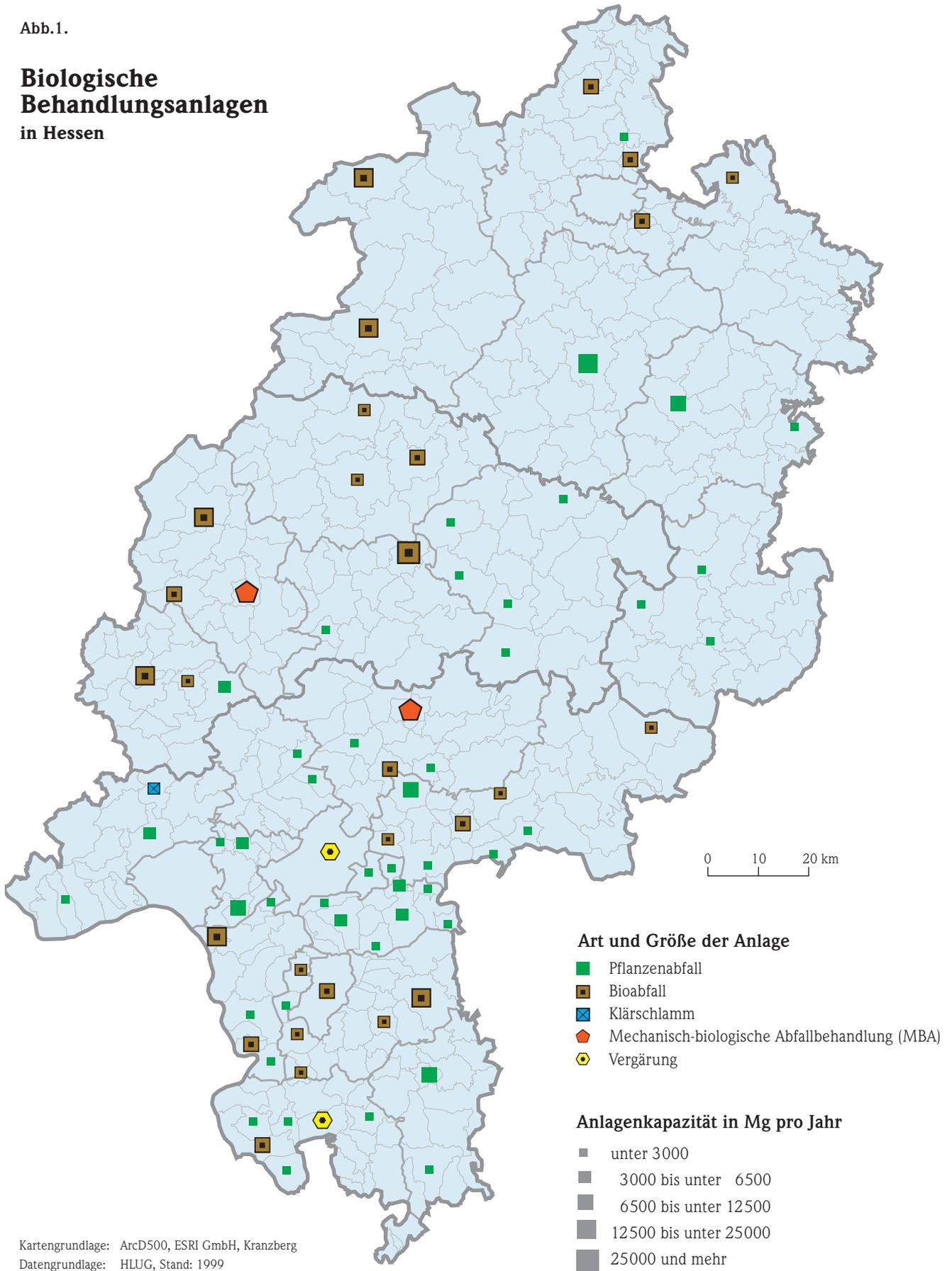
Werden Anlagenbereiche teilweise oder vollständig umhaust, bedarf es einer weitergehenden Abluftreinigung. I.d.R. unterliegen die Abluftströme starken Schwankungen in der Zusammensetzung und beinhalten niedrige Stoffkonzentrationen. Zur Behandlung der geruchsbeladenen Abluftströme sind folgende Verfahren einsetzbar [3]:

- thermische Nachverbrennung
- katalytische Nachverbrennung
- Adsorptionsverfahren
- Ozonierung
- Biofilter, Biowäscher.

Dabei haben sich Biofilter aufgrund niedriger Betriebskosten und den o.g. Ablufteigenschaften als geeignete Abluftreinigung etablieren können, stellen sie doch unter betriebswirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten eine sinnvolle Lösung dar. Dies ist auch unter dem integrierten Ansatz einer kombinierten Abluft- und Abwasserbehandlung zu sehen. Allerdings ist die ordnungsgemäße Betriebsweise Voraussetzung für einen geruchsarmen Betrieb.

Abb.1.

# Biologische Behandlungsanlagen in Hessen



Kartengrundlage: ArcD500, ESRI GmbH, Kranzberg  
Datengrundlage: HLUG, Stand: 1999

# Einfluss der Betriebsführung auf die Emissionscharakteristik einer Kompostanlage

JOACHIM MÜSKEN\*

## Exposition

Die wesentlichen Einflussgrößen auf die Geruchsaußenwirkung eines Kompostwerkes sind neben der Auswahl eines möglichst unkritischen Standortes und einer auf die örtlichen Gegebenheiten angepassten Planung

- der Anlagendurchsatz und die Art der verarbeiteten Abfälle,
- das gewählte Rotteverfahren,
- der Grad der Einhausung von geruchsemitternden Anlagenteilen,
- die erzielte Reinigungsleistung in Abluftströmen aus eingehausten Anlagenteilen und
- die Betriebsführung.

Die Analyse von geruchstechnischen Schadensfällen zeigt, dass folgende Problembereiche regelmäßig relevant sind:

### a) Planungsfehler

- Unterschätzung der Geruchsemissionsstärke der gewählten Kompostierungstechnik bereits im Planungsstadium und entsprechend ungenügende Maßnahmen zum Emissionsschutz.
- Falsche Bemessung des Rotteteils, daraus resultierend zu niedriger Rottegrad im Fertigprodukt (z.B. nur Rottegrad II anstatt IV) und starke Geruchsemissionen bei der Kompostkonfektionierung und im Lagerbereich.
- Ungenügend ausgestattete bzw. falsch dimensionierte Abluftreinigungsanlagen sowie schlechtes Luftmanagement (Stichworte: Filtermaterial, Rohgaskonditionierung).
- Technische Probleme beim Betrieb der Kompostierungsanlage mit der Folge nicht eingeplanter Betriebszustände und entsprechend höheren Emissionen.

### b) Betriebsführung

- Nachlässige Betriebsführung, die den Belangen des Emissionsschutzes nicht genügend Rechnung trägt (Stichworte: Offene Tore, andere diffuse Quellen).
- Unterschätzung der Wirkung „kleiner“ Geruchsquellen, wie z.B. offene Reststoffcontainer oder die offene Verladung von Frischkompost.
- Unzureichende Kontrolle und Wartung der Abluftreinigungsanlagen (Stichwort: Filterpflege).

### c) Einflüsse von außen

- Verharmlosung von Beschwerden von Nachbarn durch den Anlagenbetreiber und damit Eskalation der Auseinandersetzung über erträgliche Bedingungen im Umfeld des betroffenen Werkes, aber auch Ausnutzung der Situation durch Nachbarn, die sich einen materiellen Gewinn versprechen, wenn sie an sich zumutbare Immissionen problematisieren.
- Zögerliches Vorgehen bei der Problemlösung, sei es aus Kosten- oder aus Imagegründen.
- Heranrücken von Wohnbebauung oder Gewerbe an die Grenzen des Kompostwerkes durch Neubauten nach der Inbetriebnahme.

Die Kapselung aller geruchsstoffemittierender Anlagenteile macht den aus der Abluftreinigung austretenden Luftstrom i.d.R. zum Hauptträger der insgesamt abgegebenen Geruchsfracht bei der Kompostierung von Bioabfällen. Daher ist ein störungsfreier und emissionsarmer Betrieb der zur Abluftdesodorierung meist eingesetzten Biofilter für das Gesamtergebnis aller Maßnahmen zur Verhinderung von Geruchsemissionen aus geschlossenen Anlagen bzw. Anlagenteilen entscheidend.

---

\* Dr. Ing. Joachim Müsken, Dr. Müsken +Partner, Reinsburgstraße 110, 70197 Stuttgart

## Emissionsminderungsmaßnahmen bei offenen Anlagen

Generelle Einflussmöglichkeiten auf die Emission von Geruchsstoffen aus offenen Anlagen sind

- die sofortige Verarbeitung der angelieferten Abfälle,
- die Herstellung eines strukturreichen Rohmaterials für die Rotte (ausreichende Strukturgutbevorzugung zur Mischung mit nassen Bioabfällen),
- die Rotteführung (z.B. regelmäßiges Umsetzen zur Vermeidung anaerober Zonen in den Mieten, strikte Begrenzung der Mietenhöhe),
- die Wahl des Umsetzzeitpunktes (z.B. nicht in den ersten beiden Rottewochen, nur bei günstiger Windrichtung),
- eine saubere Betriebsführung (regelmäßige Reinigung der Verkehrswege etc.).

Bei kleineren Anlagen, die die Emissionen ihrer offenen Mieten durch **Abdeckungen** (Häckelschichten oder Planen) reduzieren, kommen länger andauernde nicht geplante Geruchsemissionen eigentlich nur dann vor, wenn nach Umsetzvorgängen

die frisch aufgesetzten Mieten nicht sofort wieder abgedeckt werden oder die Deckschichten bzw. Planen nicht ordnungsgemäß aufgebracht werden. Die Gesamtemission kann durch Mietenabdeckung sehr weitgehend reduziert werden. Dies gilt auch für Werke, die mit Druckbelüftung arbeiten.

Eine weitere, wichtige Einflussgröße auf den Rotteverlauf und auf das Geruchsemissionspotenzial in offenen Anlagen stellt die **Niederschlagsmenge** dar. An Standorten in niederschlagsreichen Gebieten, aber auch in Zeiten mit starken Regenfällen, empfiehlt sich eine Abdeckung der Mieten, sofern keine überdachten Flächen verfügbar sind. Zumindest im Rottestadium fortgeschrittene Mieten verrotten aufgrund der geringen Verdunstungsrate sehr schnell. Anaerobe Zonen und die zugehörigen Geruchsemissionen sind die Folge. Zudem wird durch nasse Materialien die Feinaufbereitung (Sieben, Störstoffabscheidung) behindert.

## Innerbetriebliches Konzept

Jeder Anlagenbetrieb kann nur so gut sein, wie es die Motivation und die Ausbildung bzw. Erfahrung des Betriebspersonals zulässt. Aufbauend auf der Sensibilisierung des Personals für die Belange des Emissionsschutzes müssen zum emissionsarmen Betrieb des Kompostwerkes entsprechende Handlungsanweisungen vorliegen. Diese Anleitungen sollten umfassen:

- Alle notwendigen Hinweise zur Minimierung von Geruchsemissionen im laufenden Betrieb, wie z.B. die Handhabung des Luftmanagements, die Auswirkungen der Rotteführung, das Entstehen und die Vermeidung diffuser Geruchsquellen etc.
- Genaue Anweisungen zu Kontrolle und Wartung der Einrichtungen zur Abluftreinigung.
- Eine möglichst detaillierte Beschreibung des Störfallmanagements, die auch die Vorgehensweise bei notwendigen Reparaturarbeiten enthält.
- Anweisungen zur Eigenkontrolle im betriebseigenen Labor.

Deshalb sollte ein innerbetriebliches Konzept zur Verhinderung von über das zulässige Maß hinausgehenden Geruchsemissionen von folgenden Prämissen

ausgehen:

- Das Betriebspersonal ist durch entsprechende Erfahrung und evtl. Schulung in der Lage, alle Anlagenteile ordnungsgemäß zu bedienen. Dies setzt voraus, dass während der Betriebszeit mindestens ein Entscheidungsbefugter anwesend ist und außerhalb der Betriebszeit durch die Einrichtung eines Notdienstes sichergestellt wird, dass innerhalb kürzester Zeit verantwortliches Personal auf der Anlage eintreffen kann, um Störfälle zu beheben.
- Die Wartung der für die Emissionssituation entscheidenden Anlagenteile (Entstaubungseinrichtungen, Zu- und Abluftaggregate, Biofilter etc.) erfolgt in regelmäßigen Abständen nach einem Wartungsplan, der die Betriebs- bzw. Standzeiten einzelner Aggregate sowie evtl. Vorgaben der jeweiligen Hersteller berücksichtigt. Eine entsprechende Vorhaltung von Ersatzteilen wird dabei vorausgesetzt.
- Zur Dokumentation der Klimaverhältnisse am Standort sollten folgende meteorologischen Daten kontinuierlich aufgezeichnet werden:

- Lufttemperatur
- Windrichtung und -stärke
- Niederschlagsmengen
- relative Luftfeuchte
- Eine Eingangskontrolle für die in den einzelnen Betriebsteilen verarbeiteten Abfälle findet statt.
- Durchführung von Analysen zur Eigenkontrolle, wie z.B. Wassergehalt und pH-Wert in Rottegut und Filtermaterial.
- Die einschlägigen Vorschriften der TA Siedlungsabfall (v.a. Abschnitt 6, Anforderungen an die Organisation und das Betriebspersonal von Abfallentsorgungsanlagen sowie an die Dokumentation und Information [ANONYM, 1993 b]) werden eingehalten.

