

Geruchsemissionen von Kompostanlagen Dimensionierungswerte für offene und geschlossene Anlagen

Autoren

**Werner Bidlingmaier
Verena Grauenhorst
Joachim Müsken
Markus Schlosser**

**aus der Reihe
Manuskripte zur Abfallwirtschaft**

**herausgegeben von
Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Bidlingmaier**

Der Inhalt dieses Buches basiert auf dem Teilvorhaben 1/1 des
Verbundvorhabens "Neue Techniken zur Kompostierung"

gefördert vom
Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft,
Forschung und Technologie (BMBF)

durchgeführt von der Universität GH Essen
Projektleitung:
univ. Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Bidlingmaier

Autoren;
Prof. Dr.-Ing. Werner bidlingmaier
Dipl.-Ing. Verena Grauenhorst
Dipl.-Ing. Markus Schlosser
Dipl.-Ing. Joachim Müsken

Essen im Oktober 1996

CIP-Kurztitelaufnahme

Geruchsemissionen von Kompostanlagen

Stichworte:

Abfallkompostierung, Geruch, Emissionen, Imissionen

Keywords:

Wastecomposting, Odour, Emissions, Imission

ISBN: 111 222 333 444 555

April 1997

Layout und Satz: MaKS, Ilmenau

© Verlag Abfall Now e.V., Postfach 10 01 19, D-70001 Stuttgart

Inhalt

Einleitung	1
Geruchsdefinition, Geruchsmessung und Geruchsentstehung	3
1 Geruchswahrnehmung und Geruchsempfindung	4
2 Grundlagen der Geruchsmessung	6
2.1 Angewandte Verfahren der Geruchsmessung	6
2.2 Olfaktometrie	8
3 Geruchsursachen im Kompostierungsprozeß	11
Bestimmung von Geruchsstoffströmen und Geruchsimmissionen	14
1 Ausbreitungsmechanismen von Geruch	15
2 Bestimmung von Geruchsimmissionen	17
2.1 Rasterbegehungen	18
2.2 Fahnenbegehung	20
2.3 Ausbreitungsrechnung	21
2.4 Befragungen von Anwohnern	22
Bewertung und Vergleich von Geruchsdaten	23
Baumuster für Kompostierungsverfahren und die zugehörigen Geruchsemissionen	29
1 Kompostierungsverfahren und deren Einteilung in Baumuster	30
2 Geruchsquellen bei unterschiedlichen Kompostierungsverfahren	34
2.1 Allgemeingültige Verfahrensschritte	35
2.2 Spezifische Verfahrensschritte verschiedener Baumuster	41
Luftführung in Kompostanlagen	52
Erstellung der Bemessungsblätter zur Geruchsentstehung in Kompostwerken	60
1 Aufbau der Bemessungsblätter	61
2 Handhabung der Bemessungsblätter	66
Frachtenberechnung und Immissionsbetrachtung einer Kompostanlage mit Emissionsminderungsmaßnahmen anhand eines Beispiels	69
1 Beschreibung der Beispielanlage	70
1.1 Herkunft, Art, Menge und Qualität des Biomülls	70
2 Verfahrensablauf der Kompostierung	70
2.1 Der Annahmebereich	71
2.2 Der Aufbereitungs- und Vorrottebereich	71
2.3 Der Nachrottebereich	72
2.4 Der Konfektionierungsbereich	73
2.5 Der Kompostlagerbereich	73
2.6 Der Biofilter	74
3 Emissionsprognose der Kompostanlage	74
3.1 Bestimmung der rottespezifischen Ausgangsdaten	74
3.2 Emissionsabschätzung der einzelnen Anlagenteile/Orte	75
3.3 Zusammenstellung der Geruchsfrachten der Ist-Situation	86
4 Geruchsimmissionsbetrachtung an der Beispielanlage	87

4.1	Geruchsvorbelastung am Standort der Kompostierungsanlage.	0
4.2	Bestimmung der Immissionszusatzbelastung (Ist-Situation).	88
4.3	Bewertung der Immissionsituation (Ist-Situation).	88
5	Zusammenfassende Darstellung der Ist-Situation.	0
6	Vorschläge zur Emissionsminderung an der Beispielanlage	95
6.1	Szenario	96
6.2	Szenario II	105
	Geruchstechnische Schadensfälle in Kompostwerken	112
1	Sammlung und Auswertung konkreter Schadensfälle	113
3	Sanierungsvorschläge und deren Bewertung	117
	Zusammenfassung und Ausblick.	123
	Literaturverzeichnis.	126
	Anlage.	130

Tabellen

Tab. 2.1:	Geruchsintensitätsstufen	10
Tab. 2.2:	Phasen und geruchsaktive Substanzen des Rotteprozesses [angelehnt an PÖHLE et al., 1993]	13
Tab. 3.1:	Methoden zur Ermittlung der Geruchsimmissionen [GIR, 1993]	18
Tab. 3.2:	Immissionswerte, angegeben als relative Grenzhäufigkeiten für verschiedene Gebietsausweisungen [GIR, 1993]	18
Tab. 3.3:	Korrekturfaktor k in Abhängigkeit vom Erhebungsumfang N sowie der Gebietsausweisung [GIR, 1993]	19
Tab. 4.1:	Geruchsschwellen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] der Versuchsteilnehmer (A, B, C, D) je Beutelprobe (=Einzelmessung) [BOTH, 1993].	24
Tab. 4.2:	Geruchsschwellenstreuung eines Probandenkollektivs, konzentrationsabhängig [HABENICHT, 1992]	26
Tab. 4.3:	Vergleichsuntersuchungen von Geruchsstoffkonzentrationen an zwei verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Tageszeiten [angelehnt an HABENICHT, 1992]	27
Tab. 5.2:	Geruchsstoffkonzentrationen im Anlieferungs- und Bunkerbereich einer Kompostanlage	37
Tab. 5.3:	Geruchsstoffkonzentrationen in der Aufbereitung einer Kompostanlage	38
Tab. 5.4:	Geruchsstoffkonzentrationen in der Feinaufbereitung/Konfektionierung einer Kompostanlage	39
Tab. 5.5:	Geruchsstoffkonzentrationen im Lagerbereich einer Kompostanlage	40
Tab. 5.6:	Geruchsstoffkonzentrationen am Biofilter einer Kompostanlage	41
Tab. 5.7:	Geruchsstoffkonzentrationen von diffusen Quellen in einer Kompostanlage	41
Tab. 5.8:	Geruchsstoffkonzentrationen bei Boxen und Containern	42
Tab. 5.9:	Geruchsstoffkonzentrationen bei Tunnel- und Zeilenkompostierung, angelehnt an die Daten der Boxen- und Containerkompostierung	44
Tab. 5.10:	Geruchsstoffkonzentrationen bei Rottetrommeln	45
Tab. 5.11:	Geruchsstoffkonzentrationen bei belüfteter Mietenkompostierung	46
Tab. 5.12:	Geruchsstoffkonzentrationen bei unbelüfteter Mietenkompostierung	50
Tab. 5.13:	Geruchsstoffkonzentrationen bei den Sonderverfahren Brikollare	51
Tab. 6.1:	Beispiele für Geruchsemissionen einer Kompostanlage mit ca. 6.000 Mg/a Input.	55
Tab. 6.2:	Geruchsemissionswerte einer Kompostanlage mit 12.500 Mg/a Durchsatzleistung (Beispiel)	59
Tab. 8.1:	Geruchsfrachten des Annahmebereiches	76
Tab. 8.2:	Geruchsfrachten der Rottetrommel.	77
Tab. 8.3:	Geruchsfrachten der Inputaufbereitung und Konfektionierung	78
Tab. 8.4:	Emissionsrelevante Oberflächen der Mieten von Rottefläche 1	79
Tab. 8.5:	Geruchsfrachten bei der Umsetzung unbelüfteter	

	Mieten der Rottefläche 1	80
Tab. 8.6:	Geruchsfrachten bei ruhenden und unbelüfteten Mieten der Rottefläche 1	81
Tab. 8.7:	Gesamtgeruchsfrachten der Rottefläche 1	81
Tab. 8.8:	Emissionsrelevante Oberflächen der Mieten von Rottefläche 2	81
Tab. 8.9:	Geruchsfrachten bei der Umsetzung unbelüfteter Mieten von Rottefläche 2	82
Tab. 8.10:	Geruchsfrachten bei ruhenden und unbelüfteten Mieten von Rottefläche 2	82
Tab. 8.11:	Gesamtgeruchsfrachten der Rottefläche 2	82
Tab. 8.12:	Geruchsfrachten bei bewegten Lagermieten einer Tagesproduktion	83
Tab. 8.13:	Geruchsfrachten bei ruhenden Lagermieten.	84
Tab. 8.14:	Gesamtgeruchsfrachten der Kompostlagerung.	84
Tab. 8.15:	Bestimmung der maßgebenden Reingaskonzentration nach dem Biofilter	85
Tab. 8.16:	Geruchsfrachten des Biofilters	86
Tab. 8.17:	Geruchsfrachten der Ist-Situation	87
Tab. 8.18:	Emissionsrelevante Oberflächen der Mieten von Rottefläche 1 (Szenario I)	98
Tab. 8.19:	Geruchsfrachten bei der Umsetzung unbelüfteter Mieten der Rottefläche 1 (Szenario I)	99
Tab. 8.20:	Geruchsfrachten bei ruhenden und unbelüfteten Mieten der Rottefläche 1 (Szenario I)	99
Tab. 8.21:	Gesamtgeruchsfrachten der Rottefläche 1 (Szenario I)	99
Tab. 8.22:	Emissionsrelevante Oberflächen der Mieten von Rottefläche 2 (Szenario I)	100
Tab. 8.23:	Geruchsfrachten bei der Umsetzung unbelüfteter Mieten der Rottefläche 2 (Szenario I)	100
Tab. 8.24:	Geruchsfrachten bei ruhenden und unbelüfteten Mieten der Rottefläche 2 (Szenario I)	100
Tab. 8.25:	Gesamtgeruchsfrachten der Rottefläche 2 (Szenario I)	101
Tab. 8.26:	Geruchsfrachten des Szenarios I.	101
Tab. 8.27:	Geruchsfrachten bei ruhenden, abgedeckten und unbelüfteten Mieten der Rottefläche 1	107
Tab. 8.28:	Geruchsfrachten bei der Umsetzung abgedeckter und unbelüfteter Mieten der Rottefläche 1	108
Tab. 8.29:	Gesamtgeruchsfrachten der Rottefläche 1 (Szenario II)	108
Tab. 8.30:	Geruchsfrachten des Szenarios II	108
Tab. 9.1:	Mögliche Quellen für vermeidbare Geruchsemissionen.	120