Die Verhinderung von vermeidbaren Geruchsemissionen setzt voraus, dass beim Betrieb einer eingehausten Kompostierungsanlage stets darauf geachtet wird, dass

- im Außenbereich (Verkehrsflächen, Anlieferung von besonderen Abfällen, wie z.B. Grünabfällen oder stark wasserhaltigen Abfällen, Direktverladung von Kompost etc.) zur Verhinderung von diffusen Quellen eine regelmäßige (arbeitstägliche) Reinigung der Verkehrswege, der Verladestation für Kompost und des Anlieferungsbereiches vorgenommen wird,
- Hallentore nur dann geöffnet werden, wenn dies betriebstechnisch erforderlich ist, und sofort

nach Gebrauch wieder geschlossen werden (z.B. Einbau von elektrischen Meldeeinrichtungen, die es möglich machen, von der Leitwarte aus offen stehende Tore zu erkennen),

- die Hallentore automatisch geöffnet und geschlossen werden können (Fernsteuerung z.B. vom Radlader aus),
- im Außenbereich möglichst keine Abfälle oder Kompost zwischengelagert werden,
- Anlagenteile, in die geruchsbeladene Abluftströme eingeleitet werden (Mehrfachnutzung von Luftströmen), entsprechend abgesaugt und diese Luftströme entweder anderen geschlossenen und entlüfteten Anlagenteilen oder direkt dem Biofilter zugeführt werden,
- ein Steuerprogramm für alle Be- und Entlüftungseinrichtungen vorhanden ist, in dem alle Betriebszustände der Gesamtanlage sowie einzelner Teile bzw. Aggregate berücksichtigt werden (z.B. Tag- und Nachtbetrieb, Wartungsarbeiten in sonst arbeitsplatzfreien Anlagenteilen, Störfälle, Neu- belegung von Filtersegmenten, Mindestluftwechselzahlen etc.), so dass die vorgegebenen Randbedingungen zur Minimierung von Geruchsemissionen eingehalten werden können,
- in den abgesaugten Anlagenteilen dauernd ein leichter Unterdruck erzeugt wird, um diffuses Austreten von Geruchsstoffen zu verhindern,
- die Vorgaben zur Filterpflege und zum Filterbetrieb vorrangig erfüllt werden.

## **Vermeidbare Geruchsemissionen bzw. -immissionen**

Die Tabelle zeigt mögliche Quellen für Geruchsemissionen und Regelmechanismen, die zu deren Vermeidung führen, auf. Die Maßnahmen zur Emissionsminderung reichen dabei von Eingriffen in den Betriebsablauf bis zur Umrüstung von Aggregaten.

Neben der einwandfreien technischen Ausrüstung kommt der Betriebsführung und dem Engagement des Anlagenpersonals die größte Bedeutung bei der Minimierung von Geruchsemissionen zu. Aber auch die technische Ausstattung eines Kompostwerkes und die vorausschauende Planung von Betriebsabläufen haben einen deutlichen Einfluss.

In offenen bzw. nur teilweise eingehausten Anlagen kann mit Hilfe eines Systems zur immissionsredu-

zierten Anlagensteuerung (IRAS) erreicht werden, dass unvermeidliche, nur temporär auftretende Geruchsemissionen (z.B. bei Beschickungs- und Umsetzvorgängen) nur in unbewohntes Gebiet abgegeben werden. Dies setzt voraus, dass die Kompostanlage über

- eine geeignete Wetterstation,
  - eine Online-Ausbreitungssimulation und
  - ein entsprechendes Betriebskonzept
- verfügt. Damit ist das Betriebspersonal in der Lage, kritische Situationen im Anlagenumfeld zu erkennen und entsprechende Maßnahmen zur Verminderung der aktuell abgegebenen Geruchsfracht zu ergreifen.

Einfluss der Betriebsführung auf die Emissionscharakteristik einer Kompostanlage

**Tab.** Mögliche Quellen für vermeidbare Geruchsemissionen

Anlagenteil	Probleme	Folgen	mögliche Abhilfen
Verkehrswege	Verunreinigungen	diffuse Geruchsemissionen	strikte Einhaltung des Reinigungsprogrammes (mindestens arbeitstäglich)
Bunker	geruchsintensive Anlieferung und/oder nasse Inputmaterialien	erhöhte Geruchsemission (auch in nachfolgenden Anlagenteilen)	Verkürzung des Abfuhrintervalls (Bioabfälle), bevorzugte und schnelle Verarbeitung (z.B. Markt- und Gastronomieabfälle)
	längere Zwischenlagerung von Abfällen (z.B. wegen Anlagenstillstand)	erhöhte Geruchsemission (auch in nachfolgenden Anlagenteilen)	Ausfallverbund mit anderen Werken, auf jeden Fall arbeitstägliche Leerung
	Presswässer aus Sammelfahrzeugen	erhöhte Geruchsemission im Bunkerbereich und auf Verkehrsflächen	separate Auffangeinrichtung für Fahrzeuge mit Presswassertank, regelmäßige Reinigung
	offene Tore	diffuse Geruchsemissionen	Automatiktüren (z.B. vom Radlader aus zu bedienen), Trennung von Annahmehbereich und eigentlichem Bunker (Schleusenfunktion, v.a. bei Tiefbunkern praktikabel)
Grobaubereitung	nasse Inputmaterialien	Verstopfungen, Presswässer etc., daraus resultierend erhöhte Geruchsemissionen	Ausreichender Strukturgutvorrat
	mangelhafte Materialübergabestellen	Materialaustritt aus dem Stofffluss, Verunreinigungen am Boden und auf Aggregaten, daraus resultierend erhöhte Geruchsemissionen	Umrüstung der fehlerhaften Anlagenteile
	geruchsintensive Reststoffe	erhöhte Geruchsemission aus den Reststoffbehältern	im Außenbereich Abdeckung oder generelle Aufstellung im abgesaugten Innenbereich
Rotte	Materialbewegungen bei ungünstiger Wetterlage/Windrichtung (offene Rotte)	erhöhte Geruchsemissionen in Richtung nahe gelegener Nachbarschaft	Umstellung des Betriebsablaufes
	mangelnder Rottefortschritt (z.B. Rottegrad IV wird nicht erreicht)	erhöhte Geruchsemissionen beim Materialaustrag, in der Feinaufbereitung und im Lager	Optimierung des Rottebetriebes, evtl. Senkung des Durchsatzes bzw. Vergrößerung der Rottekapazität
	nachlässiger Umgang mit emissionsmindernden Maßnahmen (z.B. Abdeckungen offener Mieten nach dem Umsetzen)	stark erhöhte Geruchsemissionen	Optimierung des Betriebsablaufes
Feinaufbereitung	mangelhafte Materialübergabestellen	Materialaustritt aus dem Stofffluss, Verunreinigungen am Boden und auf Aggregaten, daraus resultierend erhöhte Geruchsemissionen	Umrüstung der fehlerhaften Anlagenteile
	geruchsintensive Reststoffe (v.a. bei Frischkompost)	erhöhte Geruchsemission aus den Reststoffbehältern	im Außenbereich Abdeckung oder generelle Aufstellung im abgesaugten Innenbereich
	nicht ausgerottetes Kompostmaterial	erhöhte Geruchsemissionen	Optimierung des Rottebetriebes, evtl. Senkung des Durchsatzes bzw. Vergrößerung der Rottekapazität
Lager	Verladung im Freien	erhöhte Geruchsemissionen (v.a. bei Frischkompost)	Einhausung des Anlagenteils oder Einsatz von Abwurfschläuchen
	nicht bewirtschaftete Lagermieten	erneute Selbsterhitzung des Kompostes, erhöhte Geruchsemissionen bei Materialbewegungen	Umstellung des Betriebsablaufes (z.B. regelmäßiges Umsetzen, Begrenzung der Mietenhöhe, Belüftung der Lagermieten etc.)
	mangelnde Kapazität	erhöhte Geruchsemissionen	Auslagerung überschüssiger Mengen, Erweiterung des Lagers
alle	zu hoher Durchsatz	absinkender Rottegrad, Überlastung aller Anlagenteile, erhöhte Geruchsemissionen	strikte Begrenzung der verarbeiteten Tagesmenge, evtl. Ausfallverbund mit anderen Werken

**Tab.** Fortsetzung

<b>Anlagenteil</b>	<b>Probleme</b>	<b>Folgen</b>	<b>mögliche Abhilfen</b>
alle	mangelnde Sauberkeit	Entstehung diffuser Geruchsquellen	strikte Einhaltung des Reinigungsprogrammes (mindestens arbeitstäglich)
	Zeitmangel, Personalmangel	unpräzise Arbeitsweise, mangelhafte Kontrolle und Wartung, daher erhöhte Geruchsemissionen	Durchsatzbegrenzung, mehr Personal
	schlechtes Luftmanagement	zu große Abluftströme, daher Steigerung der emittierten Geruchsfracht	strikte Einhaltung der entsprechenden Vorgaben, evtl. Umrüstung bzw. Optimierung der Lüftungsanlage
	mangelhaftes Störfallmanagement	länger als nötig andauernde Ausfälle von Anlagenteilen	eindeutige Betriebsanweisungen für Störfälle und entsprechende Unterweisung des Personals
	offenstehende Türen und Tore in geschlossen konzipierten Anlagen	Entstehung diffuser Geruchsquellen	strikte Einhaltung der entsprechenden Vorgaben, evtl. Umrüstung der Tore auf Automatikbetrieb mit Fernsteuerung, zentrale Überwachung aller Tore und Türen (Schließmelder)

# IRAS – Immissionsreduzierte Anlagensteuerung

## PC-gestütztes Instrument zur Charakterisierung von immissionsrelevanten Ausbreitungssituationen Reduzierung der Geruchs- und Keimfrachten durch Einflussnahme auf die Anlagensteuerung

THOMAS LUNG\*

### Einleitung

Meteorologische Messstationen gehören inzwischen zur Grundausstattung von Kompostierungsanlagen, jedenfalls in ihren einfachsten, meist unzureichenden Ausführungen. Bei der Auswahl und Aufstellung einer meteorologischen Messstation am Standort der Anlage sind gewisse Voraussetzungen zu beachten, von deren Einhaltung in hohem Maße die Qualität der Messdaten abhängt. So müssen nicht nur die Windrichtung und die Windgeschwindigkeit mit ausreichender Genauigkeit erfasst und registriert werden, darüber hinaus empfiehlt sich auch die Messung von Turbulenzgrößen, aus denen sich atmosphärische Stabilitätsparameter für die Ausbreitungsrechnung ableiten lassen.

Auch der Aufstellung der Messwertgeber kommt im Hinblick auf die Datenqualität eine große Bedeutung zu. Hier muss ein Standort in weitgehend freier, ungestörter Anströmung für das Messgerät mit möglichst kurzen Kabelverbindungen zum Messrechner und ausreichendem Blitzschutz gefunden werden. Grundlegende Kenntnisse der Strömungsmechanik sind erforderlich, um in Abhängigkeit von der Topografie, dem Bewuchs sowie evtl. vorhandenen Strömungshindernissen wie z.B. Gebäude, Störzonen im Strömungsfeld bestimmen zu können.

### Grundlegendes Konzept

#### a. Erfassung der immissionskritischen Wetterlagen

Die sichere Immissionsberechnung insbesondere für austauscharme Ausbreitungssituationen basiert auf dem Einsatz eines Ultraschallanemometers, das neben dem dreidimensionalen Windvektor und der Lufttemperatur auch Informationen zum Turbulenz-

Des weiteren stellt die Archivierung der Messdaten hohe Anforderungen an die Datensicherung und Datenbankverwaltung; gerade in diesem Bereich spielen weiterführende Entwicklungen mit leistungsfähiger Datenbank-Standardisierung sowie Systemlösungen zu Messdaten- und Stromausfällen eine wichtige Rolle. Im folgenden Beitrag zum Fachgespräch soll versucht werden, die Funktion einer meteorologischen Messstation mit industriellwissenschaftlicher Datenqualität im Rahmen des Gesamtkonzepts zur Immissionsreduzierten Anlagensteuerung IRAS darzustellen.

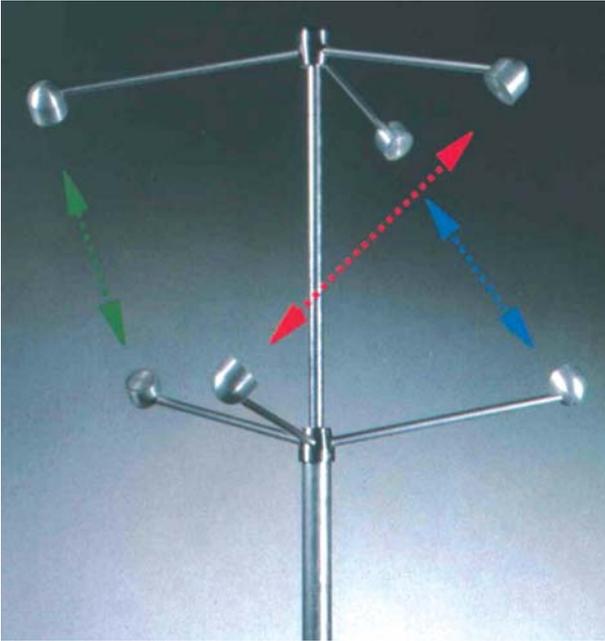
Immissionsminderungen lassen sich grundsätzlich durch 4 verschiedene Verfahrensweisen erzielen:

1. An der Quelle durch Abluftreinigungseinrichtungen
2. Zeitliche und ggf. auch räumliche Änderung der Emissionsverteilung
3. Umlenkung der wirksamen Strömungsfelder/ Abluftfahnenüberhöhung
4. Am Immissionsort durch Belüftungsanlagen mit Schadstoff-Filterung o. ä.

Die im folgenden beschriebene immissionsreduzierte Anlagensteuerung gründet sich ausschließlich auf die 2. Verfahrensweise, wobei Kombinationen mit 1. und 3. möglich sind.

spektrum der Atmosphäre liefert. Damit können alle für die Ausbreitung von Geruchsstoffen wichtigen atmosphärischen Einflussgrößen automatisch gemessen und archiviert werden. Der Sensor, der über keine beweglichen Teile verfügt und unter extremen Bedingungen noch arbeitet, ist in Abb. 1 dargestellt.

\* Dipl.-Phys. Thomas Lung, Ingenieurbüro, Eosanderstraße 17, 10587 Berlin



**Abb. 1.** Ultraschallanemometer zur Ermittlung der vertikalen und horizontalen Austauschparameter.

### b. Berechnung der Emissionsreichweite

Das System OdorSonic liefert eine Diagnose der Immissionsituation im Einwirkungsbereich der Anlage. Hierbei werden für frei wählbare Zeiträume die Immissionsverteilungen auf der Grundlage der erfassten meteorologischen Daten automatisch berechnet und grafisch dargestellt. Das System ist modular aufgebaut und kann ggf. für topografisch komplexere Standorte angepasst werden. Abb. 2 zeigt exemplarisch das Immissionsfeld einer Geruchsfahne, wie sie sich vorzugsweise bei morgendlichen Inversionswetterlagen ausbildet.