Abbildungen

Abb. 2.1: Kausalitätskette zur Beschreibung der Ausbreitung von Geruchsstoffen [KRAUSE & LUNG, 1993]	4
Abb. 2.2: Zusammenstellung der Methoden zur Abluftanalyse [EITNER, 1986]	7
Abb. 2.3: Skala der hedonischen Wirkung [ANONYM, 1994/a]	10
Abb. 2.4: Experimentell ermittelter Temperaturverlauf bei der Kompostierung (Rotteversuche Dewargefäß) und Zuordnung der verschiedenen Temperaturphasen [KUCHTA, 1994]	11
Abb. 2.5: Geruchsstoffe bei der Kompostierung [JAGER et al., 1995]	12
Abb. 3.1: Halbkegelförmige Ausbreitung in Bodennähe [ENGELHARDT, 1982]	16
Abb. 3.2: Meßstellenplan der Fahnenmessung im Lee der Quelle [ANONYM, 1993/a]	20
Abb. 4.1: Ermittelte Geruchshäufigkeiten unterschiedlicher Meßinstitute [BOTH, 1993]	25
Abb. 4.2: Verhältnis von Geruchsstoffkonzentrationen mit TO 6 und IPT 1158 bei schwachen und starken Gerüchen [angelehnt an HABENICHT, 1992]	27
Abb. 5.1: Fließschema von Baumuster I (Boxen- und Containerkompostierung)	30
Abb. 5.2: Fließschema von Baumuster II (Zeilen- und Tunnelkompostierung)	31
Abb. 5.3: Fließschema von Baumuster III (Rottetrommel)	32
Abb. 5.4: Fließschema von Baumuster IV (Mietenkompostierung, belüftet)	32
Abb. 5.5: Fließschema von Baumuster V (mietenkompostierung, unbelüftet)	33
Abb. 5.6: Fließschemata von Baumuster VI (Brikolare- [li] und Turmkompostierung [re])	33
Abb. 5.7: Aufbau der verschiedenen Ebenen innerhalb der Bemessungsblätter	34
Abb. 5.8: Verfahrensgang der Bioabfallkompostierung und geruchsrelevante Emissionen [BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1992]	35
Abb. 5.9: Geruchsabstrahlung von frisch angeliefertem Bioabfall im Jahresgang [BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1992]	36
Abb. 5.10: Geruchsstoffkonzentrationen auf der Oberfläche druckbelüfteter Mieten (Mittelwerte aus bis zu 4 Einzelmessungen) [BIDLINGMAIER & MÜSKEN; 1992]	48
Abb. 5.11: Geruchsabstrahlung von unbelüfteten Dreiecksmieten aus Bioabfall (Beispiel) [BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1992].	49
Abb. 6.1: Beispiel für eine nicht optimierte Luftführung (Daten aus Tabelle 6.2)	57
Abb. 6.2: Beispiel für eine optimierte Luftführung (Daten aus Tabelle 6.2)	58
Abb. 6.3: Beispiel für eine optimierte Luftführung bei Wartungsarbeiten in der Rottehalle (Daten aus Tabelle 6.2)	58
Abb. 7.1: Aufbau der beiden parallel verlaufenden Ebenen der Bemessungsblätter	61
Abb. 7.2: Hauptebene des Baumusters I	62
Abb. 7.3: Unterebene I des Baumusters I	63
Abb. 7.4: Einflußgrößen für die Unterebene I des Baumusters I	64
Abb. 7.5: Ebene B - Aufbereitung	65
Abb. 7.6: Einflußgrößen für die Unterebene B	66

Abb. 7.7: Vorgehensweise bei der Arbeit mit den Bemessungsblättern anhand eines Beispiel-Baumusters	67
Abb. 8.1: Verfahrensschema der Kompostierungsanlage	71
Abb. 8.2: Angenommene Massenbilanz der Kompostierungsanlage	75
Abb. 8.3: Filterwirkungsgradbestimmung durch olfaktometrische Messungen [KUCHTA & RYSER, 1993], abgeändert	84
Abb. 8.4: Emissionsbeitrag der Orte/Anlagenteile bei 12.500 Mg/a (Ist- Situation)	87
Abb. 8.5: Immissionsprognose der Ist-Situation (12.500 Mg/a), Ausbreitungsklassenstatistik [SCHLOSSER, 1995]	90
Abb. 8.6: Immissionsprognose der Ist-Situation (12.500 Mg/a) mit Beurteilungsflächen 150 x 150 m gemäß GIR [SCHLOSSER, 1995]	92
Abb. 8.7: Immissionsprognose der Ist-Situation (12.500 Mg/a) mit Beurteilungsflächen 250 x 250 m gemäß GIR [SCHLOSSER, 1995]	93
Abb. 8.8: Überschreitungshäufigkeit in % der Jahresstunden der neun Gitterschnittpunkte einzelner Beurteilungsflächen (15 x 150m) [SCHLOSSER, 1995]	94
Abb. 8.9: Selbsterhitzungsfähigkeit und Rottegrad von Komposten aus unterschiedlichen Anlagen [KEHRES & VOGTMANN, 1989]	97
Abb. 8.10: Emissionsbeitrag der Orte/Anlagenteile bei 12.500 Mg/a (Szenario)	102
Abb. 8.11: Immissionsprognose des Szenarios I (12.500 Mg/a) gemäß Auflage [SCHLOSSER, 1995]	103
Abb. 8.12: Immissionsprognose des Szenarios I (12.500 Mg/a) gemäß GIR [SCHLOSSER, 1995]	104
Abb. 8.13: Veränderung der Geruchsabstrahlung von unbelüfteten Dreiecksmieten aus Bioabfall durch Abdeckung mit Strauchschnitt [MÜSKEN & BIDLINGMAIER, 1993]	105
Abb. 8.14: Einfluß von gesiebttem (< 20mm) Reifekompost als Abdeckmaterial auf die Geruchsemissionen von frisch aufgesetztem Bioabfall [FRICKE et al., 1989]	106
Abb. 8.15: Emissionsbeitrag der Orte/Anlagenteile bei 12.500 Mg/a (Szenario II)	109
Abb. 8.16: Immissionsprognose des Szenarios II (12.500 Mg/a) gemäß Auflage [SCHLOSSER, 1995].	110
Abb. 8.17: Immissionsprognose des Szenarios II (12.500 Mg/a) gemäß GIR [SCHLOSSER, 1995]	111

Kapitel I

Einleitung

Die Geruchsemissionen stellen ein zentrales Problem bei der Planung von Kompostanlagen dar. Eine Kompostierung ist ohne das Freisetzen von Geruchsstoffen nicht möglich. Dazu trägt vor allem das Ausgangsprodukt Biomüll oder Grünabfall bei, aber auch die Stoffwechselprodukte, die sich während des aeroben und teilweise auch anaeroben Abbaus bilden. Eine weitere Ursache für die Entstehung von Gerüchen ist die Betriebsführung einer Kompostanlage.

Die Kenntnis der Geruchsemissionen, die bei jedem Kompostierungsverfahren, unabhängig vom Material zu erwarten sind, mit der damit gegebenen Möglichkeit der Verhinderung dieser Emissionen, ist eine grundlegende Voraussetzung für eine gelungene und umweltverträgliche Kompostierung.

Bei der Neuplanung von Kompostierungswerken stellt sich immer wieder das Problem, eine Prognose über die auftretenden Geruchsemissionen zu erstellen.

Zur Zeit existieren keine allgemein anerkannten Instrumentarien, die es einem Planer erlauben, auf möglichst einfache, schnelle und sichere Weise, auftretende Emissionen abzuschätzen und unter Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben, den Standort und mögliche emissionsmindernde Maßnahmen zu planen.

Zur Abschätzung der Geruchsemissionen dienen in erster Linie Erfahrungswerte, die auf vergleichbaren Kompostierungsanlagen gewonnen wurden. Die Übertragbarkeit der ermittelten Emissionsgrößen auf eine geplante Anlage bereitet teilweise jedoch große Schwierigkeiten, da in den seltensten Fällen gleiche Randbedingungen vorliegen. Diese Randbedingungen, wie Inputmenge, die Zusammensetzung des Abfalls, die Verfahrenskombination verschiedener Rotteaggregate, die Verweildauer des Rottegutes, die Temperaturen im Rottegut und viele andere, sollten besonders berücksichtigt werden, damit es nicht zu einer krassen Fehleinschätzung der Emissionsgrößen kommt.

Innerhalb der Studie sollen einheitliche Ansätze und Grunddaten zu Emissionswerten von Kompostanlagen geschaffen werden. Diese sollen als Grundlage für die Bemessungsblätter "Geruchsemissionen" eingesetzt werden. Die Bemessungsblätter sind als Hilfe für Verwaltungen, Ingenieurbüros und Anlagenplaner gedacht.

Die Bereitstellung der seit Jahren erhobenen Geruchsdaten stellte sich als sehr schwierig heraus, da die Auftraggeber der Gutachten, in der Regel Anlagenbetreiber und Anlagenhersteller, die Daten trotz Anonymisierung nicht veröffentlicht sehen wollten und so nur selten bereit waren ihre Daten zur Verfügung zu stellen. Daraus entstehen Datenlücken, die nicht immer geschlossen werden konnten. Um so wichtiger ist es, diese vorliegende Bemessungsblätter jährlich zu aktualisieren, um neu erhobene Daten zu ergänzen und es ständig zu verbessern.

Kapitel II

Geruchsdefinition, Geruchsmessung und Geruchsentstehung

Geruch ist die Eigenschaft von chemischen Stoffen bzw. Stoffgemischen, konzentrationsabhängig den Geruchssinn zu aktivieren und dadurch eine Geruchsempfindung auslösen zu können [WINNEKE, 1994].

1 Geruchswahrnehmung und Geruchsempfindung

Geruch ist eine nicht physikalisch oder chemisch zu erfassende Größe. Er ist nur die Eigenschaft eines bestimmten Stoffes oder Stoffgemisches. Die Geruchswahrnehmung ist eine sensorische Reaktion der Riechzellen, die als Riechepithel in der Nasenhöhle angesiedelt sind, beim Menschen sind es ca. 10 bis 25 Millionen.

Die Geruchswahrnehmung, wie auch die Wahrnehmung von Geschmäckern, entstehen durch eine direkte Wechselwirkung zwischen chemischen Verbindungen und dem jeweiligen peripheren Rezeptorensystem. Geschmacksstoffe in wässriger Lösung stimulieren die Sinneszellen auf der Zunge. Geruchsstoffe, welche ausschließlich in flüchtigen Verbindungen transportiert werden, werden über die Atemluft an die im oberen Nasendach befindlichen Osmozeptoren herangeführt.

Hierbei erfolgt die Geruchswahrnehmung über den Geruchssinn. Dieser setzt sich zusammen aus den drei Hauptbestandteilen [OHLOFF, 1990]:

- Nase mit den in ihr vorhandenen Reizeempfängern, den Rezeptoren, Osmozeptoren
- ein nervalles Leitungssystem zur Übertragung der bei der Geruchswahrnehmung entstehenden elektrischen Impulse
- einem Teil des Gehirns (Geruchshirn, Rhinenzephalon) in dem die ankommenden Impulse verarbeitet und in ein Geruchsempfinden umgesetzt werden.

Im Vergleich zum Geschmackssinn, welcher sich auf die vier Sinnesindrücke süß, sauer, salzig und bitter beschränkt, die dazu noch in relativ hoher Konzentration wahrgenommen werden, kann der Geruchssinn eine praktisch unbegrenzte Anzahl an chemischen Verbindungen, bei im Vergleich sehr niedrigen Konzentrationen, wahrnehmen. Hierin liegt wahrscheinlich auch die Begründung dafür, daß der Geruchssinn in seiner Gesamtheit noch nicht abschließend erforscht ist. Alle Theorien bezüglich der Geruchswahrnehmung können bislang nur bei einer eng begrenzten Auswahl von Geruchsstoffen eine hinreichend genau Schilderung der Vorgänge liefern. Bei der Vielzahl von Geruchsstoffen, die in der Chemie bekannt sind, stellt diese Gruppe allerdings nur einen Ausschnitt dar.

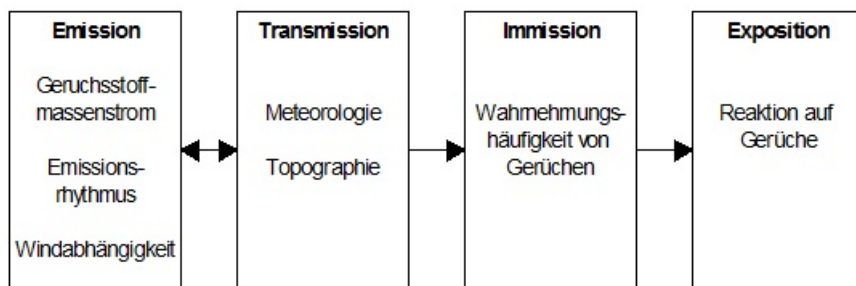


Abb. 2.1: Kausalitätskette zur Beschreibung der Ausbreitung von Geruchsstoffen [KRAUSE & LUNG, 1993]

Der Mensch empfindet Gerüche sehr unterschiedlich. So wirken auf ihn bekannte oder selten auftretende Gerüche durchaus angenehm dagegen fremdartige oder häufig wahrgenommene Gerüche oftmals als belästigend. In Abbildung 2.1 ist die Kausalitätskette zur Beschreibung der Ausbreitung von Geruchsstoffen beschrieben.

Die Kette beginnt dort, wo Geruchsstoffe eine Anlage verlassen, mit der Erfassung von Geruchsemissionen. Diese werden durch den atmosphärischen Transport (Transmission) verdünnt und führen zu einer Immissionsituation, die ausschlaggebend für die menschlichen Reaktionen auf Gerüche ist.

Von einer bewußten Geruchsempfindung kann erst gesprochen werden, wenn eine psychologische Interpretation des Geruchsreizes stattgefunden hat. Diese Geruchsempfindlichkeit schwankt sehr stark von Individuum zu Individuum. Die Geruchsinterpretation ist abhängig von einer Vielzahl persönlicher und kultureller Einflüsse. So sind z.B. die Erzie-

hung, wie auch die generelle Lebenseinstellung oder die gesammelten Erfahrungen und Erlebnisse, als prägende Ereignisse bei der Bildung von Reaktionsmustern anzuführen.

Hieran knüpft sich ein weiterer Einfluß an, der als Erwartungshaltung bezeichnet werden kann. Gemeint ist der Vergleich mit Reizen, die über andere Sinne aufgenommen wurden, sogenannten gespeicherten Reizkombinationen. Beispielsweise wird der Begriff "Abwasser" oft mit dem visuellen Eindruck von Fäulnis und Verdorbenem in Verbindung gebracht, was wiederum die Geruchswahrnehmung beeinflussen kann. WELLER (1978) berichtet, daß Beobachter einer neuen, noch nicht in Betrieb gegangenen Kläranlage bereits einen (negativen) Geruchseindruck bekundeten.

Damit ein Stoff einen Geruchseindruck hervorrufen kann, müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein [JAGER & KUCHTA, 1993]:

- **Flüchtigkeit**
Unter normalen Bedingungen müssen genügend Geruchsmoleküle in der Luft sein, um in der Nase einen Reiz auszulösen.
- **Wasserlöslichkeit**
Die Riechschleimhaut in der Nase besitzt eine Wasserschicht, die nur durchdrungen werden kann, wenn der Geruchsstoff wasserlöslich ist.
- **Fettlöslichkeit**
Die Fettschicht der Nervenzellen kann nur von fettlöslichen Geruchsstoffen durchdrungen werden. Organische Reste an der geruchsaktiven Gruppe bewirken die Fettlöslichkeit.
- **Polarität**
Entscheidend für die Wahrnehmung von Gerüchen ist die Stärke der Polarität. Sie muß mittelmäßig ausgeprägt sein, denn hochpolare Verbindungen (Ionenbindungen) sind zwar wasserlöslich, aber nicht fettlöslich und daher geruchlos.

Für das Empfinden von Geruchswahrnehmungen sind von Bedeutung [ANEMÜLLER, 1993]:

- die Häufigkeit und Dauer einer Geruchseinwirkung,
- die Intensität der Geruchseinwirkung und
- die Qualität des einwirkenden Geruchs.

Abhängig vom Geruchsstoff und dem wahrnehmenden Menschen führt eine bestimmte Konzentration von Molekülen zu einer Empfindung. Dadurch kann der Geruch aber noch nicht identifiziert werden. Diese Wahrnehmungsschwelle wird als Empfindungs- oder Geruchsschwelle bezeichnet.

Sofern Geruchsstoffe keine toxischen Wirkungen haben, sind sie nicht direkt gesundheitsschädlich. Da sie jedoch über den Geruchssinn wahrgenommen werden, hinterlassen sie bei uns einen Eindruck, der von sehr angenehm bis sehr unangenehm reichen kann. Diese Geruchseigenschaft wird als hedonische Tönung bezeichnet.

Von Mensch zu Mensch sind die Geruchsschwellen verschieden. Durch Krankheiten (z.B. Schnupfen), toxische Schädigungen der Riehzellen (z.B. durch Medikamente) oder Gewalteinwirkung auf den Schädel kann sich die Wahrnehmung ändern; im allgemeinen verschlechtert sie sich. Dauereinigwirkungen von Geruchsstoffen auf die Riehzellen führt zu einer anpassungsbedingten Abnahme der Empfindlichkeit. Diese Vorgänge werden als Adaptation bzw. Habituation bezeichnet. Nachweislich hat das Alter einen Einfluß auf die Wahrnehmung. Die Geruchsschwelle steigt mit zunehmendem Alter an, d.h. die Geruchsempfindlichkeit nimmt ab [ANONYM, 1986/a]. Die Empfindung von Geruchsstoffen steigt nicht in gleichem Maße an wie die Geruchsstoffkonzentrationen (also die Anzahl der Geruchsmoleküle in der Einatemungsluft). Die olfaktorische Empfindungsstärke I (Intensität) verhält sich annähernd proportional zur logarithmischen Geruchsstoffkonzentration. Nach WEBER-FECHNER gilt [ANONYM, 1992]:

$$I = k_w * \log \frac{c_{G,P}}{c_{G,S}}$$

mit $c_{G,P} > c_{G,S}$

- $c_{G,S}$ Schwellenkonzentration
- $c_{G,P}$ Geruchsstoffkonzentration
- k_W Weber-Fechner-Koeffizient

Der Weber-Fechner-Koeffizient hängt vom Geruchsstoff bzw. Geruchsstoffgemisch ab. Wird ein Geruchsstoff A bei gleicher Geruchsstoffkonzentration intensiver empfunden als ein Geruchsstoff B, so wird dem Stoff A ein entsprechend größerer Weber - Fechner- Koeffizient zugeordnet. Andererseits haben zwei Geruchsstoffproben mit unterschiedlichen Weber-Fechner-Koeffizienten verschieden hohe Geruchsstoffkonzentrationen, wenn ihre Intensität als gleich stark empfunden wird.

2 Grundlagen der Geruchsmessung

2.1 Angewandte Verfahren der Geruchsmessung

Grundsätzlich gibt es zwei verschiedene Arten Geruchsmessungen durchzuführen:

- sensorische sowie
- chemisch-physikalische Meßverfahren.

In Abbildung 2.2 sind die Meßverfahren zusammengestellt.

Innerhalb der chemisch-physikalischen Verfahren wird unterschieden zwischen naß-chemischen Methoden und der Kapillargaschromatographie. Die naßchemische Methode ermittelt gezielt gesuchte Einzelsubstanzen. Diese Methode hat jedoch in der Geruchsmessung aus biologischen Anlagen nur eine geringe Bedeutung, da es sich hierbei um sehr komplexe Substanzgemische handelt.

Die Kapillargaschromatographie bietet die Möglichkeit der Auftrennung komplexer Substanzgemische mit dem Nachweis von Stoffgruppen bzw. Einzelsubstanzen. Der am weitesten verbreitete Detektor für diese Untersuchung ist der Flammenionisationsdetektor (FID). Diese Messung erlaubt die kontinuierliche Erfassung des organisch gebundenen Kohlenstoffes. Aber auch diese Methode ersetzt nicht den Menschen als Geruchsdetektor. Nach EITNER (1986) ist es nicht möglich, generell eine Korrelation zwischen Geruchsempfindung und Kohlenstoffgehalt abzuleiten. So werden stark riechende Schwefel- oder Stickstoffverbindungen über eine Gesamt-Kohlenstoffmessung überhaupt nicht erfaßt, wohingegen das Meßgerät geruchsloses Methan registriert.

Beide Betrachtungen zeigen, daß zur Zeit das sensorische Meßverfahren der Olfaktometrie, also die Geruchsempfindung des Menschen, noch das bessere Verfahren darstellt, um Gerüche aus biologischen Anlagen zu bewerten.