Nach Auflösen der Inversion im Verlauf der ersten Stunden nach Sonnenaufgang erfolgt durch Sonneneinstrahlung ein Übergang zu stärkeren atmosphärischen Turbulenzen, welche die meteorologischen Ausbreitungsbedingungen entscheidend verändern und damit die Geruchsreichweite signifikant verkürzen (Abb. 3). Der Vergleich der Abb. 2 und 3 zeigt daneben sehr deutlich, dass die Aufnahme von Windrichtung und -geschwindigkeit allein nicht ausreicht, um einen immissionskritischen Zustand als solchen zu identifizieren.

### c. Einflussnahme auf die Anlagensteuerung – die meteorologiesteuerte Rotteführung

Mit Kenntnis einer immissionsgefährlichen Wetterlage besteht erstmalig die Möglichkeit, die Emissionen von belästigenden Gerüchen und auch von potentiell gesundheitsgefährdenden Keimen und Pilzsporen über das durch die installierte Filtertechnik vorgegebene Maß mit rein betrieblichen Maßnahmen weiter zu senken. Dazu muss der betriebliche Ablauf gezielt auf eine mehrstufige Emissionsminderung eingestellt werden:

- Im ersten Schritt durch bewusstes Vermeiden von zusätzlich emittierenden Betriebsabläufen, wie Umsetzen von offenen Mieten
  - Im zweiten Schritt durch Reduzierung der durch den Biofilter geförderten Luftvolumina bzw. emissionsmindernde Maßnahmen bei offenen Mieten
- Der zweite Schritt ist besonders für vollgekapselte Anlagen von Bedeutung, die über keine offenen und damit emissionsrelevanten Flächen verfügen, sondern vielmehr durch eine nahezu vollständige Kapselung ca. 90 % der Emissionen über den Biofilter abgeben.

Um diese Luftmengen gezielt zu reduzieren, bedarf es eines gestuften Maßnahmenkataloges, der sowohl die unterschiedlichen, betrieblichen Abläufe je nach Tageszeit, als auch die Zustände der Rotte angemessen berücksichtigt. Zielsetzung ist immer, dass die Aufrechterhaltung des Luftvolumenstroms, der zur Belüftung des Rottegutes benötigt wird, die Richtschnur bildet. Damit wird das Augenmerk auf die Belüftung der besonders emissionsstarken Intensivrotte gerichtet.

Wenn in einem letzten Schritt auch die Luftzufuhr in das Rottegut zeitweise reduziert wird, sinkt zwangsläufig die Emission von Gerüchen, Keimen und Pilzsporen und beeinflusst damit die Filterrestemission. Neben der reinen Emissionsreduzierung führt eine Verringerung des Luftvolumenstroms darüber hinaus zu einer Verlängerung der abbauwirksamen Aufenthaltszeit der Abluft in der biologisch aktiven Filtermatrix.

Die immissionsreduzierte Anlagensteuerung IRAS zeichnet sich im wesentlichen durch eine Änderung der zeitlichen und auch räumlichen Verteilung der Emissionen aus. Der immissionskritische Sektor wird dabei nachweislich weniger stark belastet, als dies ohne Einsatz der meteorologisch bedingten Emissionssteuerung der Fall ist.

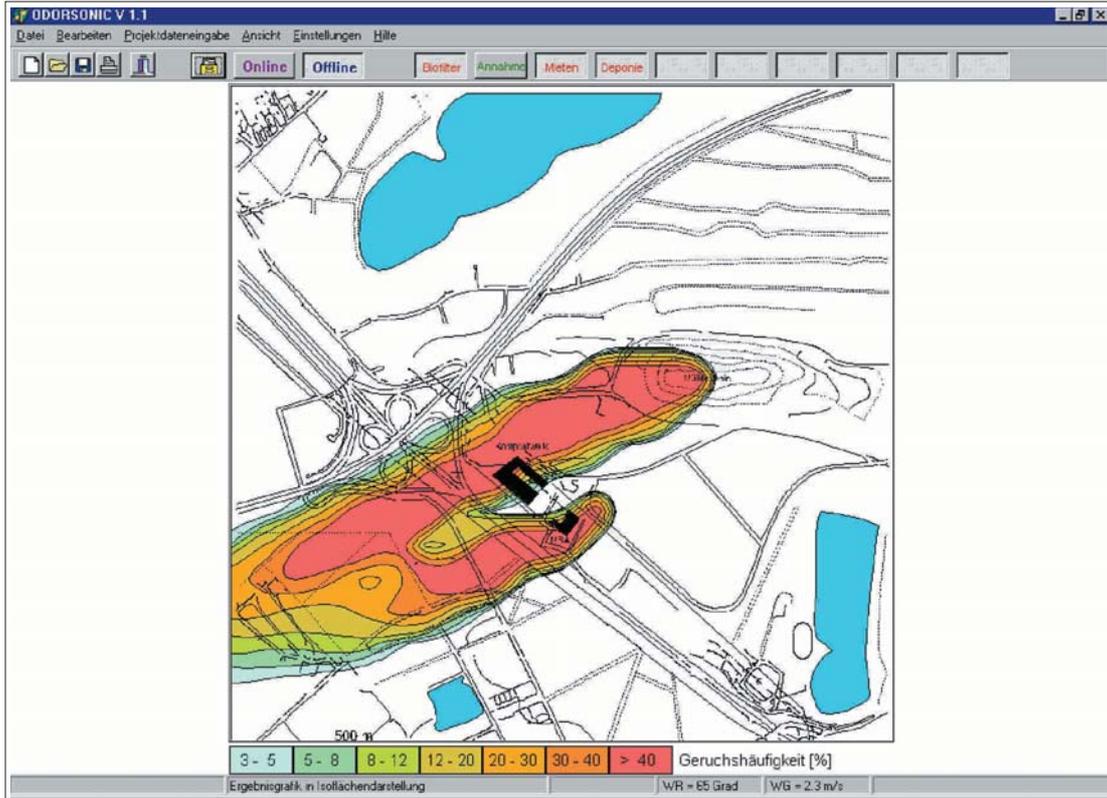


Abb. 2. Geruchsfahne bei stabiler Schichtung der Atmosphäre.

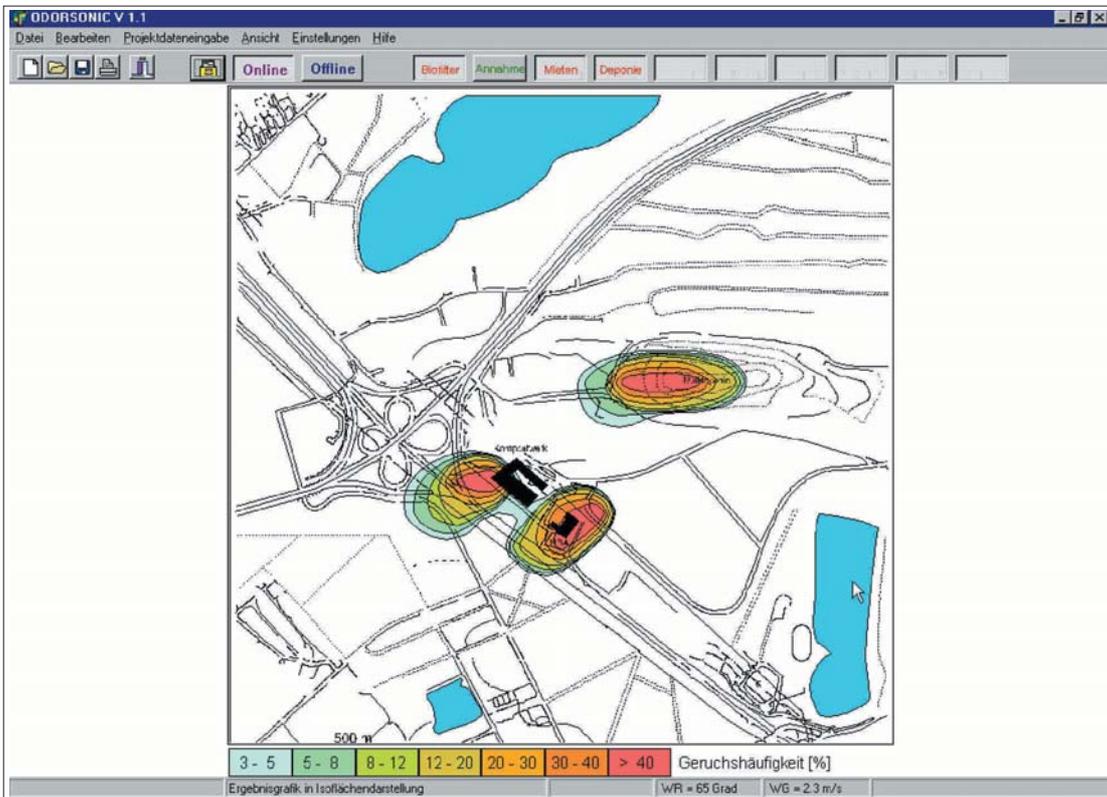


Abb. 3. Geruchsfahne bei labiler Schichtung der Atmosphäre.

## Zusammenfassung

Aufwendungen zur nahezu vollständigen Reduzierung der Geruchs- und Keimfrachten aus Kompostwerken mit kritischen Standorten sind häufig unnötig, in jedem Fall aber unwirtschaftlich. Dies gilt für die meisten Kompostwerke im Randbereich von Siedlungen, bei denen der immissionsproblematische Sektor nur 10–25 % des Anlagenumfeldes ausmacht. Ein dauerhaft beschwerdefreier und wirtschaftlicher Betrieb kann hier durch die kurzzeitige Reduzierung der Anlagenemission während austauscharmer und damit immissionskritischer Ausbreitungssituationen in dem „sensiblen“ Sektor des Anlagenumfeldes realisiert werden.

Die immissionsreduzierte Anlagensteuerung IRAS bietet ein Konzept zur organisatorischen und technischen Ausführung. Dabei werden auf der Basis eines neuartigen Prognosesystems Eingriffe in das Belüftungsmanagement des Rottmaterials vorgenommen, so dass während der austauscharmen Ausbreitungssituationen durch gezielte Reduzierung des Lüftungsvolumens und/oder andere Maßnahmen die Emissionsstärke vorübergehend gemindert wird.

Mit solchen emissionsseitigen Maßnahmen lässt sich der Geruchsbelästigung an besonders kritischen Immissionsorten im Einwirkungsbereich von Kompostierungsanlagen wirksam begegnen. Der Betriebsleitung werden somit erstmals verlässliche Informationen über die jeweils aktuelle Reichweite der Geruchsfahne bzw. der Immissionsstärke ihrer Anlage an die Hand gegeben, die sie zu einer kurzfristigen Reduzierung der Emissionen und damit zur Minderung der Immissionsbelastung befähigt.

Praktische Erfahrungen konnten auf bisher zwei Kompostierungsanlagen gesammelt werden. Das System **OdorSonic** ist nach Aussage von Herrn Lung auf zwei Kompostierungsanlagen seit jeweils einem Jahr erfolgreich in Betrieb. Zum einen handelt es sich um ein Erden- und Rindenwerk in Baden-Württemberg mit einem Jahresdurchsatz von ca. 70 000 t. Im anderen Fall wird das System auf einer Anlage zur Bioabfallkompostierung im Norden Bayerns mit etwa 15 000 t Jahresdurchsatz betrieben. (Nähere Informationen dazu können über die Verfasser bezogen werden).

# Planenkompostierung – Kompostierung unter semipermeablen Planenabdeckungen

MICHAEL KÜHNER\*

## Grundlagen

### a. Verfahrenstechnik

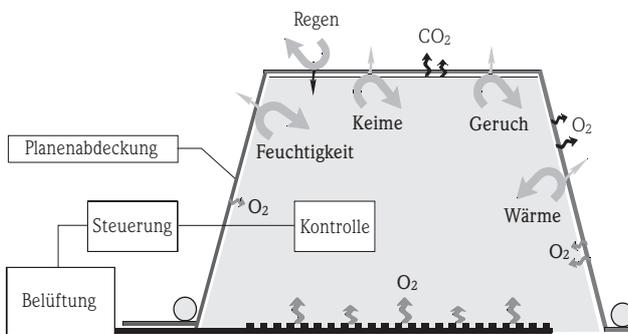
Für eine Optimierung der offenen Mietenkompostierung durch den Einsatz von Planenabdeckungen existieren inzwischen viele unterschiedliche Komponenten, die zu einer Verbesserung des Rotteprozesses und der Emissionen beitragen sollen.

Grundsätzlich kann sowohl

- eine Planenabdeckung, als auch
  - eine Kombination von Planenabdeckung mit einer Belüftungs- und Steuereinheit
- eingesetzt werden.

Ziel der Kompostierung unter einer semipermeablen Planenabdeckung ist die Emissionsreduzierung und die Optimierung des Rotteprozesses durch den Einsatz einer Plane als Systemgrenze.

In der Abb. 1 sind die Verfahrenskomponenten und die Prozessabläufe in einer abgedeckten Miete schematisch dargestellt.



**Abb. 1.** Verfahrenskomponenten und Prozessabläufe in einer abgedeckten und geregelten Miete.

Die Planenabdeckung besteht aus drei verschiedenen Schichten. Die Ober- und Unterseite sind UV-stabilisierte Polyestergewebe und zeichnen sich durch hohe Reißfestigkeit und Stabilität aus. Zwischen diesen beiden Gewebeschichten befindet sich eine semipermeable Membran. Die Struktur der Membran ist für die Luft- und Wasserdampf-

durchlässigkeit sowie für die Wasserundurchlässigkeit verantwortlich. Sauerstoff kann von außen durch die semipermeable Membran in das Rottematerial diffundieren. Gleichmaßen können Kohlendioxid und Wasserdampf von innen durch die Membran nach außen gelangen.