Die gleichzeitig mit den meisten Geruchskonzentrationsmessungen durchgeführten Analysen auf den Gesamtkohlenstoffgehalt der Probenluft mit Hilfe eines Flammenionisationsdetektors (FID) sind zur zusätzlichen Information in den Tabellen zwar aufgeführt, eine Auswertung bzgl. Korrelationen mit der Geruchsstoffkonzentration wurde jedoch nicht durchgeführt.

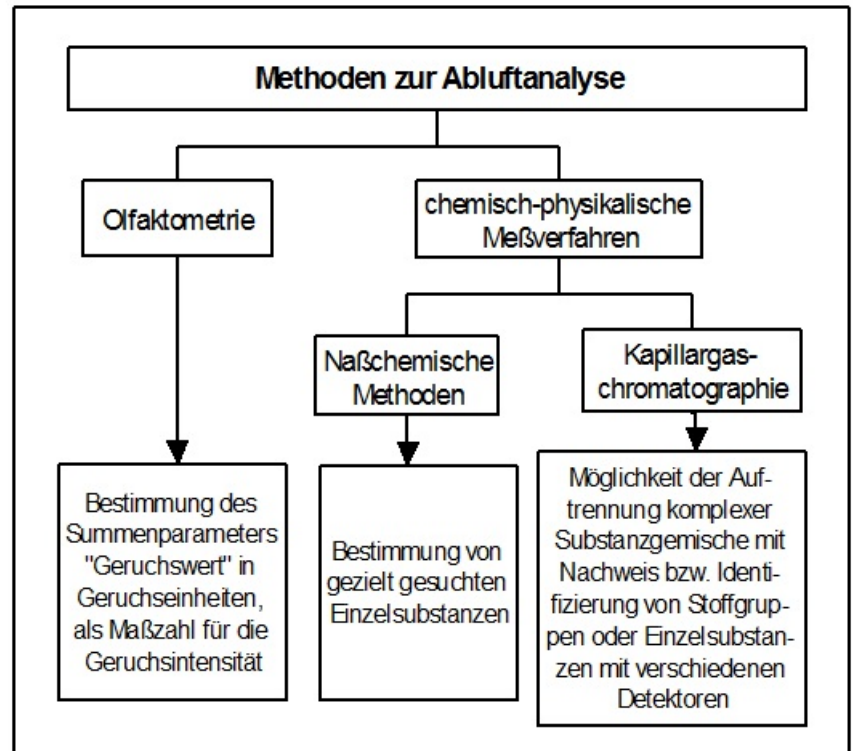


Abb. 2.2: Zusammenstellung der Methoden zur Abluftanalyse [EITNER, 1986]

Dies hat folgende Gründe:

- Mit dem FID werden auch Gase, wie z. B. Methan, erfaßt, die zwar einen Beitrag zum Summenparameter TOC in $[\text{mg C}/\text{m}^3]$ liefern, jedoch geruchslos sind.
- Andererseits ergeben geruchsintensive Stoffe, wie z.B. Ammoniak, keinen FID-Wert.
- Eine Korrelation zwischen FID-Wert und Geruchsstoffkonzentrationen mag zwar für bestimmte Anlagenteile (z.B. Biofilter) oder sogar Gesamtanlagen nach Kalibrierung der Meßeinrichtung für den jeweiligen Anlagentyp bzw. -standort gegeben sein, für den Großteil der hier verwendeten Meßergebnisse trifft dies jedoch nicht zu.

Zur richtigen Bewertung und Einordnung der in diesen Bericht aufgenommenen Meßwerte ist zu bemerken, daß die Angabe unterschiedlicher Konzentrationen von Geruchsstoffen keinerlei Aussage über die hedonische Geruchswirkung, also über die Qualität der gemessenen Gerüche (angenehm/ekelerregend) erlaubt. Darüber hinaus muß darauf hingewiesen werden, daß eine Verzehnfachung der Geruchsstoffkonzentration nur einer Verdoppelung der wahrnehmbaren Geruchsstärke entspricht, da die menschliche Nase die Sinneswahrnehmung "Geruch" in einem logarithmischen Maßstab nach ihrer Stärke erfaßt. Daher ist auch in den Abb. 3 - 5 die gemessene Konzentration im logarithmischen Maßstab dargestellt. Aus demselben Grund ist in den VDI-Richtlinien eine Umrechnung der Geruchsstoffkonzentration in $[\text{GE}/\text{m}^3]$ auf Dezibel Geruch $[\text{dB OD}]$ vorgesehen nach der Formel

$$[\text{dB OD}] = 10 \times \log^{10} [\text{GE}/\text{m}^3].$$

Beispielhaft seien hier einige Wertepaare dargestellt:

Geruchsstoffkonzentration [GE/m ³]	Geruchsstärke [dB OD]
10	10
100	20
1.000	30
10.000	40
100.000	50

Als letztes, für die Bewertung von Geruchsdaten relevantes Faktum, sei an dieser Stelle noch die Temperaturabhängigkeit der Stärke der Geruchsemission angeführt. Da die Geruchseindrücke hervorrufenden Stoffe leichtflüchtig sind, ist die Temperatur der Geruchsquelle (z.B. Miete) von Bedeutung. Zugleich liegen beim Kompostierungsprozeß in der "heißen", ersten Phase geruchsintensive Zwischenabbauprodukte in ihrer größten Konzentration vor.

2.2 Olfaktometrie

Laut VDI-Vorschrift 3881 Bl. 1 [ANONYM,1986/a] ist Olfaktometrie die kontrollierte Darbietung von Geruchsträgern und die Erfassung der dadurch beim Menschen hervorgerufenen Sinnesempfindungen. Das bedeutet, daß mit diesem Meßverfahren nicht die Anzahl von Geruchsstoffträgern bestimmt wird, sondern die Wirkung dieser einzelnen Teilchen auf den Menschen.

Die Olfaktometrie ist zur Zeit das Bestimmungsverfahren für Gerüche, welches am häufigsten angewendet wird und auch Ergebnisse liefert, die der Realität am nächsten kommen. Da Geruchsempfindungen auch dann noch ausgelöst werden können, wenn die entsprechenden Konzentrationen mit chemisch-physikalischen Verfahren nicht mehr nachweisbar sind und die Bestimmung von Stoffgemischen mit chemisch-physikalischen Methoden extrem aufwendig oder nicht möglich ist, ist zur Zeit nur die Geruchsbestimmung mittels Olfaktometrie möglich. Selbst wenn einzelne Stoffkonzentrationen bekannt sind, lassen sich daraus noch keine Aussagen über die Geruchswirkung des Substanzgemisches ableiten.

Folgende Merkmale von Geruch werden durch die Olfaktometrie bestimmt [ANONYM,1986/a]:

- seine Geruchsstoffkonzentration,
- seine Geruchsintensität,
- seine hedonische Tönung und
- seine Qualität.

Die Geruchsstoffkonzentration der zu messenden Gasprobe wird durch Verdünnung mit Neutralluft bis zur Geruchsschwelle bestimmt. Aus den Volumenströmen von Gasprobe und Neutralluft bei Erreichen der Geruchsschwelle ergibt sich der Zahlenwert der Geruchsstoffkonzentration in GE/m³ [ANONYM,1986/a].

Von der Geruchsstoffkonzentration unterscheidet sich die Geruchsintensität. Sie ist ein Maß für die Stärke der Geruchsempfindung, da wie beim Schall nicht absolute, sondern relative Änderungen wahrgenommen werden.

Wie bei fast jedem Meßverfahren ist auch bei der Olfaktometrie die vorgeschaltete Probenahme ein wesentliches Kriterium zur Qualitätssicherung der Meßergebnisse. Grundsätzlich sind zwei Probenahmetechniken zu unterscheiden:

- dynamische Probenahme und
- statische Probenahme.

Bei der dynamischen Probenahme wird ein Teilstrom einer Quelle direkt und kontinuierlich dem Olfaktometer zugeführt. Bei der statischen Probenahme wird

das geruchsbeladene Gas in einen geruchsneutralen Behälter, meist ein Folienbeutel, gefüllt und danach mit dem Olfaktometer untersucht.

Um Fehler bei der Probenahme zu vermeiden, ist nach VDI-Richtlinie 3881 [ANONYM, 1986/a] folgendes zu beachten:

- Vermeidung von Kondensatbildung durch Vorverdünnung mit trockener, geruchsneutraler Luft,
- Feststoffpartikel sollen nicht in das Olfaktometer gelangen,
- Geruchsneutralität des Probenahmesystems muß gewährleistet sein,
- auf dem Weg vom Probenahmeort zum Olfaktometer sind chemische Reaktionen der Inhaltstoffe untereinander sowie Sorption an den Wandungen des Probenahmesystems zu vermeiden.

Zusätzlich zur Art der Probenahme ist die Auswahl der Probanden von Bedeutung für die Beurteilung von Meßergebnissen (siehe auch Kapitel 4).

Unter Zuhilfenahme von Standardgeruchsstoffen kann der Geruchssinn der Probanden getestet werden. Schwefelwasserstoff ist einer der gängigen Standardgeruchsstoffe. Bei H_2S liegt die aus Ringversuchen ermittelte Geruchsschwelle in den Grenzen von $0,60 \mu/m^3 < \text{Meßwert} < 15 \mu/m^3$. Liegen die Ergebnisse der Referenzmessungen der Probanden innerhalb dieser Grenzen und erfüllen alle anderen Bedingungen, genügen sie den derzeitigen Anforderung an eine olfaktometrische Messung.

Weitere Informationen über die Probenahme sind in den einschlägigen VDI-Richtlinien nachzulesen.

2.2.1 Geruchsstoffkonzentration

Der Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration liegt die Vorstellung zugrunde, daß die Geruchsstärke der zu untersuchenden Luft um so größer ist, je mehr man diese Luft verdünnen muß, um die Geruchsschwelle zu erreichen. Die Geruchskonzentration, die gerade an der Geruchsschwelle liegt, ist das Verdünnungsverhältnis zwischen geruchsneutraler Luft und der zu untersuchenden Luft, bei dem in der resultierenden Mischung 50 % der Testpersonen einen Geruch wahrnehmen und die anderen keinen Geruch wahrnehmen. Diese Konzentration ist definiert als Geruchseinheit pro Kubikmeter ($1 \text{ GE}/m^3$).

Im Gegensatz zu den meisten anderen Meßmethoden (z.B. für Staubmessungen) ist die Kenntnis der Probenzusammensetzung für die Geruchsbestimmungen nicht notwendig; sie darf sich aber bis zur Messung quantitativ oder qualitativ nicht verändern.