Der Einsatz einer Planenabdeckung als Systemgrenze soll im Vergleich zur offenen Mietenkompostierung zu:

- einer Verringerung der Geruchs- und Keimemissionen,
  - einem Schutz vor Vernässung des Rottematerials durch Niederschläge,
  - einer gleichmäßigen Temperaturverteilung in der Miete bis in die Randzonen und damit zu einer besseren Hygienisierung des Rottematerials,
  - einem Schutz vor der Austrocknung der Miete,
  - einem Erhalt eines konstanten Mikroklimas in der Miete und
  - einer Intensivierung der Rotte und damit zu einer Verkürzung der Rottezeiten
- führen.

Die Sauerstoffversorgung der abgedeckten Kompostmiete erfolgt mittels Druckbelüftung durch gelochte Belüftungsrohre an der Mietenbasis (vgl. Abb. 1). Die Belüftung kann sowohl über Sauerstoff- als auch über Temperatursonden gesteuert werden. Diese Messsonden messen den Sauerstoffgehalt bzw. die Temperatur im Rottegut und sorgen über eine Regel- und Steuereinheit für die erforderliche Belüftung. Auf diese Weise wird eine optimale Sauerstoffversorgung in der Kompostmiete erzielt. Ebenso lässt sich die Optimaltemperatur für den Rotteprozess regeln.

### b. Funktionsweise und Eigenschaften der Membranen

Der Durchmesser der Mikroporen lässt sich zwischen 0,1 und 3  $\mu\text{m}$  einstellen. Da z.B. PTFE ein stark hydrophobes Polymer ist, werden Wassertropfen mit einem mittleren Durchmesser von 0,1 bis 3 mm auch

\* Dr. Ing. Michael Kühner, Trinikens AG, Marketing/Vertrieb, Greefsallee 1–5, 41747 Viersen

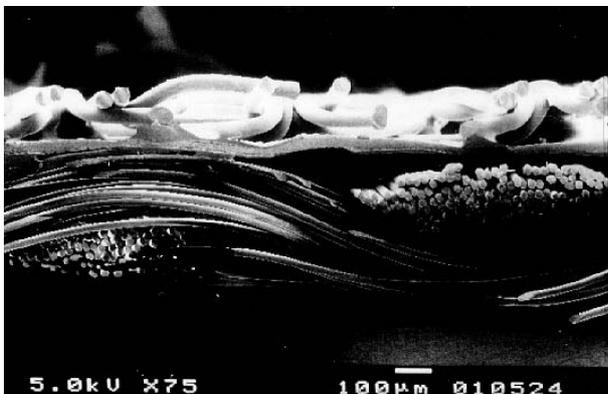
bei einem größeren Porendurchmesser der Membran am Durchtritt gehindert, während Wasserdampf-moleküle mit einem mittleren Durchmesser von ca.  $0,0003 \mu\text{m}$  problemlos durch die Membran hindurchtreten können. Auch die verschiedenen Keimarten, bei denen von folgenden Größenverteilungen ausgegangen werden kann (BÖHM et al. 1997):

- Bakterien und Bakteriosporen von  $0,5$  bis  $10 \mu\text{m}$
- Pilzsporen von  $1$  bis  $30 \mu\text{m}$
- Viren von  $0,02$  bis  $0,26 \mu\text{m}$

sollten daher teilweise von der Membran zurückgehalten werden können. Dieser Rückhalteeffekt wird dadurch verstärkt, dass die Mikroorganismen in der Mietenabluft meist nicht als Einzelkeime vorliegen, sondern als Aerosole von an Staubpartikel oder Wassertröpfchen gebundenen Mikrokolonien und Aggregaten.



**Abb. 2.** Elektronenmikroskopische Aufnahme einer PTFE-Membran.



**Abb. 3.** Elektronenmikroskopische Aufnahme eines Querschnittes durch ein Textillaminat.

### c. Systemlösungen

Der Einsatz einer semipermeablen Planenabdeckung kann je nach Systemlösung

- in Trapezmieten, Tafelmieten, Boxen oder Containern,
- mit Druck- und/oder Saugbelüftung,
- mit mobilen oder fest installierten Belüftungseinheiten,
- mit automatisierter Temperatur- und/oder Sauerstoffregelung sowie
- mit einer manuellen oder automatisierten Parameterüberwachung

erfolgen.

In der Abb. 4 ist eine Boxenversion mit Planenabdeckung und in Abb. 5 mehrere Rottemodule mit einer automatisierten Flügeldachkonstruktion dargestellt.



**Abb. 4.** Boxenversion mit Planenabdeckung.



**Abb. 5.** Rottemodule mit einer automatischen Klappabdeckung.

## Ergebnisse

Im einzelnen lassen sich als Resultate für zwei unterschiedliche Textillamine GORE-TEX® und PLOUCQUET® folgende Aussagen festhalten:

### a. Rotteprozess

Anhand von Kompostierungsversuchen im großtechnischen Maßstab wurde der Einfluss der Planenabdeckung und der gesteuerten Belüftung auf den Rotteprozess im Vergleich zur offenen Mietenkompostierung untersucht. Es zeigt sich, dass hier eine deutliche Optimierung und Verkürzung des Rotteprozesses erzielbar ist. Unabhängig von der Jahreszeit und dem Inputmaterial kann innerhalb von 7–9 Rottewochen ein hochwertiger Fertigungskompost mit Rottegrad V hergestellt werden. Damit liegt das neue Verfahren im Leistungsbereich anderer Systeme.

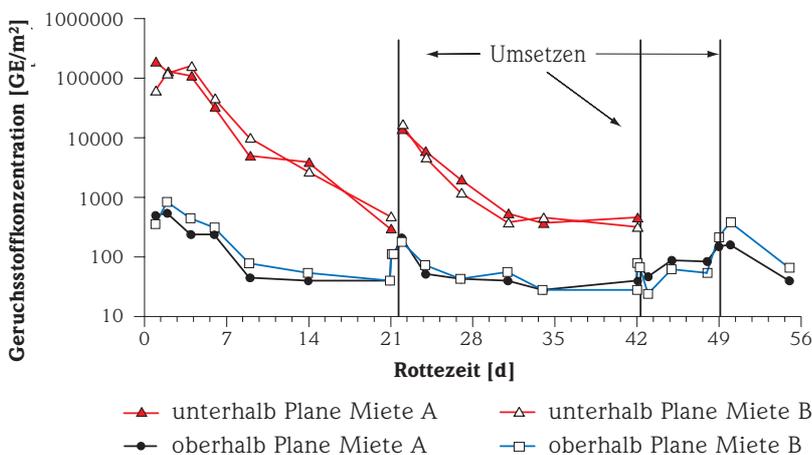
### b. Substrathygiene

Die Kompostierung muss aus umwelthygienischen Gesichtspunkten eine sichere Abtötung von Keimen gewährleisten. Eine Abdeckung und Belüftung von Mieten führt zu einer schnelleren Hygienisierung. Die Abtötung der human- und phytopathogenen Keime ist schon nach einer dreiwöchigen Intensivrotte ohne Umsetzen der Miete auch in den kritischen Rand- und Basisbereichen erreichbar. Bei der offenen Mietenkompostierung ist dies nur durch eine Umsetzung gewährleistet.

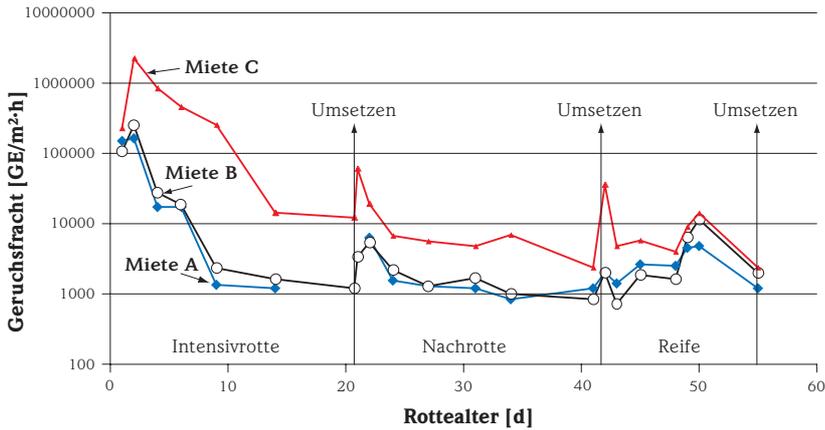
### c. Geruchsemissionen

Im Rahmen der Arbeit wurde die Erfassung und Bewertung der Minderung von Geruchsemissionen durch die Planenabdeckung besonders eingehend untersucht. Anhand der Messwerte konnten für die einzelnen Prozessschritte des neuen Verfahrens sichere Kennzahlen mit Vertrauensbereichen für die flächenspezifische Geruchsfracht und für die Hochrechnung auf die Gesamtemission einer Anlage aufgestellt werden.

Es zeigte sich, dass durch den Einsatz der Planen eine Verminderung der Geruchsstoffkonzentration um 97 % erzielbar ist. Die ermittelte durchschnittliche Geruchsfracht liegt mit  $1,1 \text{ GE/m}^3_{\text{Input}} \cdot \text{s}$  nahe der Emission eines gut funktionierenden Biofilters mit  $0,9 \text{ GE/m}^3_{\text{Input}} \cdot \text{s}$ . Im Vergleich dazu werden bei einer offenen Mietenkompostierung in den ersten drei Rottewochen im Mittel  $52 \text{ GE/m}^3_{\text{Input}} \cdot \text{s}$  emittiert. Im Vergleich mit eingehausten Anlagen lag die Effizienz der Planenabdeckung für die Gesamtgeruchsfracht in einer ähnlichen Größenordnung wie die gezielte Abluftfassung und -reinigung mittels Biofilter. Ein entscheidender Beitrag für die Gesamtfracht der Vergleichsanlagen liefert oftmals die unbelüftete Nachrotte oder Nachreife. Hier zeigte sich, dass trotz effizienter Emissionsminderungsmaßnahmen zu Beginn der Rotte durch fehlende einfache Minderungsmaßnahmen, wie eine aktive Belüftung oder kleinere Mieten, im weiteren Verfahrensablauf die positive Wirkung auf die Gesamtfracht der Anlage stark verringert wird. Die Kombi-



**Abb. 6.** Geruchsstoffkonzentrationen der abgedeckten Miete A und Miete B oberhalb und unterhalb der Abdeckung im Rotteverlauf (Methode C<sub>30</sub>, Versuch 5).



**Abb. 7.** Auswirkungen des Einsatzes von Planenabdeckungen bei Miete A und Miete B auf die Geruchsemissionen im Rotteverlauf (Methode C<sub>30</sub>, Versuch 6).

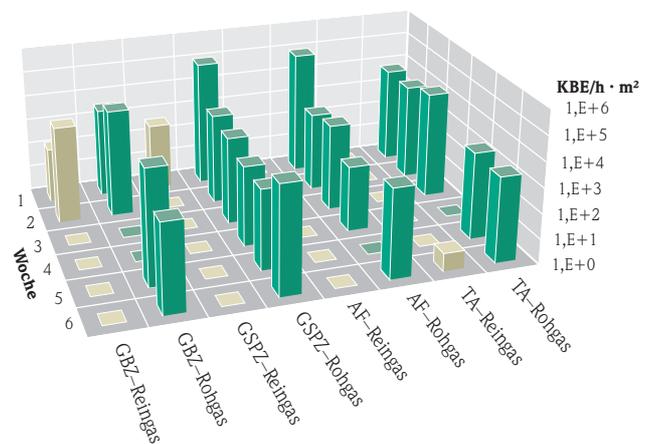
nation einer Abdeckung und Belüftung der Intensivrotte mit einer aktiven Belüftung der Nachrotte und der Nachreife ohne Abdeckung wurde ebenfalls untersucht. Es ergaben sich Emissionswerte, die einer Anlage mit Ablufterfassung und -reinigung bei unbelüfteter Nachrotte entsprechen.

Bei den Untersuchungen wurden die zwei Textillamine GORE-TEX® und PLOUCQUET® eingesetzt. Bezüglich der Geruchsemissionen konnte kein Unterschied in der Wirkungsweise beider Lamine festgestellt werden.

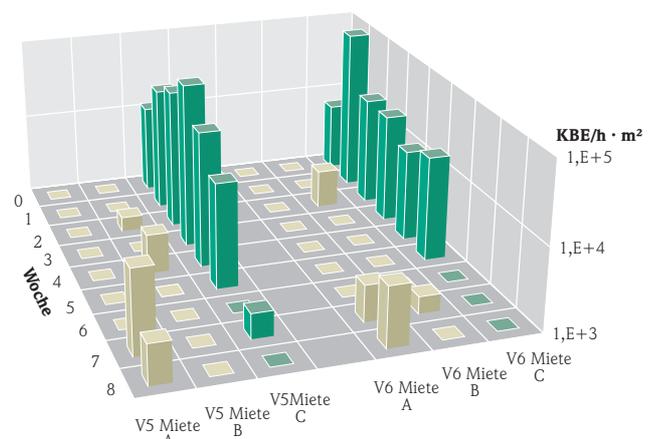
#### d. Keimemissionen

Da es bisher keine Methode gab, um Keimemissionen zu erfassen, wurde im Rahmen der Arbeit erstmalig eine Methode dafür entwickelt und angewendet. Die Methode basiert auf dem Prinzip einer aktiv belüfteten Haube. Mit dieser konnten die Keimemissionen im Verlauf der Rotte von ruhenden Mieten erfasst werden.

Festzustellen war, dass durch die Planenabdeckung die Luftkeimkonzentration aller untersuchten Keimgruppen um nahezu 100 % gemindert wird. Bei nicht abgedeckten ruhenden Mieten werden 90 % der Keimemissionen innerhalb der ersten acht Rottewochen freigesetzt. Dabei findet ein deutlicher Anstieg der Keimemission bis zur 4. Rottewoche und ein nachfolgendes Absinken auf den Hintergrundwert statt. Beim Einsatz von Abdeckungen über die ersten sechs Rottewochen konnten die Gesamtemissionen von drei der vier untersuchten Keimgruppen im Vergleich zu einer nicht abgedeckten Miete um 40 bis 66 % über den gesamten Rotteverlauf reduziert werden.



**Abb. 8.** Luftkeimkonzentrationen unterschiedlicher Keimgruppen in KBE/m<sup>3</sup> unter- und oberhalb einer Planenabdeckung.



**Abb. 9.** Flächenspezifische Keimfracht von *Aspergillus fumigatus* im Zeitverlauf bei zwei Versuchen mit abgedeckten Mieten (A, B) im Vergleich zu einer nicht abgedeckten Miete (C).

### **e. Kosten**

Für eine ökonomische Betrachtung sind neben der Leistungsfähigkeit eines Verfahrens die Kosten für den Bau und den Betrieb einer Anlage von zentraler Bedeutung. Der Kostenvergleich wurde anhand verschiedener Anlagenkonzepte durchgeführt. Die Studie belegt, dass sowohl die Investitions- als auch die Betriebskosten der Planenkompostierung im Vergleich zu den eingehausten Anlagen erheblich geringer sind. Die Kosten liegen auf einem vergleichbar niedrigen Niveau wie bei dem einfachen Verfahren der offenen Mietenkompostierung.

### **f. Nachhaltigkeit**

Zur Bewertung der Kompostierung unter Planenabdeckungen unter ökologischen Gesichtspunkten wurden an Anlagen unterschiedlicher Verfahrenstechnik Kennzahlen zum Energieverbrauch erhoben. Die Untersuchung ergab, dass der kumulierte Energieaufwand der Planenkompostierung bei der Herstellung und im Betrieb im Vergleich zu den technisch aufwändigeren eingehausten Anlagen wesentlich geringer ist. Verglichen mit der einfachen offenen Mietenkom-

postierung schneidet die Planenkompostierung ebenfalls überraschend gut ab. Dies liegt an der höheren Durchsatzmenge der Planenanlage.

Vergärungsanlagen schneiden im Vergleich dagegen unter energetischen Gesichtspunkten wesentlich besser ab, wenn der Energiegewinn durch die Strom- und Wärmeproduktion berücksichtigt wird.

In Anbetracht der deutlich geringeren Investitionskosten, dem wesentlich geringeren Energieaufwand und der effizienten Minderung von Geruchs- und Keimemissionen sind die Kompostierungsverfahren unter semipermeablen Planenabdeckungen unter Umständen eine interessante Alternative zu eingehausten Anlagen. Diese Systeme können sowohl als Intensiv- und Nachrotteeinheit bei der Optimierung und der Neuplanung von Anlagen als auch für eine Ergänzung (Nachrotteeinheit) von aeroben und anaeroben Anlagen eingesetzt werden. Hauptsächlich die Flexibilität und die vergleichsweise geringen Kosten machen diese Technik für den Markt besonders in Entwicklungs- und Schwellenländern interessant und wettbewerbsfähig.

## **Diskussion**

In der nachfolgenden Vertiefung zeigt Herr Kühner die Möglichkeiten der Emissionsminderung durch semipermeable Membranen nochmals plakativ auf:

- (1) Eine deutliche Geruchsreduzierung um bis zu 95 % bezüglich Konzentration und Fracht ist durch den Einsatz semipermeabler Membranen möglich.
- (2) Plane ist hinsichtlich der Effektivität nicht gleich Plane. Hier ist es im Zweifelsfall wichtig, vertiefende Untersuchungen unterschiedlicher Fabrikate für eine Beurteilung heranzuziehen.
- (3) Breite und flexible Anwendungsmöglichkeiten bestehen für Kleinanlagen, für Teilbereiche von Anlagen bis hin zu einer großtechnischer Anlagenumsetzung.

Eine Realisierung im Dauerbetrieb wurde in einer hessischen Kompostierungsanlage nach einer Kapazitätserweiterung ebenso realisiert wie z.B. als Sofortmaßnahme während einer Umbauphase.

Für die tägliche Betriebsführung bestehen allerdings auch „Handling“- oder auch Arbeitsschutzprobleme, die mit unterschiedlichen Erfahrungen erörtert werden. Rattenverbiss, Kondenswasserbildung und Pfützen können das tägliche Handling erschweren, zudem ist die Haltbarkeit durch den UV-Einfluss begrenzt. Diese Beobachtungen treten allerdings nur vereinzelt auf. Insgesamt wird dagegen der positive Effekt der Geruchsreduzierung bestätigt.

# Entwicklung eines Verfahrens zur Absorption von übelriechenden Emissionen aus Landwirtschaft, kommunalen Entsorgungsbetrieben und Industrie

WOLFGANG JAESCHKE, WERNER HAUNOLD & MARTIN SCHUMANN\*

## Einleitung

Das Zentrum für Umweltforschung der Johann Wolfgang Goethe-Universität beschäftigt sich seit vielen Jahren in der Grundlagenforschung mit der Chemie und Physik des atmosphärischen Mehrphasensystems von Nebel und Wolken. Dabei wurde auch die Aufnahme von atmosphärischen Spurengasen durch Wolkentropfen untersucht. Nach dem Vorbild dieses Selbstreinigungsprozesses der Atmosphäre wurde ein sogenanntes Mischnebelverfahren zur Emissionsminderung entwickelt. Damit soll für Betreiber von Industrieanlagen ein Verfahren zur Lösung von Emissionsproblemen bereitgestellt werden, so dass ein Beitrag zur besseren Akzeptanz von Anlagenstandorten erbracht werden kann.

Bei den Geruchsemissionen aus Industrieanlagen ist prinzipiell mit Gasmischungen zu rechnen, deren Bestandteile sich in drei Kategorien aufteilen lassen:

1. Basische Gase (z.B.  $\text{NH}_3$ , Amine, etc.)
2. Saure Gase (z.B.  $\text{H}_2\text{S}$ , Mercaptane, organische Säuren etc.)
3. Neutrale Gase (z.B. organische Kohlenwasserstoffe,  $\text{CH}_4$ , etc.)

Zur Erzielung einer effektiven Geruchsabsorption wurde das Absorptionsverfahren durch Mischnebel entwickelt. Dabei werden Wirkstoffmischungen in saurem oder basischem Nebel in einer gemeinsamen oder in mehreren separaten Vernebelungsvorrichtungen erzeugt, die dann in einem Abluftkanal zu einem Mischnebel vereinigt werden.

Gegenüber herkömmlichen Verfahren zur Emissionsminderung von Gerüchen wie Gaswäscher, Biofilter oder Biomembranfiltern, hat der Mischnebelabsorber folgende Innovations-Kriterien:

1. Er ermöglicht die gleichzeitige Erzeugung eines Gemisches von Tropfen unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung. Dadurch wird eine breitbandige Absorption von Geruchsstoffen mit unterschiedlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften bereitgestellt.

2. Im Gegensatz zu den in herkömmlichen Wäschern (RL VDI 3675) eingesetzten millimetergroßen Tropfen, kann beim Mischnebelabsorber mit Tropfen in der Größenordnung von 20 Mikrometer Durchmesser, bei gleichem Volumen der Absorberlösung, die hundert- bis tausendfache Tropfenoberfläche zur Absorption bereitgestellt werden. Außerdem wird die Diffusionsstrecke der Gasmoleküle bis zum Auftreffen auf einen Tropfen drastisch erniedrigt.
3. Durch Einsatz von Sensoren, mit denen Sollwerte des Desodorierungswirkungsgrades überwacht werden können, kann bei Bedarf die Zusammensetzung des Mischnebels zur Optimierung der Absorptionsfähigkeit nachjustiert werden.
4. Die Nebeltropfen unterliegen nur in geringem Maße der Sedimentation. Für den Zeitraum, bis ihr Sättigungsgleichgewicht mit der Gaskonzentration erreicht ist, bleiben sie auf jeden Fall in der Schwebelage.
5. Durch die unter 1–4 genannten Charakteristika ist es möglich, die Geruchsabsorption mit geringen Mengen an Absorberlösung durchzuführen. Die gesättigten Absorbertropfen werden auf Filtermatten abgeschieden. Die abtropfende Lösung enthält geringe Mengen an Salzen als Reaktionsprodukte der Säuren und Basen mit den Geruchsstoffen sowie Wirkstoffe zur Absorption der organischen Geruchsbestandteile. Aufgrund der vorliegenden Sicherheitsdatenblätter sind die Wirkstoffe umweltverträglich, so dass die Abtropflösung in das Abwasser geleitet werden kann, vorausgesetzt die absorbierten Gase haben die Umweltverträglichkeit der Lösung nicht beeinträchtigt.

Die bisher durchgeführten Entwicklungsarbeiten zur Optimierung des Verfahrens umfassen im Wesentlichen acht Arbeitsschritte. Im Folgenden werden die in den einzelnen Arbeitsbereichen erzielten Ergebnisse verkürzt dargestellt.

---

\* Prof. Dr. Wolfgang Jaeschke, Werner Haunold, Dr. Martin Schumann; alle: Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, Zentrum für Umweltforschung, Georg-Voigt-Straße 14, 60325 Frankfurt am Main

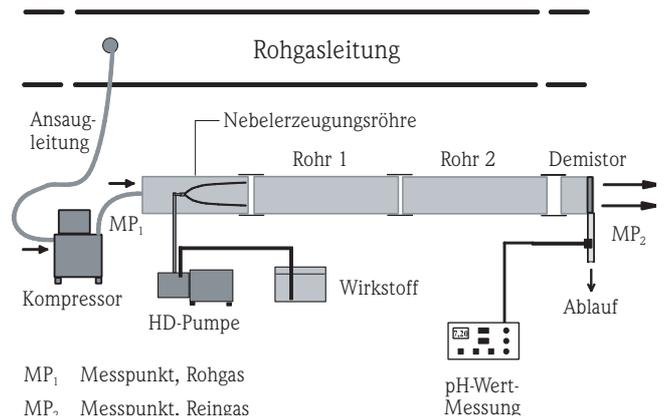
## Experimente im Technikumsmaßstab an emittierenden Anlagen

Ziel der Einsätze im Technikumsmaßstab ist die optimale Anpassung des pH-aktiven Nebelabsorbers zur Bindung von geruchsintensiven Bestandteilen im Abgas in der jeweiligen Anlage. Die wirkstoffhaltigen Nebeltropfen werden dabei in dem mobilen Strömungsreaktor mit dem Abgas in Kontakt gebracht, wobei die geruchsmindernde Wirkung di-

rekt vor Ort durch olfaktorischen Vergleich zwischen Roh- und Reingas (MP1 / MP2) durch die beteiligten Personen festgestellt werden kann. Einen Überblick über bisherige Anwendungsorte des mobilen Strömungsreaktor mit den jeweils wichtigsten emittierten Gasen und dem erzielten Wirkungsgrad der Geruchsminderung gibt Tab. 1.

**Tab. 1.** Anwendungsbeispiele des Mischnebels mit erzielten Wirkungsgraden der Geruchsminderung

Branche	wichtigste Gas-komponenten	Wirkstoffe im Mischnebel	Wirkungsgrad der Geruchsminderung [%]
Kläranlage	H <sub>2</sub> S, RSH, NH <sub>3</sub> , RNH <sub>2</sub> , VOC	KOH, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , org. Wirkstoffe	97
Wertstoffrecycling	NH <sub>3</sub> , VOC	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , org. Wirkstoffe	88
Fettschmelze	H <sub>2</sub> S, VOC	KOH, org. Wirkstoffe	99
Textilsenge (Wolle)	SO <sub>2</sub> , VOC	KOH, org. Wirkstoffe	94
Gießstrecke	SO <sub>2</sub> , VOC	KOH, org. Wirkstoffe	82
Tierproduktverarbeitung	NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S, VOC	KOH, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , org. Wirkstoffe	96
Kompostwerk	H <sub>2</sub> S, RSH, NH <sub>3</sub> , RNH <sub>2</sub> , VOC	KOH, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , org. Wirkstoffe	85
Bitumenverarbeitung	SO <sub>2</sub> , VOC, PAK	KOH, org. Wirkstoffe	96

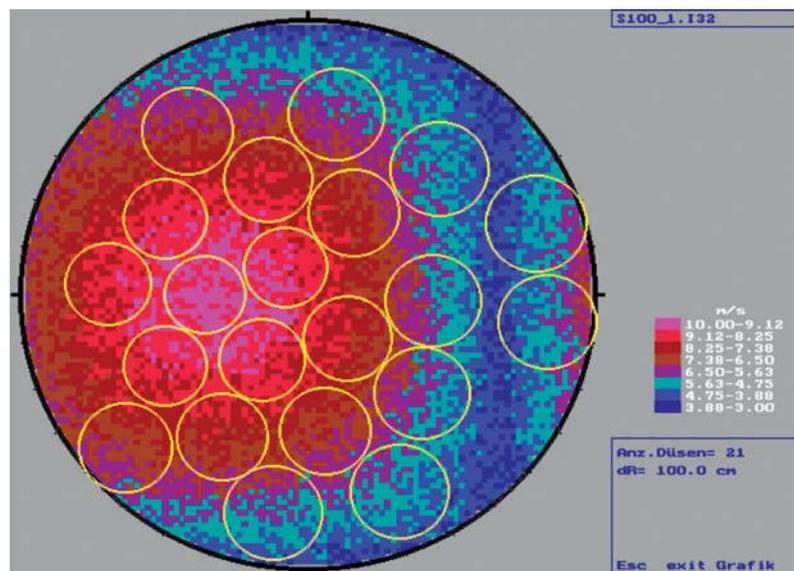


**Abb. 1.** Schematischer Aufbau des mobilen Mischnebelabsorbers.

## Ermittlung der optimalen Positionen der Düsen zur Ausbringung des Nebels im Strömungsfeld

Eine weitere wichtige Voraussetzung für den Anlagenbauer sind Überlegungen zur geometrischen Anordnung der Düsen im Abluftstrom, die sicherstellen sollen, dass der gesamte Abluftstrom mit Nebel erfüllt ist. Mit Hilfe eines Lichtstreuungsspektrometers wurden zunächst die Größenverteilungen der von verschiedenen Einstoffdüsen erzeugten Tropfen ermittelt. Für den weiteren Einsatz wurden diejenigen Düsen ausgewählt, die im Bereich kleiner

**Abb. 2.** Berechnete Platzierung von Düsen in einem Strömungsfeld bekannter Strömungsgeschwindigkeit.



Durchmesser ( $<10 \mu\text{m}$ ) die größte Anzahl von Tropfen erzeugen. In einem Windkanal wurden daraufhin für die ausgewählten Düsen die Abhängigkeiten des Öffnungswinkels des Sprühkegels von der Strömungsgeschwindigkeit vermessen. Daraufhin wurde ein Programm entwickelt, mit dem berechnet werden kann, welche Düsenanordnung notwendig ist, um bei einer Strömung von bekannter Strömungsgeschwindigkeit und Turbulenz den gesamten Rohrdurchmesser mit den Sprühkegeln der Düsen abzu-

decken (Abb. 2). Neben seiner Funktion bei der Planung der Anlagenkonstruktion ermöglicht das Rechnerprogramm auch eine Relation zwischen dem Wirkungsgrad des Verfahrens und den Betriebskosten. Mit ihm kann die minimal notwendige Anzahl von Düsen für die gewünschte Effektivität der Geruchsminderung ermittelt werden. Damit kann der Verbrauch an Wirkstoffen bereits in der Planung abgeschätzt und eine effektive Geruchsminderung mit ökonomisch vertretbarem Aufwand erreicht werden

## Zusammenfassung und Ausblick

Der Einsatz des ambulanten Mischnebelabsorbers im Technikumsmaßstab an neun geruchsemitierenden Anlagen aus Landwirtschaft, kommunalen Entsorgungsbetrieben und Industrie hat gezeigt, dass das bisher entwickelte Verfahren in der Lage ist, in all diesen Bereichen übelriechende Emissionen zu absorbieren. Aufgrund des Entwicklungsstandes kann nunmehr die Errichtung von permanent arbeitenden Anlagen in Angriff genommen werden. Dies hat zum einen investitionsbereite Anlagenbetreiber und zum anderen qualifizierte Anlagenbauer zur Voraussetzung. In Zusammenarbeit mit der Deutschen Shell Chemie GmbH ist die erste Pilotanlage in der Planung.