Es gilt:

$$c_{G,P} = 1 + \frac{V_N}{V_P}$$

mit: $c_{G,P}$ Geruchsstoffkonzentration in GE/m^3
 V_N Volumenanteil Neutralluft, geruchlos, in Vol. pro Zeiteinheit

V_P Volumenanteil Probe, in Vol. pro Zeiteinheit

2.2.2 Geruchsintensität

Da die Konzentration bei Wahrnehmungen in überschweelliger Konzentration (oberhalb der Geruchsschwelle) kein hinreichendes Beurteilungskriterium für eine Geruchseinwirkung ist, wird unter anderem die Geruchsintensität bestimmt. Durch die Beziehung zwischen Geruchsintensität und Geruchskonzentration ist die Intensität theoretisch berechenbar.

Bei der Messung der Immissionen im Feld wird die Geruchsintensität vor allem durch Begehungen bestimmt. Bei der Ermittlung mittels Olfaktometer gelten die

gleichen Bedingungen wie bei der Geruchsschwellenbestimmung. Die Durchführung ist in den VDI-Richtlinien 3881 Bl.1 - 4 und 3882 Bl.1 beschrieben. Die ermittelten Intensitätsstufen reichen von nicht wahrnehmbar (0) bis extrem stark (6) wie in Tabelle 2.1 beschrieben.

Tab. 2.1: Geruchsintensitätsstufen

Geruch	Intensitätsstufe
nicht wahrnehmbar	0
sehr schwach	1
schwach	2
deutlich	3
stark	4
sehr stark	5
extrem stark	6

2.2.3 Geruchsqualität (Hedonische Tönung)

Zur Beurteilung einer Belästigungswirkung ist die hedonische Tönung eines Geruchs von Bedeutung. Hierbei läßt sich Geruch auf einer Skala von "sehr angenehm" über "neutral" bis "sehr unangenehm" einstufen (siehe Abb. 2.3). Schließlich kann durch die Qualität eines Geruches die menschliche Wahrnehmung genauer beschrieben werden. Hierbei werden Gerüche nach Henning [COOPERATIVE, 1992] in die sechs Grundtypen blumig, faulig, fruchtig, würzig, brenzlig und harzig eingeteilt.

Abb. 2.3: Skala der hedonischen Wirkung [ANONYM, 1994/a]

-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
äußerst unangenehm				weder unangenehm noch angenehm				äußerst angenehm

Die hedonische Tönung stellt eine wichtige Geruchseigenschaft zur Beurteilung von Belästigungen dar und kann bei Emissionen und Immissionen mit Hilfe von Probanden bestimmt werden. Die Geruchsimmissions-Richtlinie [GIR, 1993] sieht eine Bestimmung der hedonischen Geruchswirkung nicht vor.

Wegen der großen Abhängigkeit der Geruchseigenschaften vom jeweiligen Riecher sind mindestens 15 Probanden einzusetzen [ANONYM, 1994/a].

Vor der eigentlichen Untersuchung sollte zur Abschätzung des Konzentrationsbereiches eine orientierende Schwellenbestimmung vorgenommen werden. Die Probendarbietung muß nach der Konstanzmethode erfolgen (Verdünnungsstufen in zufälliger Reihenfolge). Die erste Konzentrationsstufe ist im mittleren Bereich einzustellen, zusätzlich können Nullproben eingestreut werden. Dabei sollen die Probanden zunächst angeben, ob sie überhaupt etwas riechen und anschließend die hedonische Wirkung nach der in Abb. 2.2 gezeigten Skala beurteilen [ANONYM, 1994/a].

3 Geruchsursachen im Kompostierungsprozeß

Bei der Entstehung von Gerüchen wird unterschieden zwischen aeroben und anaeroben Vorgängen. Da in dieser Arbeit die Kompostierung betrachtet wird, werden nur die aeroben biochemischen Prozesse behandelt.

Die Kompostierung von Bioabfall ist ein vorwiegend mikrobiologischer, katalysierter Ab- und Umbauprozess. Innerhalb dieses Prozesses kann von vier verschiedenen lang anhaltenden Phasen der Temperaturentwicklung ausgegangen werden (Abb. 2.4) [KUCHTA, 1994]:

- mesophile Startphase,
- Selbsterhitzungsphase,
- thermophile Phase,
- Reifungsphase.

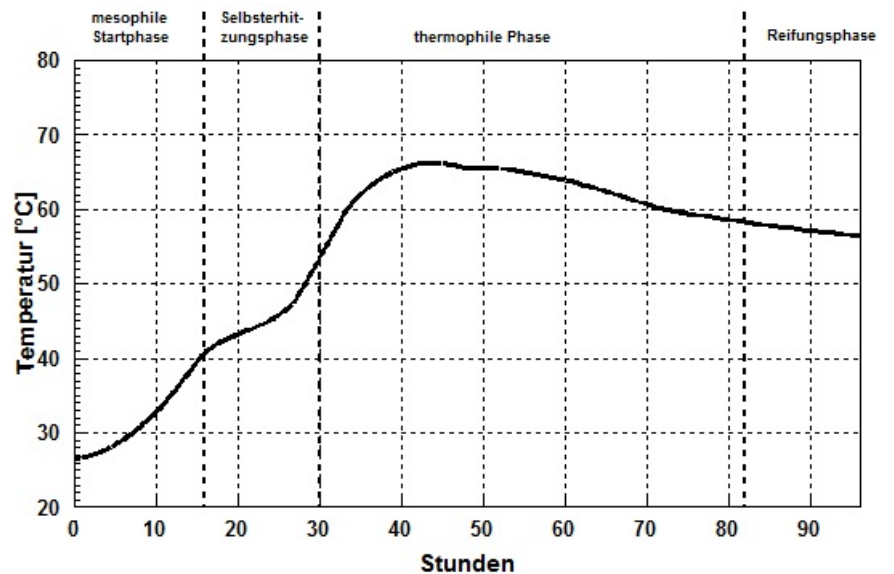


Abb. 2.4: Experimentell ermittelter Temperaturverlauf bei der Kompostierung (Rotteversuche Dewargefäß) und Zuordnung der verschiedenen Temperaturphasen [KUCHTA, 1994]

Die verschiedenen Phasen können nach SCHILDKNECHT & JAGER (1979) in drei Arten von Gerüchen der aeroben biochemischen Geruchsbildung bei der Kompostierung eingeteilt werden:

- Müllgerüche, Geruchsstoffe der Ausgangsprodukte,
- biogene Gerüche,
- abiogene Gerüche.

Die Aufgliederung dieser drei Bereiche zeigt Abbildung 2.5.

Mesophile Startphase

Der Müllgeruch des Ausgangssubstrates wird von abfallspezifischen Substanzen bestimmt. Er entsteht insbesondere in der mesophilen Startphase beim Entladen, bei der Speicherung und der Behandlung des Biomülls sowie zu Beginn des Kompostierungsprozesses. Die vom Material ausgehenden Gerüche sind nicht nur von den Inhaltstoffen abhängig, sondern in hohem Maße auch davon, ob sich der Biomüll bereits bei der Anlieferung in einem angerotteten Zustand befindet oder die Behandlung des Biomülls nicht ordnungsgemäß verläuft. Der Geruch wird geprägt von Komponenten wie Limonen und Terpenen und Intermediaten anaerober Abbauprozesse [KUCHTA, 1994].

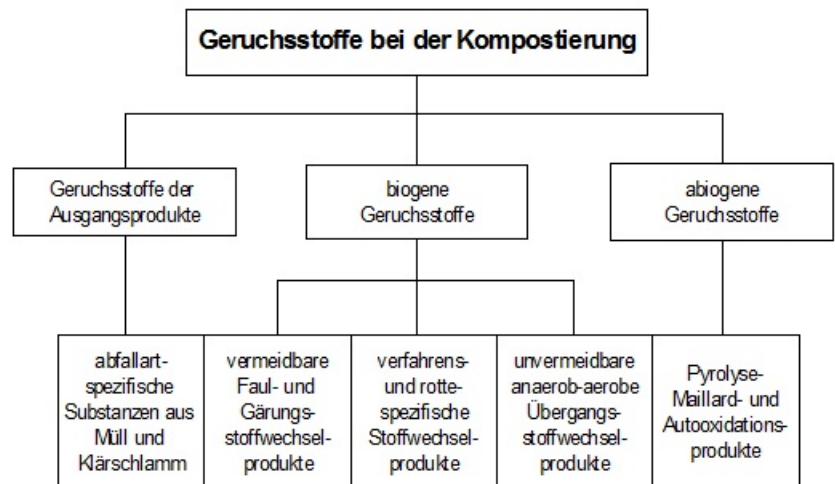


Abb. 2.5: Geruchsstoffe bei der Kompostierung [JAGER et al., 1995]

In der Startphase der Kompostierung ist der Bioabfall durch seinen hohen Anteil an leicht abbaubaren organischen Substanzen geprägt. Diese werden vor allem von mesophilen Mikroorganismen im frischen Biomüll unter Verbrauch von Sauerstoff abgebaut. So wird der verfügbare Sauerstoff frühzeitig aufgebraucht. Die Diffusion von Sauerstoff aus der umgebenden Atmosphäre reicht nicht mehr aus, um tiefer liegende Bereiche zu beschicken, so daß dort zunehmend anaerobe Abbauprozesse stattfinden.

Durch die Belüftung des Materials während der Rotte wird der Sauerstoffeintrag zwar verbessert, die flüchtigen Substanzen jedoch leichter ausgetragen, was zu einer starken Geruchsbelastung der Außenluft führt.

Selbsterhitzungsphase

Aufgrund der steigenden biologischen Aktivität und damit der steigenden Temperatur werden die mesophilen Mikroorganismen durch eine wärmeliebende, thermophile Population ersetzt. Außerdem werden durch das hohe Temperaturniveau schwerer flüchtige biogene Geruchskomponenten ausgetragen. Aufgrund mangelnden Sauerstoffs in dieser Phase finden überwiegend anaerobe Prozesse statt. Dadurch prägen die aerob-anaeroben Übergangsstoffwechselprodukte sowie Faul- und Gärungsstoffwechselprodukte zunehmend die Geruchsemissionen. Die vermeidbaren Faul- und Gärungsstoffwechselprodukte entstehen vor allem durch zu lange Aufenthaltszeiten im Bunker. Die unvermeidbaren Gerüche sind die aus den anaeroben und aeroben Übergangsprodukten und den verfahrensspezifischen Stoffwechselprodukten entstehenden Geruchsstoffe, die während der Rotte durch Umsetzen oder Belüftung der Miete entstehen. Durch die Entwicklung der Mikroorganismen im Rottematerial kann es immer wieder zu einem partiellen Sauerstoffmangel (z.B.: in kleinen anaeroben Nestern) kommen. Eine 100-prozentige aerobe Rotte ist nicht realisierbar. Durch die anaeroben Zonen stellen die Mikroorganismen ihren Stoffwechsel um und bilden die geruchsintensiven, anaerob-aeroben Zwischenprodukte [JAGER et al., 1995]. Durch Umsetzen der Mieten werden diese Geruchsstoffe frei.