In der Diskussion verdeutlicht Prof. Jaeschke anhand von aktuellen Untersuchungsergebnissen die Effektivität des Mischnebelverfahrens als Maßnahme zur Reduktion der Geruchsemissionen einer Bioabfallkompostierungsanlage. Untersuchungen zur Wirksamkeit verschiedener Tenside im Nebel zeigen den Einfluss der Tenside auf den Wirkungsgrad: von 18 Tensiden lag lediglich bei 3 Tensiden der Wirkungsgrad  $>65\%$ .

Untersuchungen zur Abhängigkeit des Wirkungsgrades der Geruchsminderung durch optimierte Ten-

**Tab. 2.** Geruchsminderungen in Abhängigkeit von Tensidmischungen und Reaktionszeiten

Versuchs-Nr.	Strömungsgeschwindigkeit [m/s] Reaktionszeit [s]	Gas Volumenstrom [m <sup>3</sup> /h]	Geruchsstoffkonzentration [GE/m <sup>3</sup> ]		Wirkungsgrad der Geruchsminderung
			Rohgas	Reingas	
1	0,65/9,7	165,4	12 704	894	93,2
2	1/6,3	254,4	11 059	1 162	89,5
3	1,3/4,9	330,8	11 059	2 765	75
4	1,8/3,5	458	7 820	3 910	50
5	2,4	610,7	11 059	7 962	28
6	3,1/2	789	11 059	9 676	12,5

sidmischungen von der Strömungsgeschwindigkeit bzw. der Reaktionszeit im mobilen Nebelströmungsreaktor sind in der Tab. 2 zusammengefasst.

Die untersuchte Tensidmischung hatte bei allen Versuchen das gleiche Mischungsverhältnis. Bis zu einer Reaktionszeit von 6,3 s zeigte die Mischung einen sehr hohen Wirkungsgrad von ca. 90 % Geruchsminderung gegenüber der Rohluft. Damit lag die Emissionsminderung in derselben Größenordnung wie der Wirkungsgrad des Biofilters, der mit 94 % in parallelen Untersuchungen ermittelt wurde. Aussagen zu den Kosten der Abluftbehandlung können zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht gemacht werden.

# Biofilter - Praxiserfahrungen aus der Anlagenüberwachung

ADAM STRECKER\*

## Ausgangssituation

Biofilter haben sich zur Abluftbehandlung von Geruchsemissionen auf Kompostierungsanlagen bestens bewährt.

In dem Bereich der gefassten Abluftbehandlung entstehen je nach Bauausführung 30 bis 60 % der Gesamtemissionen. Die restlichen Geruchsemissionen werden diffus emittiert.

Bei der Planung von Biofilteranlagen sind die Hinweise aus der VDI-Richtlinie 3477 zu beachten.

Nach Erfahrungen des Autors kann man jedoch feststellen, dass die interne Überwachung nicht durchgeführt wird.

Erst mit einer behördlich vorgeschriebenen Messung erinnert man sich eines Biofilters, der oft irgendwo versteckt auf dem Betriebsgelände zu finden ist.

Um die biologische Reinigungsleistung von Biofiltern optimal auszunutzen ist es notwendig, dass die Durchströmung gleichmäßig erfolgt. In der Realität ist dies oft nicht der Fall und es treten lokal ungleichmäßig durchströmte Zonen auf.

Es gibt Zonen mit hoher Durchströmung und Zonen mit geringer Durchströmung.

Das Durchströmverhalten von Biofiltern kann durch folgende Kontrollen ermittelt werden:

- optische Kontrollen
- Messung Geschwindigkeitsprofil
- Messung Temperaturprofil (Infrarot-Messung)
- Geruchskonzentrationsmessung

Das Durchströmverhalten von offenen Biofiltern kann auch durch eine Begehung festgestellt werden. Bei niedrigen Außentemperaturen kann man auf dem Biofilter ein evtl. unterschiedliches Abströmverhalten durch eine unterschiedlich starke Wasserdampffahne von der Biofilteroberfläche beobachten. Von der Seite aus ist eine Beobachtung nicht möglich. Der Biofilter muss betreten werden. Im Rahmen einer Geruchsmessung kann das Geschwindigkeitsprofil bei offenen Biofiltern mit einer Probenahmehaube ermittelt werden. Die Auswertung der Ergebnisse zeigen jedoch einige Probleme auf, weil die gemessene Abluftgeschwindigkeit zum

Teil von der Abdichtung der Probenahmeeinrichtung abhängig ist.

Die Darstellung der Durchströmung von Biofiltern kann optimal durch eine Infrarot-Messung erfolgen. Durch Temperaturmessungen können die inhomogenen Flächen erkennbar ermittelt werden (Beispiele siehe Diskussion).

In der Regel werden zur Kontrolle des Biofilters Geruchsemissionsmessungen durchgeführt.

Dargestellt werden die Ergebnisse der letzten 100 Einzelmessungen des TÜV und von ca. 50 eingereichten Einzelmessungen von anderen Instituten bei der HLUg in Kassel (Abb. 1).

Die Ergebnisse des TÜV zeigen folgendes Bild (Abb. 2):

ca. 10 % der Werte	über 1000 GE/m <sup>3</sup>
ca. 13 % der Werte	von 600–1000 GE/m <sup>3</sup>
ca. 77 % der Werte	von 50–500 GE/m <sup>3</sup>

Der Biofilter wird eingesetzt, um die Rohgaskonzentration wesentlich zu vermindern und die Geruchsart so zu verändern, dass der unangenehme Geruch verschwindet.

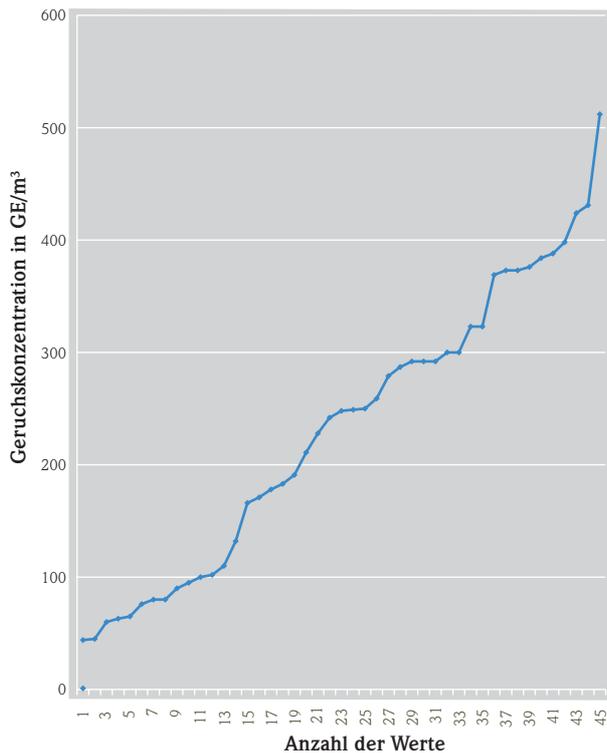
Das Ziel einer wirksamen Emissionsminderungsmaßnahme wird erreicht, wenn durch Emissionsmessung folgendes festgestellt wird:

- die Geruchskonzentration im Reingas ist gleich kleiner  $5 \cdot 10^2$  GE/m<sup>3</sup>
- die Geruchsart des Rohgas wird durch 100 % der Probanden in Reingas nicht mehr erkannt

Werden die Kriterien erreicht, so können die Gerüche in der Regel im Beurteilungsgebiet nicht mehr festgestellt werden. Ein Unterschied zwischen der Grundbelastung und der Biofilterabluft (bei entsprechender Verdünnung) ist nicht mehr vorhanden. Durch die Zahlenangabe von  $5 \cdot 10^2$  GE/m<sup>3</sup> kann deutlich gemacht werden, dass eine Beanstandung der Messwerte erst ab  $5,5 \cdot 10^2$  GE/m<sup>3</sup> (entspricht 550 GE/m<sup>3</sup>) erfolgt.

Bei Geruchsmessungen in der Abluft von Biofiltern

\* Dipl. Ing. Adam Strecker, TÜV Technische Überwachung Hessen, Am Römerhof 15, 60486 Frankfurt/Main



**Abb. 1.** Häufigkeitsverteilung Reingaskonzentration Biofilter (HLUG).

ist es ratsam, auch die Konzentrationen im Rohgas zu ermitteln. Damit kann der Betriebszustand der Anlage und der Geruchsminderungswirkungsgrad ermittelt werden. Ein Vergleich der Geruchsart zwischen Reingas und Rohgas ist möglich.

Im Rohgas von Biofilteranlagen können nach den vorliegenden Ergebnissen Emissionskonzentrationen von ca. 5 000 bis 20 000 GE/m<sup>3</sup> auftreten.

Danach kann ein theoretischer Wirkungsgrad von 90 % bis über 99 % abgeleitet werden.

Nach den durchgeführten Messungen des TÜV zeigte jede 4. Messung einen mangelhaften Betrieb des Biofilters an.

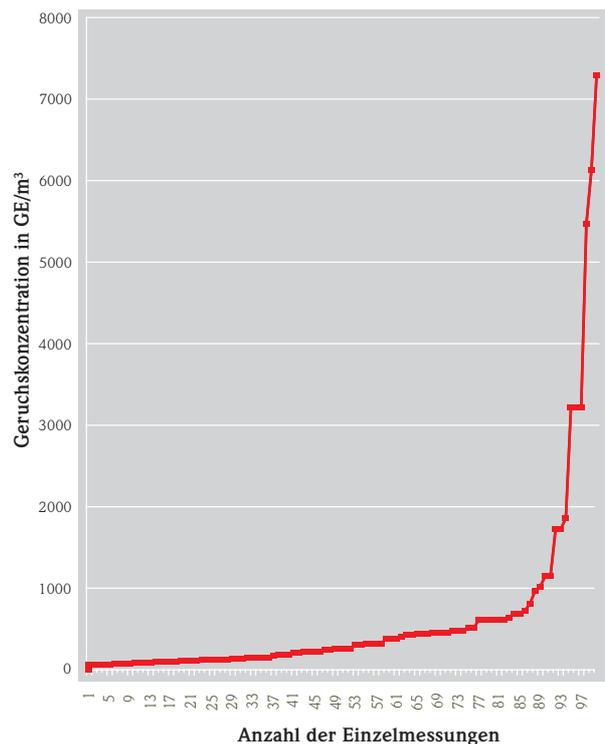
Die Ursachen von geringer Filterleistung sind:

#### Austrocknung der Biofilter

- Temperatur im Rohgas ist zu hoch

## Zusammenfassung

Biofilter werden in der Regel zur Minderung von Geruchsemissionen eingesetzt. Werden Biofilter ordnungsgemäß betrieben und Fehlerquellen während des Betriebes ermittelt und behoben, können Geruchsbeeinträchtigungen aus diesem Betriebsbereich erfolgreich vermieden werden.



**Abb. 2.** Häufigkeitsverteilung Reingaskonzentration Biofilter (TÜV).

- Temperaturschwankungen im Rohgas
- Ausfall der Vorbehandlung (Befeuchtung)

#### Ungleiche Durchströmung des Biofilters

- Austrocknung
- Konstruktionsfehler (Randabdichtung)
- Filtermaterial wurde nicht gleichmäßig aufgetragen
- verstopfte Spaltenböden

#### Leckagen in der Rohgasleitung

- bei Kanälen aus Betonfertigteilen

#### geringe Ablufferfassung

- defekte Rohrleitung
- Verschmutzung der Ablufferfassungssysteme

Leider mussten bei von uns durchgeführten Messungen bei fast jedem vierten Biofilter eine unzureichende Filterleistung beanstandet werden.

Grund hierfür ist hauptsächlich die mangelhafte Eigenkontrolle der Betreiber. Der Biofilter wird im täglichen Arbeitsablauf übersehen. Durch geeignete

Auflagen zur Kontrolle durch den Betreiber könnte bereits eine kontinuierlich gute Filterleistung gewährleistet werden.

Erstmalige und wiederkehrende Messungen einer Messstelle führen in der Folgezeit zu einer befriedigenden Leistung der Biofilteranlagen. Weil in der Regel Messungen nur alle drei Jahre durchgeführt werden, sollte durch Kontrollen der betrieblichen Überwachung ein optimaler Betrieb gewährleistet werden.

### Diskussion

Die Standzeiten der Biofilter und die damit verbundene Eigenkontrolle, aber auch die behördliche Überwachung wird unterschiedlich diskutiert. Aufgrund der Erfahrungen in anderen Bundesländern mit offenen Großbiofiltern wird die jährliche Überwachung (von behördlicher Seite) als sinnvoll angesehen. Erörtert wurden aber auch die Möglichkeiten für sinnvolle kontinuierliche Kontrolleinrichtungen (FID, „elektronische Nase“ u.ä.), bzw. diskontinuierliche Varianten (Geschwindigkeitsmessungen, Thermografiebilder).