Thermophile Phase

Da die leicht abbaubaren Substanzen im Bioabfall mit der Rottezeit abnehmen, nimmt auch die Bildung biogener Geruchskomponenten langsam ab. Gleichzeitig entstehen jedoch abiogene Geruchsstoffe, die auf rein chemischem Wege frei werden, durch Pyrolyse-, Autooxidations- und Maillardprodukte. Mit steigenden

Temperaturen nimmt ihre Bildung zu [EITNER, 1986]. Bei Temperaturen um 80 °C in den ersten zwei Wochen der Rotte kann ein sehr unangenehmer Geruch (süßlich-würzig) mit sehr niedrigem Schwellenwert auftreten [NITHAMMER, 1995]. Solche Substanzen sind meistens über weite Entfernungen wahrnehmbar.

Reifungsphase

In der letzten Phase der Kompostierung werden zunehmend mittel und schwer abbaubare Bestandteile des Biomülls abgebaut. Dabei wird das Substratspektrum verändert, was eine Abnahme der mikrobiologischen Aktivität und einen Rückgang der Temperaturen zur Folge hat. Durch den fortschreitenden Abbau des Sauerstoffverbrauchs wird wieder ein aerobes Milieu geschaffen und die Geruchsemissionen nehmen ab.

Der Kompostierungsprozeß kann bezüglich der freiwerdenden Geruchsstoffe, nach PÖHLE et al. (1993) in drei Phasen eingeteilt werden. In Tabelle 2.2 sind die drei Phasen und ihre Charakteristika zusammengestellt.

Tab. 2.2: Phasen und geruchsaktive Substanzen des Rotteprozesses [angelehnt an PÖHLE et al., 1993]

Rottephase	charakteristische geruchsaktive Substanzen	bestimmender Geruchseindruck	Konzentration [GE/m ³]	Dauer [d]	pH-Wert
I. Saure Startphase	Aldehyde, Alkohole, Karbonsäureester, Ketone, Sulfide, Terpene	alkoholisch - fruchtig	6.000 - 25.000	3 - 14	4,3 - 6,0
II. Thermophile Phase	Ketone, schwefelorganische Verbindungen, Terpene, Ammoniak	süßlich - pilzig, unangenehm - muffig	1.000 - 9.000	4 - 14	Grenze zum basischen Bereich
III. Abkühlungsphase	Sulfide, Terpene, Ammoniak	muffig - pilzig - stechend	150 - 3.000	bis Ende Versuchszeit	-

Kapitel III

Bestimmung von Geruchsstoffströmen und Geruchsimmissionen

Gerüche fallen entsprechend dem Bundes-Immissionsschutzgesetz [BImSchG, 1990] bei Erfüllung bestimmter Kriterien in die Kategorie erheblicher Belästigungen. Diese sind sowohl im Rahmen der Genehmigung neuer emittierender Anlagen, d.h. vorbeugend, als auch gegebenenfalls durch Anordnung nachträglicher Maßnahmen bei bereits bestehenden Anlagen nach dem Wortlaut des Gesetzes zu vermeiden [BOTH et al., 1993].

Obwohl die Geräusch- und Geruchswahrnehmungen sehr ähnlich sind, ist die Bewertung von Gerüchen weitaus schwieriger als die von Geräuschen. Während bei der Geräuschmessung auf eindeutige physikalische Verfahren zurückgegriffen werden kann, kann bei der Geruchsmessung auf den Menschen als nicht immer zuverlässigen "Signaldetektor" nicht verzichtet werden.

Die Frage, ob Geruchsbelästigungen als schädliche Umwelteinwirkungen anzusehen sind, hängt nicht nur von der Immissionskonzentration, sondern auch von der Geruchsart, der tages- und jahreszeitlichen Verteilung der Einwirkungen, dem Rhythmus, in dem die Belästigungen auftreten, von der Nutzung des beeinträchtigten Gebietes sowie von weiteren Kriterien ab [GIR, 1993].

Die Geruchsimmissions-Richtlinie (GIR) des Landes Nordrhein-Westfalen bildet zur Zeit die Grundlage zur Messung von Geruchsemissionen und deren Bewertung. Sie ist inzwischen zur Anwendung in allen Bundesländern empfohlen.

- 1 Ausbreitungsmechanismen von Gerüchen**
- Olfaktometrische Messungen lassen Aussagen zur Geruchsstoffkonzentration am Emissionsort zu. Hieraus sind für die Immissionsseite jedoch keine Aussagen zu treffen. Deshalb ist es von Bedeutung, die Ausbreitungsmechanismen von Gerüchen in der Atmosphäre darzustellen.

Es werden zwei Arten von Geruchsquellen unterschieden:

- definierte Quellen und
- diffuse Quellen.

Bei den definierten Quellen sind die Emissionsbedingungen bekannt:

- Ortslage,
- Emissionszeit,
- Emissionshöhe (z.B. Schornsteinhöhe),
- obere lichte Weite der Quelle,
- Abluftgeschwindigkeit und Abluftmenge,
- Ablufttemperatur und Abluftfeuchte.

Bei diffusen Quellen kann der Abluftstrom überhaupt nicht ermittelt oder nur grob abgeschätzt werden, daher zählen viele Quellen auf Kompostierungsanlagen zu den diffusen Quellen. Die Unkenntnis einer Vielzahl von Faktoren erschwert eine Abschätzung der Ausbreitungssituation.

Bei der Ermittlung der Geruchsfrachten wird zwischen aktiven und passiven Geruchsquellen unterschieden.

Aktive Geruchsquellen, wie z.B. der Biofilter sind Bauteile oder Aggregate einer Anlage, welche während eines Verfahrensschrittes zum Zweck der Belüftung mit einem definierten Volumenstrom durchströmt werden, der sich beim Durchtritt durch das System mit Geruchsstoffen belädt [HOMANS, 1993]. Bei Messung der Geruchsstoffkonzentration mittels Olfaktometer oder FID und der Luftmenge kann somit die Geruchsfracht mit hinreichend hoher Genauigkeit berechnet werden.

Passive Geruchsquellen sind dagegen meist großflächige Bereiche (z.B. Mietenoberflächen), denen bei der Messung der Geruchsabstrahlung kein definierter Volumenstrom zugeordnet werden kann. Damit ist auch die Bestimmung der Geruchsfracht nur schwer möglich. Zu ihrer Bestimmung werden in der Regel Hauben oder Zelte mit definierter Fläche auf die emittierende Fläche aufgesetzt und nach einer festgelegten Zeit die Geruchsstoffkonzentration bestimmt. Um ein

repräsentatives Ergebnis zu bekommen, empfiehlt HARKORT, [1989] die Flächen in mindestens vier gleich große Abschnitte aufzuteilen und die Flächenschwerpunkte zu beproben. Auf diese Weise lassen sich Risse, Rohgasdurchbrüche, Randeffekte und Ungleichmäßigkeiten in der Schüttung feststellen. Bei dieser Methode kann ein künstlicher Luftmassenstrom verursacht werden, der die thermischen Verhältnisse der Miete beeinflusst und somit nur mit grober Näherung die tatsächlichen Geruchsfrachten erfaßt. Für die Ausbreitungsrechnung bedeutet dies, daß sich die Vorhersagegenauigkeit der Immissionsprognose mit zunehmenden Anteil passiver Quellen verschlechtert.

Das Ausbreitungsverhalten von Luftbeimengungen ist neben den vorher genannten Faktoren auch von der Quellenhöhe abhängig, da sich Luftschadstoffe in der Atmosphäre grundsätzlich in der horizontalen und vertikalen Ebene des Raumes ausdehnen und verdünnen. Da Geruchsquellen von Kompostierungsanlagen in der Mehrheit bodennahe Quellen sind, ist zu bedenken, daß die vertikale Ausbreitung in Richtung des Bodens verhindert wird und somit in der oberen Raumhälfte jeweils doppelt so große Konzentrationen entstehen, wie bei allseitiger Ausbreitung im Raum (Annahme der Gauß-Modelle einer vollständigen Reflexion am Erdboden) [SCHULTZ, 1986]. Das Ausbreitungsverhalten von bodennahen Emissionen ist in Abbildung 3.1 dargestellt.

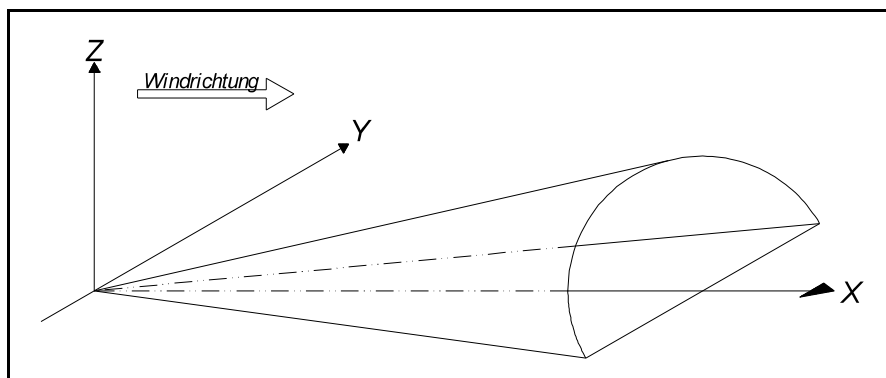


Abb. 3.1: Halbkegelförmige Ausbreitung in Bodennähe [ENGELHARDT, 1982]

Die Geruchsausbreitung ist, wie auf Abbildung 3.1 gezeigt wird, ein dreidimensionaler Vorgang, der sich innerhalb einer unmittelbar auf der Erdoberfläche aufliegenden Luftschicht vollzieht, die Mischungsschicht genannt wird. Die Höhe der Schicht ist in erster Linie abhängig von den Temperaturverhältnissen. Oberhalb der Mischungsschicht herrschen nahezu stabile Luftdruckverhältnisse, so daß ihre Grenze wie ein Deckel wirkt und kein Luftaustausch nach oben stattfindet [KÖSTER, 1996].

Folgende Parameter wirken auf den Transport der aus einer Geruchsquelle emittierten Gase ein:

- Windgeschwindigkeit,
- Windrichtung,
- Temperatur,
- Luftdruck,
- Bewölkungsverhältnisse,
- Sonneneinstrahlung,
- örtliche Gegebenheiten wie Hanglagen, Bepflanzung und Bebauung sowie Wasserflächen.

Sind die Windgeschwindigkeiten konstant, verkürzt sich im allgemeinen die Geruchsentfernung (Geruchsfahne) in Windrichtung einer Quelle mit steigender Mischungsschichthöhe und steigendem Turbulenzgrad. Da beide Faktoren von der Intensität der Sonneneinstrahlung beeinflusst werden, unterliegt die Geruchsentfernung jahres- und tageszeitlichen Schwankungen. Die Ausbreitung in horizontaler Richtung wird hauptsächlich durch die Windgeschwindigkeit bestimmt. Sie verläuft in Windrichtung, aber auch quer zu ihr [KÖ-

STER, 1996].

Bei sonnigem Wetter und damit starkem Temperaturgefälle ist der Geruch mit zunehmender Höhe, mit mächtiger Mischungsschicht und mit hohen Windgeschwindigkeiten nur über kurze Strecken wahrnehmbar. Gegen Abend bzw. nachts flacht das Temperaturprofil ab durch die fehlende Sonneneinstrahlung, was die Situation beträchtlich verschlechtert. Die Gerüche sind in dieser Situation auch noch in großen Entfernungen wahrzunehmen [KRÄMER & KRAUSE, 1977]. Ein Beweis für dieses Phänomen ist, daß die meisten Beschwerden über Geruchsbelästigungen in der Zeit zwischen 18 bis 24 Uhr aufgenommen werden [FRECHEN, 1988].

Sehr ungünstige Verhältnisse für die Geruchsausbreitung liegen bei Inversionswetterlagen vor. Während im Normalfall die Temperatur vom Boden aus mit zunehmender Höhe abnimmt, findet in windstillen Nächten eine Umkehrung des Temperaturgefälles statt (Inversion). Die über der kühleren bodennahen Luftschicht lagernden Luftmassen lassen einen Vertikalaustausch nicht zu.

Im Sommer löst sich diese Sperrschicht morgens nach kurzer Sonneneinstrahlung in der Regel wieder auf. Im Winter dagegen kann es vorkommen, daß die Sonneneinstrahlung nicht intensiv genug ist und die Inversion erst durch eine Wetteränderung und/oder aufkommende Winde beseitigt wird [ENGELHARDT, 1982].

Ein weiterer Faktor, der berücksichtigt werden muß, ist die topographische Lage der Quellen. So ist in Tälern die Lufterwärmung höher und es kommt zu emissionsrelevanten Talwinden. Außerdem ist die Geländeform zu berücksichtigen, da der Strömungsverlauf der Bodenluft sich an die Geländeform anpaßt. Über Seen, Flüssen oder größeren zusammenhängenden Baumassen, welche als Wärmespeicher wirken, kann zusätzlich die Ausbreitungssituation verändert werden [ENGELHARDT, 1982].

Kompostwerke sind als eine bodennahe Quellen anzusehen, deren Emissionen so gut wie keinen Auftrieb erfahren (kalte Quellen). Aus diesem Grund erfolgt die Verdünnung der emittierten Geruchsstoffe vorwiegend in der Horizontalen. Im Gegensatz zu einer hohen Quelle (Schornstein) ist der Vertikalaustausch bei einer bodennahen Quelle nur in einer Richtung möglich. Dies führt dazu, daß Gerüche auch noch in großen Entfernungen wahrgenommen werden, da sie über relativ große Strecken transportiert werden können und innerhalb dieser Strecke nur wenig verdünnt werden. Besonders schwierig wird die Situation, wenn durch eine Wetterlage mit geringen Windgeschwindigkeiten und geringem atmosphärischen Vertikalaustausch die Lage nochmals verschlechtert wird und die Immissionskonzentrationen extrem ansteigen (Inversionswetterlage) [MÜLLER & OBERMEIER, 1989].

2 Bestimmung von Geruchsimmissionen

Nach GIR (1993) ist eine Geruchsimmission als solche zu beurteilen, wenn sie nach ihrer Herkunft aus Anlagen erkennbar, d.h. abgrenzbar ist gegenüber Gerüchen aus dem Kraftfahrzeugverkehr, dem Hausbrandbereich, der Vegetation, landwirtschaftlichen Düngemaßnahmen oder ähnlichem [GIR, 1993].

Grundsätzlich gibt es verschiedene Methoden zur Beurteilung der Erheblichkeit einer Geruchsimmission (Tabelle 3.1). In allen Fällen wird die Geruchsimmission durch einen Wert gekennzeichnet, der ihre zeitliche Wahrnehmbarkeit oberhalb einer bestimmten Intensität (Erkennungsschwelle) beschreibt.

Tab. 3.1: Methoden zur Ermittlung der Geruchsimmissionen [GIR, 1993]

Methode	vorhandene Belastung	Zusatzbelastung
A	olfaktorische Ermittlung der Geruchsimmission durch Probanden und Bestimmung der Häufigkeitsverteilung	Berechnung der Geruchsimmission (GE/m^3) aus der Emission des Geruchsstoffstroms (GE/h) und Bestimmung der Häufigkeitsverteilung
B	Chemisch-analytische Messung der Immissionskonzentration eines Geruchsstoffes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) und Bestimmung der Häufigkeitsverteilung	Berechnung der Immissionskonzentration eines Geruchsstoffes aus chemisch-analytisch ermittelten Emissionsdaten und Bestimmung der Häufigkeitsverteilung (Ausbreitungsrechnung)

Die GIR fordert ähnlich wie die TA Luft für jede zu genehmigende Anlage die vorhandene Belastung IV vor Errichtung der Anlage und die zu erwartende Zusatzbelastung IZ durch die geplante Anlage zu erfassen. Beide werden zur Gesamtbelastung IG zusammengefaßt und anschließend mit den Immissionswerten für Wohn- und Mischgebiete (Tabelle 3.2) verglichen und auf Überschreitung geprüft.

Tab. 3.2: Immissionswerte, angegeben als relative Grenzhäufigkeiten für verschiedene Gebietsausweisungen [GIR, 1993]

Wohn-/Mischgebiet	Gewerbe-/Industriegebiet
0,10 (10 %)	0,15 (15 %)

(in Klammer: Angaben in Prozent der Jahresstunden)

Im Gegensatz zur TA-Luft schreibt die GIR die Ermittlung der vorhandenen Belastung (IV) verbindlich vor. Sie wird in der Regel mit Hilfe von Rasterbegehungen ermittelt [ANONYM, 1993/a].

2.1 Rasterbegehungen

Für die Rasterbegehung müssen zuerst Größe und Form des Beurteilungsgebietes festgelegt werden. Diese sind je nach Flächennutzung und Art der Geruchsquelle unterschiedlich. Nach GIR ist das Beurteilungsgebiet mit einem solchen Radius auszulegen, daß der kleinste Abstand vom Rand der Flächenquelle 600 m beträgt. Danach wird das Gebiet in ein quadratisches Raster eingeteilt, welches die Abstände 1000, 500, 250 oder 125 m haben kann; die Richtlinie sieht 250 m vor. Ungünstig gelegene Meßpunkte können um maximal 25 % der Rasterweite verschoben werden. In Gebieten, in denen sich nur selten Menschen aufhalten (z.B. landwirtschaftliche Flächen) können auch Meßstellen eingespart werden. Nach VDI 3940 beträgt die Beurteilungszeit ein Jahr und nur in Ausnahmefällen ein halbes Jahr. Nach der Immissionsschutz-Richtlinie gilt bereits ein halbes Jahr als repräsentativ. Innerhalb der Beurteilungszeit müssen je nach Anforderung pro Meßpunkt und Jahr 13 bzw. 26 voneinander unabhängige Einzelmessungen durchgeführt werden. Insgesamt sind das 52 bzw. 104 Meßtage je Beurteilungsfläche und Jahr. Damit die Messungen repräsentativ sind, müssen Jahres-, Wochen- und Tageszeit berücksichtigt werden (Wochenende, Feiertag, nachts) [NITHAMMER, 1995]. Die Begehung der Meßstellen ist in ihrer Reihenfolge so festzulegen, daß benachbarte Meßstellen an unterschiedlichen Tagen begangen

werden. Dies stellt sicher, daß bei der räumlich gleitenden Auswertung für jede Beurteilungsfläche und Meßperiode jeweils 4 unterschiedliche Meßtage in die Kenngrößenermittlung eingehen [GIR, 1993].

Vor Ort werden von den Probanden erkennbare, anlagenspezifische Gerüche, falls erforderlich differenziert für unterschiedliche Geruchsqualitäten, ermittelt. Der Geruchseindruck wird nur in Form einer Ja/Nein-Aussage ("Es riecht / Es riecht nicht") festgehalten. Die Geruchsintensität und die hedonische Tönung sind nicht zu erfassen.

Die jeweilige individuelle Geruchsempfindlichkeit der Probanden ist vorab zu testen. Probanden, bei denen die olfaktometrisch ermittelte Geruchsschwelle für Schwefelwasserstoff oberhalb von 6 oder unterhalb von 1,5 µg/m³ liegt, sind von der Teilnahme an der Erhebung auszuschließen [GIR,1993].

Um die Häufigkeit und Dauer des Auftretens von Gerüchen beschreiben zu können, muß der Proband sich an einem Meßpunkt 10 Minuten aufhalten. Innerhalb dieses Zeitraumes prüft er die Stelle auf erkennbare Gerüche hin.

Zur Quantifizierung der erkannten Gerüche innerhalb des Zeitintervalls können zwei Methoden angewandt werden [BOTH et al., 1993]:

1. Der tatsächliche Zeitanteil vom Auftreten bis zum Abklingen des Geruchs wird mit Hilfe elektronischer Aufzeichnungsgeräte protokolliert. Ab 10% der Zeit des Meßintervalls mit Geruch ist das Kriterium der Geruchsstunde erfüllt.
2. Die Geruchsabfrage erfolgt getaktet (10 Sekunden-Takt), d.h. sechs Mal in der Minute bzw. 60 mal bei einem Meßzeitintervall von zehn Minuten. Ab 6 Takte mit Geruch ist das Kriterium der Geruchsstunde erfüllt.