Während üblicherweise die Messung der Temperatur und der Durchströmung nur lokal begrenzt mit Hilfe eines Messpunkterasters erfolgt, bietet die Thermographie die Möglichkeit, die Temperaturverteilung über eine Fläche zu ermitteln.

Anhand der Infrarot-Temperaturmessung ist ein Rückschluss auf die Strömungsverhältnisse möglich.

Zunächst drei Beispiele:

Außentemperatur ca.	20° C
Rohgastemperatur	ca. 35–40° C
Temperaturbereich	20–35° C

Abb. 3 zeigt große Bereiche mit kalten Zonen, was auf geringe Durchströmung schließen lässt, und lokal sehr begrenzte Zonen mit sehr hoher Temperatur.

Hier ist zu vermuten, dass die kleinen Flächen sehr stark durchströmt werden.

Abb. 4 zeigt größere Inhomogenitäten der Temperaturverteilung.

Im rechten Teil sind deutlich größere Bereiche mit der maximalen Temperatur zu erkennen.

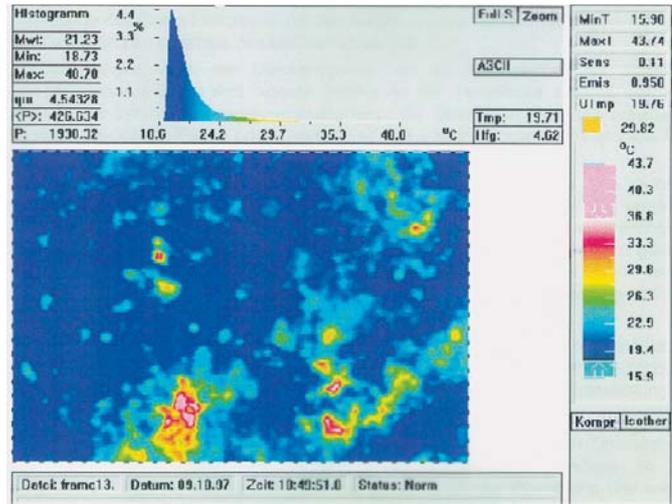


Abb. 3. Biofilter 1 mit großen Bereichen geringer Durchströmung.

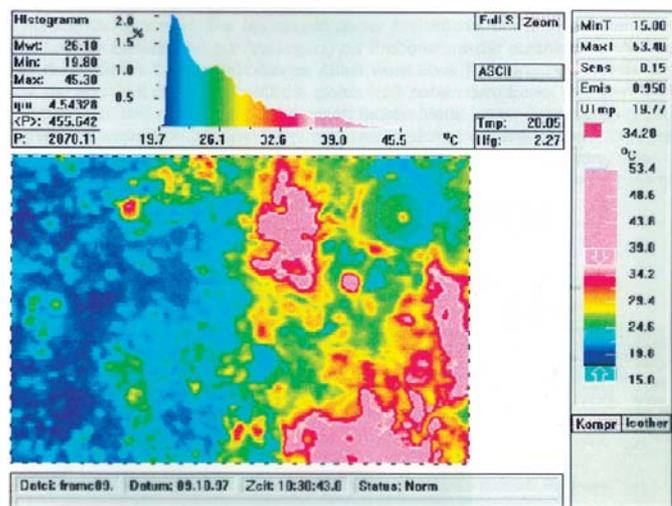


Abb. 4. Biofilter 2 mit großen Inhomogenitäten der Temperaturverteilung.

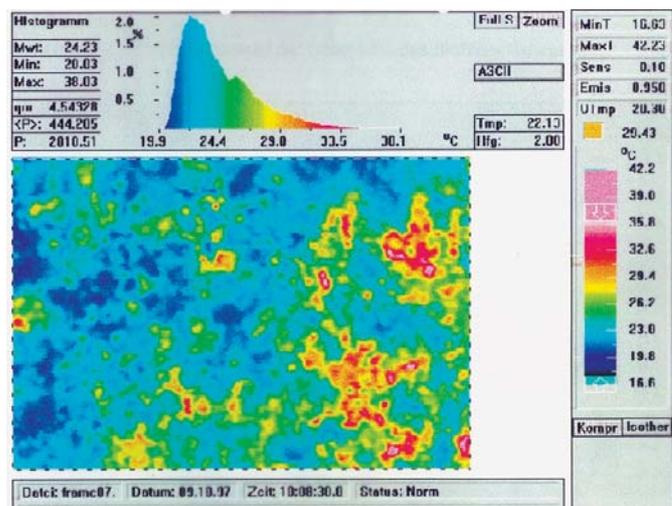


Abb. 5. Biofilter 3 mit gleichmäßiger Rohgastdurchströmung.

Die Temperatur des Rohgases wird kaum abgekühlt. In diesem Bereich kann auf eine hohe Durchströmgeschwindigkeit geschlossen werden.

Im Gegensatz kann vermutet werden, dass der linke Bereich sehr schlecht durchströmt wird.

Betrachtet man bei Abb. 5 die Farbendarstellung der Temperaturverteilung an der Oberfläche des

Biofilters, so ist zu erkennen:

- Es existieren kaum Bereiche mit der maximalen Temperatur.
- Dunkle Bereiche mit der maximalen Temperatur sind nur in geringem Umfang vorhanden.
- Der Filter wird relativ gleichmäßig mit wärmerer Abluft durchströmt.

# Standortkriterien aus Sicht des Immissionsschutzes

MATTHIAS BÜCHEN \*

## Einleitung

Die Standortkriterien aus Sicht des Immissionsschutzes sind für eine Kompostanlage im Grunde dieselben wie für andere emittierende Anlagen; es gilt, die Anforderungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) zu erfüllen. Ich möchte den §1 BImSchG in Erinnerung rufen und dabei darauf hinweisen, dass durch die Änderung des UVP-Gesetzes vom 27. Juli 2001 (Artikelgesetz) auch die Emissionen aus dem Bereich der Abfallwirtschaft explizit im BImSchG angesprochen sind. Die nächste Änderung des BImSchG ist heute aber bereits absehbar; die Luftqualitätsrichtlinie der EG von 1996 und ihre Tochterrichtlinien mit den Immissionsgrenzwerten muss in deutsches Recht umgesetzt werden und dies bedeutet auch, dass neben der TA Luft und der 22. BImSchV auch das BImSchG noch einmal novelliert werden muss. Wegen der Formulierung in Artikel 1 der Luftqualitätsrichtlinie

– „Erhaltung der Luftqualität, sofern sie gut ist, und Verbesserung der Luftqualität, wenn dies nicht der Fall ist.“–

dürfte der Vorsorge zur Erhaltung der Luftqualität – auch in Gebieten mit geringer oder mittlerer Immissionsbelastung – zukünftig wahrscheinlich größeres Gewicht eingeräumt werden.

Die relevanten Schadstoffkomponenten, die von Kompostanlagen emittiert werden und die im Umfeld der Anlage zu schädlichen Umwelteinwirkungen führen können, sind nach heutigem Kenntnisstand Geruch und Keime. In Zukunft könnten auch für Kompostanlagen die klimarelevanten Gase Methan und Distickstoffoxid ( $N_2O$ ) zu betrachten sein. Geruchseinwirkungen können aufgrund ihrer Ge-

ruchsart, Intensität oder Häufigkeit ihres Auftretens eine erhebliche Belästigung sein und sind dann im Sinne des BImSchG als schädliche Umwelteinwirkung zu bewerten. Erhöhte Keimkonzentrationen sind eine Gesundheitsgefahr, wobei die Bewertung von Keimkonzentrationen je nach Keimart sehr unterschiedlich ist und für alle Keimarten noch weiter abzusichern ist. Beide Komponenten haben bei der Prüfung von Standorten aus Sicht des Immissionsschutzes unterschiedliche Charakteristik. Während bei der Bewertung von Gerüchen vor allem die Häufigkeit des Auftretens von Gerüchen bewertet wird - soweit es sich nicht um ekelerregende Gerüche handelt -, sind bei Keimen vor allem die Maximalkonzentrationen für die lufthygienische Bewertung wesentlich. Dieser Unterschied bei den zu bewertenden Kenngrößen kann für einen Standort bei den Komponenten Geruch und Keimen zu unterschiedlichen Ergebnissen bei der Standortbewertung führen.



## Mindestabstand

Standorte von Kompostanlagen sind bei der Flächennutzungsplanung wegen der von ihnen ausgehenden Emissionen so auszuweisen, dass ein ausreichender – d.h. Belästigungen bzw. schädliche Umwelteinwirkungen ausschließender – Abstand zur Bebauung

im Umfeld gewährleistet ist; ebenso ist es Aufgabe der Bauleitplanung sicherzustellen, dass neue Baugebiete ausreichend Abstand zu vorhandenen bzw. in der Planung ausgewiesenen Standorten von emittierenden Anlagen wie z.B. Kompostwerken einhalten.

\* Dr. Matthias Büchen, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden

Der sogenannte Abstandserlass aus Nordrhein-Westfalen, der für die Fragestellung Bauleitplanung Mindestabstände zwischen nach BImSchG genehmigungsbedürftigen – sowie einige weitere – Anlagen und Wohngebieten vorgibt, legt für Kompostanlagen mit mehr als 10 t/h Durchsatz 500 m, für die nach vereinfachten Verfahren zu genehmigenden Anlagen (Jahresdurchsatz >6 570 t/a bis <87 600 t/a) 300 m, sowie für nicht nach BImSchG genehmigungsbedürftige Kompostanlagen 100 m als Mindestabstand fest.

In dem Referentenentwurf Novellierung TA Luft vom 12. 06. 2001 werden jetzt ebenfalls für „Anlagen zur Erzeugung von Kompost aus organischen Abfällen“ (Anlagen der Nummer 8.5) und für „Anlagen zur Vergärung von Bioabfällen und Anlagen, die Bioabfälle in Konfermentationsanlagen mitverarbeiten“ (Anlagen der Nummer 8.6) Mindestabstände zur Wohnbebauung festgelegt. Folgende Mindestabstände werden genannt:

**Anlagen zur Erzeugung von Kompost aus organischen Abfällen**

Bei Anlagen mit einer Durchsatzleistung von 3 000 t je Jahr oder mehr

- |   |       |
|---|-------|
| a) bei geschlossenen Anlagen (Bunker, Haupt- und Nachrotte) von | 300 m |
| b) bei offenen Anlagen (Mietenkompostierung) von                | 500 m |

**Anlagen zur Vergärung von Bioabfällen**

Bei Anlagen mit einer Durchsatzleistung von 10 t Abfällen je Tag oder mehr

- |   |       |
|---|-------|
| a) bei geschlossenen Anlagen (Bunker, Vergärung, Nachrotte) von | 300 m |
| b) bei offenen Anlagen von                                      | 500 m |

Der Mindestabstand kann unterschritten werden, wenn die Emissionen an geruchsintensiven Stoffen durch emissionsmindernde Maßnahmen so gemindert werden, dass die Immissionszusatzbelastung derjenigen bei Einhaltung des Mindestabstandes entspricht.

Zu dem Konzept, Mindestabstände zur Gewährleistung des Immissionsschutzes einzusetzen, sind folgende Anmerkungen zu machen:

- Wenn man wenig über die Emissionen eines Anlagentypes hinsichtlich Art der Emissionskompo-

nenten und Immissionsbewertung weiß bzw. große Variabilitäten möglich sind, können ausreichend bemessene Mindestabstände, die die Erfahrungen an ähnlichen Anlagen berücksichtigen, ein sinnvolles Instrument der Immissionsschutzplanung sein.

- Für ebenes Gelände geltende Mindestabstände können nicht ohne weiteres in orographisch gegliedertem Gelände angewendet werden – d.h. z.B. an Standorten, an denen, gebündelt durch ein Tal, die Hauptwindrichtung eine deutlich größere Häufigkeit haben kann als in ebenem Gelände oder Kaltluftströmungen die Ausbreitungsverhältnisse einschränken.
- Wenn für die relevante Emissionskomponente ein Immissionsgrenzwert definiert ist, muss sichergestellt sein, dass bei Einhaltung des Mindestabstandes auch der Immissionsgrenzwert eingehalten ist.
- Wenn keine Beurteilungsgrundlagen für die Immissionsbewertung verfügbar sind, ist der Mindestabstand als die Entfernung zu sehen, in der von den Emissionen keine – oder höchstens noch bezogen auf die Vorbelastung irrelevante – Einwirkungen nachweisbar sind.
- Betriebsgröße, technische Besonderheiten der Anlagentechnologie und Besonderheiten bei den Einsatzstoffen müssen bei der Festlegung der Mindestabstände – zumindest in groben Klassen – berücksichtigt werden.
- Beurteilungsgrundlagen im Bereich des Immissionsschutzes können sich erfahrungsgemäß im Lauf von Jahrzehnten ändern und pragmatisch festgelegte Mindestabstände unterliegen einem solchen Änderungsprozess eher als wirkungsbezogen nachvollziehbar festgelegte Grenzwerte.

Diese Diskussion soll deutlich machen, dass Mindestabstände vor allem für kleinere oder in einer sehr frühen Phase der Standortfindung auch für die großen Kompostanlagen hilfreich sein können. Für die lufthygienische Bewertung reicht für das konkrete Genehmigungsverfahren für die größeren Kompostanlagen die Aussage „Mindestabstand ist eingehalten“ nicht aus und muss durch eine standort- und anlagenspezifische Einzelfallbetrachtung hinsichtlich der resultierenden Immissionsbelastung im Umfeld der Anlage ergänzt werden.

## **Bedeutung besonderer Ausbreitungssituationen**

Bei Kompostanlagen bzw. allen Quellen mit bodennahen Emissionen hat die Häufigkeit von Kalt- bzw. Frischluftströmungen bei Transportrichtung von der Anlage zur Wohnbebauung eine besondere Bedeutung, da in der bodennahen Kaltluft die Verdünnung von Luftbeimengungen sehr schlecht ist und daher z.B. Gerüche über wesentlich größere Entfernungen wahrgenommen werden als bei anderen Ausbreitungsbedingungen.

Im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg wurde ein Screening-Modell für die Ausbreitung von Gerüchen in Kaltluftabflüssen erarbeitet. Das Modell weist für einen auszuwählenden Standort und vorzugebende Quelldaten kritische Bereiche aus, in denen bei Kaltluftabflusssituationen mit dem Auftreten von Gerüchen gerechnet werden muss. Das Geruchsfeld wird für einen Termin in den ersten Abendstunden – also zu Beginn der Kaltluftströmung – und einen zweiten Termin am Ende der Nacht berechnet. Aufgrund dieser Aussage des Screeningsmodells kann die Planungsbehörde entscheiden, ob die Kaltluftfrage in einem Genehmigungsverfahren vertieft behandelt werden muss. Die Modellrechnungen zeigen für mehrere Standorte, dass sich im Lauf der Nacht die Richtung der Kaltluftströmung vollständig umdrehen kann. Während am Anfang der Nacht die Kaltluft, die von den direkt umliegenden Hangflächen abfließt, die Richtung des Kaltluftstromes bestimmt, kann sich am Standort im Laufe der Nacht der mächtigere

Kaltluftstrom aus einem etwas entfernteren Tal am Standort durchsetzen. Eine solche Situation haben wir in Hessen z.B. am Standort der Kompostanlage Semd, wo sich im Verlauf der Nacht ein Kaltluftstrom durchsetzt, der im Bereich der Kompostanlage entgegen den üblichen Vorstellungen über Kaltluftströme hangauf fließt; die mächtige Kaltluftströmung aus dem Odenwald überlagert einfach die schwache sich auf Grund der Hangneigung ausbildende lokale Kaltluftströmung.

Betrachtet man den Tagesgang der Emissionen, so sind bei den meisten Anlagen die Emissionen über Tag größer als über Nacht, wenn der Betrieb ruht, und im wesentlichen nur die nicht abgedeckten Flächen (z.B. Mieten) diffus Emissionen freisetzen. Bei Geruch sind bei Entfernungen größer 500 m von der Quelle – insbesondere wenn Kaltluftflüsse die Ausbreitung beeinflussen – die geringeren nächtlichen Emissionen oft die Ursache der Geruchsbelästigungen und seltener die stärkeren Geruchsemissionen über Tag. Maximalwerte z.B. bei Keimmessungen sind dagegen im Nahbereich um die Anlagen mit bodennahen Emissionen – d.h. bis ca. 200 m Quellentfernung – bei stabiler Temperaturschichtung zur Zeit hoher Emissionsraten über Tag zu finden. Je nach betrachteter Komponente und für die Beurteilung der Immissionseinwirkung zu betrachtender Kenngröße, müssen die Fragestellungen für die Ausbreitungsrechnungen unterschiedlich lauten.

## **Zusammenfassung**

Einfache Standortkriterien, mit denen die Eignung eines Standortes für eine Kompostanlage geprüft werden kann, gibt es nicht. Vielmehr ist es erforderlich jeden Fall einzeln zu prüfen. Klar ist, dass eine genehmigungsbedürftige Kompostanlage nach den Vorgaben der Verordnungen und Verwaltungsvorschriften bzw. entsprechend dem Stand der Technik mehr oder weniger voll eingehaust sein und stark geruchsbelastete Abluft einer Abgasreinigungsanlage zugeführt werden muss. Diese technische Lösung hat auch den Vorteil, dass bei den größeren Anlagen im Normalbetrieb die bodennahen Emissionen, die sich in ihrem Ausbreitungsverhalten nicht so genau wie die über Schornstein abgeleiteten Emissionen in ihrem Ausbreitungsver-

halten simulieren lassen, nur noch in geringem Umfang ( z.B. abgestellte leere Container, Fertigungskompostlager usw.) auftreten. Mit den verfügbaren Ausbreitungsmodellen lässt sich dann auf Basis der Emissionsdaten und der standortspezifischen Windverteilung bzw. Ausbreitungsklassenstatistik eine valide Aussage über die zu erwartende Geruchshäufigkeit oder auch Keimbelastung machen. Diese technisch perfekten Lösungen führen dazu, dass nach dem Ergebnis der Immissionsprognose auch Kompostanlagen relativ dicht an die Bebauung heranrücken könnten. Vor zu viel Optimismus ist aus lufthygienischer Sicht aber zu warnen; hier haben festgeschriebene Mindestabstände auch wieder ihr Gutes. Bei den Immissionsprognosen wer-

den die Schwankungen im Emissionsverhalten, kleinere Emissionsspitzen wie Störungen der Luftschleusen für die Einfahrt in den Bunker, Emissionen aus noch nicht abgefertigten Anlieferfahrzeugen usw. die einzeln genommen nicht besonders kritisch sind, sich in ihrer Wirkung aber überlagern können, oft nicht mit ausreichender Reserve – einfach weil zu wenig über diese Emissionen in der Planungsphase bekannt ist – berücksichtigt. Vor al-

lem ist aber zu fordern, dass die Modellrechnungen die lokalen Windverhältnisse sachgerecht berücksichtigen. Geruchsemissionen, die bei üblichen Austauschverhältnissen in 200 m von der Anlage nicht mehr wahrnehmbar sind, können, wenn sie in einem Kaltluftstrom freigesetzt werden, oft noch in einem Kilometer Entfernung wahrgenommen werden.

# Bioaerosole im Umfeld von Kompostierungsanlagen – Erfahrungen aus dem Vollzug\*

VOLKER KUMMER \*\*

## Ausgangssituation

Um zu gesicherten Erkenntnissen und zur Versachlichung der Diskussionen über die Problematik möglicher Gesundheitsgefährdungen durch Bioaerosolimmissionen im Umfeld von Kompostierungsanlagen zu kommen, wurde in Hessen 1997 ein entsprechendes Untersuchungsprogramm durchgeführt. Im Ergebnis wurde einerseits deutlich, dass eine generelle gesundheitliche Gefährdung durch biologische Agenzien in der Umgebung von Kompostierungsanlagen nicht ableitbar ist. Andererseits kann aufgrund der Topographie und meteorologischen Situation im Einzelfall ein erhöhtes Belastungspotenzial vorliegen. In der Konsequenz hieraus wurde ein erweitertes Förderprogramm aufgelegt.

Mit dem Genehmigungsverfahren von Kompostierungsanlagen, das sich hinsichtlich Geruchs- und Bioaerosolbegrenzung an den Vorgaben des Bundes-

Immissionsschutzgesetzes orientieren muss, soll folgender zentraler Grundsatz sichergestellt werden:

Anlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren...nicht hervorgerufen werden können, und dass Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen getroffen wird, insbesondere durch die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung. (§5(1) BImSchG)

Da aber weder Handlungsanleitungen noch Grenzwerte zur Beurteilung von Immissionskonzentrationen für Bioaerosole vorliegen, ein Genehmigungsanspruch bei gegebener Vorsorge hinsichtlich schädlicher Umwelteinwirkungen dagegen besteht, ergeben sich hieraus erhebliche Schwierigkeiten und Unsicherheiten bei der Durchführung von Genehmigungsverfahren.

## Erkenntnisse aus der Genehmigungsüberwachung

Für die Festlegung von Emissionswerten existieren nur wenige verlässliche Grundlagenerhebungen, auch für die Bewertung von Immissionskonzentrationen lassen sich keine wissenschaftlichen Ableitungen heranziehen. Mit der Festlegung von Emissionsrichtwerten kann trotzdem im Einvernehmen mit dem Betreiber der Stand der Technik des Anlagenbetriebes unter dem Blickwinkel der Emissionskontrolle fortentwickelt werden.

### Emissionsuntersuchungen

In den Abbildungen 1–3 werden Untersuchungen aus verschiedenen Anlagenüberwachungen zusammengefasst.

Aus den Ergebnissen der 3 Abbildungen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- selbst bei einem Biofilter mit einer gefassten Abluft unterliegen die Messergebnisse einer Streu-

ung von etwa einer Zehnerpotenz (siehe Abb. 1)

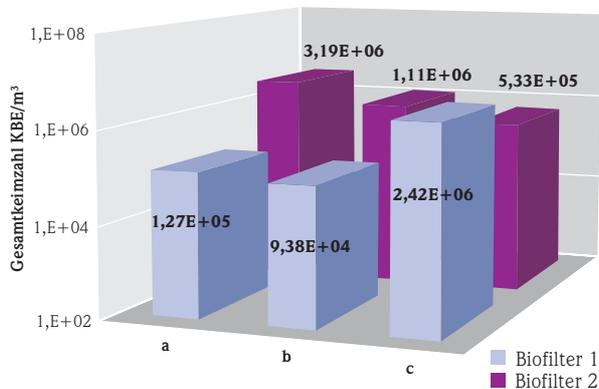
- daraus resultieren erhebliche Probleme in der Messwertbewertung
- Optimierungsmassnahmen (Filterwechsel, weitergehende Massnahmen) hatten keine signifikante Veränderung der Mikroorganismenemissionen zur Folge (siehe Abb. 2)
- Einflussfaktoren auf das Emissionsverhalten eines Biofilters werden zumindest bei unsystematischen Überprüfungen nicht deutlich
- zur Beurteilung des Abscheideverhaltens eines Biofilters müssen Rohgas-/Reingasuntersuchungen erfolgen
- das Abscheideverhalten des Biofilters in Bezug auf einzelne Mikroorganismengruppen ist unterschiedlich (siehe Abb. 3)
- ob die Betriebsweise oder Inputmenge und Inputmaterial die Wirkungsweise des Biofilters stärker beeinflussen ist nicht ableitbar.

\* Vortrag anlässlich der 7. Münsteraner Abfallwirtschaftstage

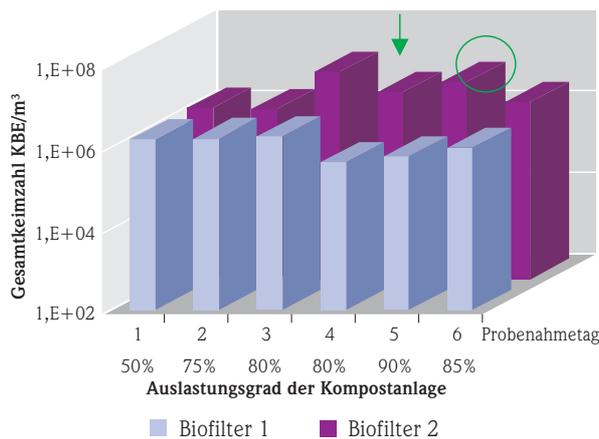
\*\* Volker Kummer, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden

Von Herrn Kühner werden durch verschiedene Versuchsergebnisse Emissionsminderungen durch semipermeable Membranen auch in Bezug auf Bioaerosole verdeutlicht.

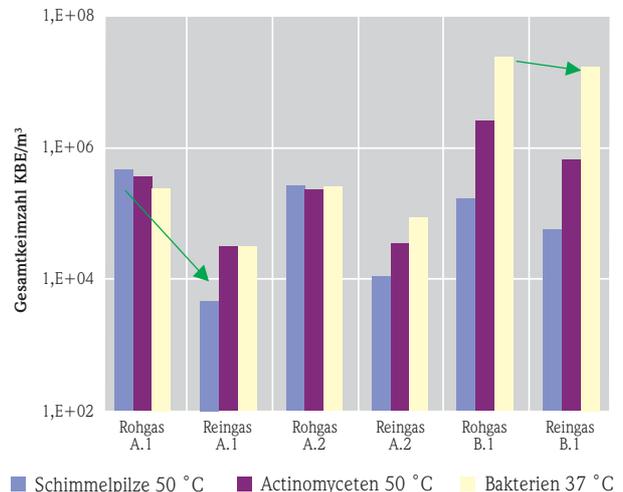
Auf die Ergebnisse im Beitrag von Herrn Kühner wird hingewiesen.



**Abb. 1.** Messwertstreuung (gefaste Abluftquelle, Biofilter  $< 1000 \text{ m}^3/\text{h}$ ).



**Abb. 2.** Biofilter-Optimierung (geschlossene Kompostierungsanlage; Bio- und Grünabfall  $< 10000 \text{ Mg/a}$ ; Filtermaterial: Siebreste/Rindenmulch ab Probenahmetag 4. Filtermaterial 1 Grünschnitt, Rinden Filtermaterial 2 Kokosfasern)



**Abb. 3.** Bioaerosolemissionen-Biofilter.

Anlage A: Bioabfallkompostierungsanlage  $20000 \text{ Mg/a}$ , Biofilter: 2 Segmente maximal  $115 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$

Anlage B: Bioabfallvergärungs- und Kompostierungsanlage  $30000 \text{ Mg/a}$ , Biofilter: 2 Segmente maximal  $100 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ .

## Perspektive und weitere Forschungsaktivitäten

### a. Bundesweites Untersuchungsprogramm

Die Ergebnisse aus dem hessischen Untersuchungsprogramm haben zu weitergehendem Forschungsbedarf geführt. In einem interdisziplinären Forschungsprojekt, dessen Koordinierung der Universität Gießen obliegt, sollen bis 2001 an insgesamt neun Kompostierungsanlagen in Nordrhein-Westfa-

len, Niedersachsen, Baden-Württemberg und Hessen Bioaerosolmessungen im Anlagenumfeld durchgeführt werden. Durch eine möglichst einheitliche Messstrategie soll die Vergleichbarkeit, durch die Berücksichtigung unterschiedlicher Anlagencharakteristika und Umfeldbedingungen (Meteorologie, Topografie) die Übertragbarkeit erzielt werden. Zeit-

gleich mit den Bioaerosolmessungen werden Gerüche erfasst und Anwohner ausgewählter Anlagen durch Ärzte zu Gesundheitsbeeinträchtigungen und Erkrankungen befragt.

#### **b. Normierungsarbeiten**

In der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN wurde 1999 ein Gemeinschaftsausschuss 'Bioaerosole und biologische Agenzien' der Fachberei-

che Umweltqualität und Messtechnik gegründet. Hiermit verbunden ist die Bildung von 7 Arbeitskreisen. In der AG 'Emissionsquellen und -minderungsmaßnahmen' werden Daten zu Verfahren der weitergehenden Abluftreinigung zusammengefasst und soweit möglich bewertet. Allerdings zeigt die bisherige Arbeit, dass zum jetzigen Zeitpunkt die Erkenntnisse für eine abschließende verfahrenstechnische Bewertung nicht ausreichen. Die Erarbeitung und Dokumentation weitergehender Grundlegenden Daten ist notwendig.