Der zehnmütige Aufenthalt an der Meßstelle wird als repräsentativ angesehen für eine fiktive Aufenthaltsdauer von einer Stunde, daraus leitet sich der Begriff "Geruchsstunde" ab.

Mit der Methode der Rasterbegehung wird die Geruchsimmissionssituation in einem bestimmten Gebiet in Form von Geruchsstundenhäufigkeiten erfaßt. Mit folgender Formel kann die vorhandene Belastung damit berechnet werden:

$$IV = k * n/N$$

N = Erhebungsumfang
 n = Summe der Geruchsstunden
 k = Korrekturfaktor (Tabelle 3.3)

Tab. 3.3: Korrekturfaktor k in Abhängigkeit vom Erhebungsumfang N sowie der Gebietsausweisung [GIR, 1993]

Erhebungsumfang N	Wohn-/Mischgebiete	Gewerbe-/Industriegebiete
52	1,7	1,6
104	1,5	1,3

Die zu erwartende Zusatzbelastung (IZ) wird mit Hilfe einer Ausbreitungsrechnung ermittelt. Die Ausbreitungsrechnung hat in Anlehnung an die Richtlinie VDI 3782 Bl. 4 auf der Basis von 1 GE/m³ zu erfolgen.

Die Formel zur Berechnung von IZ lautet wie folgt:

$$IZ = n/(9 * 8760)$$

n = Summe der Geruchsstunden an den 9 Aufpunkten einer Beurteilungsfläche
 8760 = Anzahl der Stunden eines Jahres

Die zu erwartende Gesamtbelastung erfolgt durch die arithmetische Addition von IV und IZ:

$$IG = IV + IZ$$

Trotz bestehender oder zu erwartender Überschreitung der Immissionswerte können Anlagen genehmigt werden, wenn die Zusatzbelastung (IZ) nicht mehr als 20 % des Immissionswertes für Wohn-/Mischgebiete ausmacht (Irrelevanzklausel) [BOTH et al., 1993].

2.2 Fahnenbegehung

Die gebräuchlichste Methode zur Ermittlung eines anlagenspezifischen Geruchs in der Umgebung einer Emissionsquelle ist die Fahnenbegehung.

Die Geruchsfahne einer Emissionsquelle ist das Gebiet, in dem die Geruchshäufigkeit 5 % oder mehr beträgt. Die Fahngrenze ist per Definition erreicht, wenn die Geruchshäufigkeit oder der Geruchszeitanteil 10 % beträgt. Die Fahnenachse ist die Linie in Ausbreitungsrichtung, in der in Bodennähe das Maximum der Geruchshäufigkeit oder des Geruchszeitanteils liegt. In der Regel fällt sie mit der Windrichtung zusammen. Die Windrichtung wird 2 m über Grund (potentieller Immissionsbereich) gemessen [ANONYM, 1993/a].

Die gesamte Messung besteht aus drei Schnittmessungen senkrecht zur Ausbreitungsachse mit jeweils 5 Meßpunkten bzw. 5 Probanden (Abb. 3.2). Die Meßdauer sollte 10 Minuten betragen und quer zur aktuellen Windrichtung erfolgen. Die Abstände richten sich nach der zu erwartenden Ausdehnung der Geruchsfahne, sie müssen allerdings nicht alle gleich groß sein.

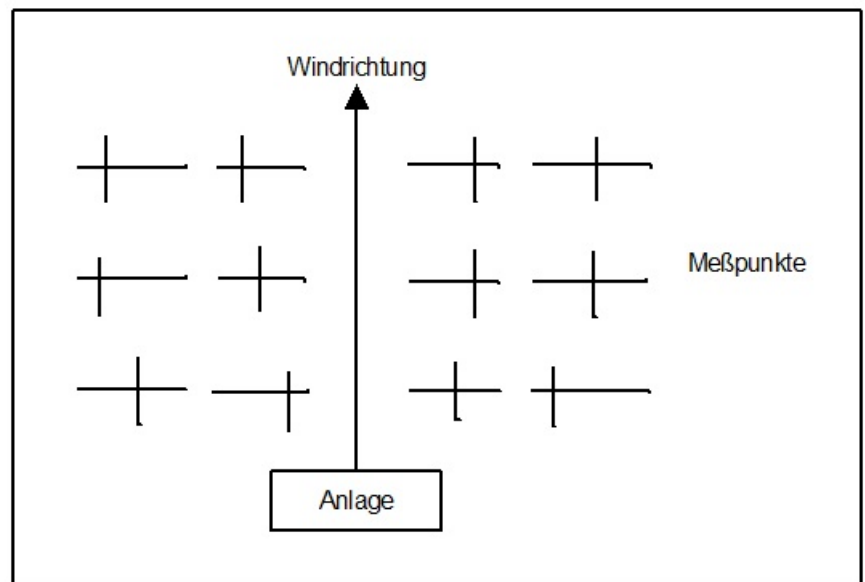


Abb. 3.2: Meßstellenplan der Fahnenmessung im Lee der Quelle [ANONYM, 1993/a]

Die Ausdehnung der Geruchsfahne wird bestimmt durch:

- die Größe der Emissionsquelle,
- den Geruchsstoffstrom,
- die Ausbreitungsparameter,
- Bebauung und
- Topographie.

Die Fahnenmessung eignet sich zur Kalibrierung des Ausbreitungsmodells, wobei berechnete und durch Fahnenbegehung bestimmte Konzentrationswerte vergli-

chen werden. Diese Methode wird vor allem eingesetzt, wenn die Messungen der Geruchsstoffströme wegen meßtechnischer Schwierigkeiten (diffuse Quellen, Flächenquellen) abgesichert werden müssen.

2.3 Ausbreitungsrechnung

Mit Hilfe von olfaktometrischen Messungen der Fahnenbegehung wird der Geruchsstoffstrom einer Anlage ermittelt. Dieser und die für den Standort repräsentative Ausbreitungsklassenstatistik (meteorologische Daten) bilden die Grundlage für die Ausbreitungsrechnung. Die Statistiken dieser Daten werden in der Regel vom Deutschen Wetterdienst über einen Zeitraum von 10 Jahren ermittelt. Nach TA-Luft ist die Übertragbarkeit dieser Statistiken auf den jeweiligen Standort einer Anlage zu prüfen [TA-LUFT, 1996]. Insbesondere gilt dies für die Windrichtungsverteilung, da ihr, wie in Kapitel 3.1 beschrieben, eine besondere Bedeutung zukommt. Zur Kontrolle sollten am Standort selbst Windrichtungsmessungen durchgeführt werden, um gegebenenfalls die Ausbreitungsklassenstatistik zu modifizieren.

Da die vorher ermittelten Emissionsdaten Grundlage für die Ausbreitungsrechnung sind, ist ihre Genauigkeit für die Qualität der Ausbreitungsrechnung von entscheidender Bedeutung. Auch die Ausbreitungsrechnung selbst ist nicht fehlerfrei. Nach BOTH (1992) ist dies vor allem auf die Einführung des Faktors 10 im TA-Luft-Modell zurückzuführen. Parallel zum TA-Luft-Modell wird für die Geruchsausbreitung noch das Modell nach der VDI-Richtlinie 3782, Bl. 4 angewendet. Ein neues Modell (DASIM-ODEUR) wurde an der TH Darmstadt entwickelt, es kommt jedoch zur Zeit noch nicht zum Einsatz. Dieses Modell soll die Schwächen des TA-Luft-Modells beheben. Der entscheidende Fehler des TA-Luft-Modells ist nach MANIER (1994), daß die getroffene Annahme ein Windfeld sei räumlich konstant, nicht mit der Realität übereinstimmt. So ändern sich Windrichtung und Windgeschwindigkeit mit der Höhe, unterschiedliche Bodenrauigkeit bewirkt eine Veränderung in der Horizontalen des Windfeldes. Nach MANIER (1994) entspricht die TA-Luft nicht mehr dem Stand der Technik.

Da dieses Modell zur Zeit noch nicht allgemein Anwendung findet, wird im Folgenden von den zwei vorher genannten Modellen ausgegangen.

Für die Berechnung der Geruchsausbreitung müssen die Immissionskonzentrationen, ab der die Geruchshäufigkeiten berechnet werden sollen, und die Immissionszeitbewertung vorgegeben werden. Diese ermittelten Werte sind dann mit den Grenzwerten zu vergleichen. Die Vorgaben differieren zur Zeit zwischen 1 und 10 GE/m³ bzw. 3 und 6 Minuten. Für die geplante Immissions-Richtlinie ist eine Zählschwelle von 1 GE/m³ und eine Immissionszeitbewertung von 6 Minuten vorgesehen. Weitere Angaben sind:

- die Quellhöhe in m,
- die Abgasfahnenüberhöhung in m,
- die Emissionsdauer in h/a,
- die Koordinaten der Quelle und
- den Geruchsstoffstrom (Geruchsfracht) in GE/h.

Der zu ermittelnde Geruchsstrom q_G ist das Produkt aus der olfaktorisch ermittelten Konzentration c_G und dem Volumenstrom V . Im Fall der Kompostierungsanlagen, bei denen in der Regel sehr viele schwer zu bestimmende Flächenquellen existieren, können die Geruchsfrachten auch durch Kombination der Ausbreitungsrechnung mit Probandenbegehungen ermittelt werden [KETTERN & KÖSTER, 1992].

Von folgender Annahme wird dabei ausgegangen:

q_{Gi} (GE/h) Geruchsstoffstrom der i -ten Flächenquelle

$$q_{Gi} = c_{Gi} * F_i * f$$

c_{Gi} (GE/m ³)	gemessene Geruchskonzentration der i-ten Flächenquelle	f (m/h)	Proportionalitätsfaktor
		F_i (m ²)	Fläche der i-ten Flächenquelle

Im Lee der geruchsrelevanten Emittenten werden die Geruchshäufigkeiten mittels Probandenbegehungen ermittelt. In den Ausbreitungsrechnungen wird der Proportionalitätsfaktor f solange variiert, bis die quadratische Abweichung zwischen den berechneten und den durch Begehungen bestimmten Wahrnehmungshäufigkeiten minimal wird. Bei einer Vielzahl von Begehungen an mehreren Kompostierungsanlagen konnte ein mittlerer Faktor von $f = 10$ ermittelt werden [TÜV, 1992].

2.4 Befragungen von Anwohnern

Die Beziehung zwischen Stoffemission, Wahrnehmung und Geruchsbelästigung ist bis heute bei geplanten Anlagen schwer ermittelbar. Die Bestimmung von vorhandenen Belästigungen ist sicherer und "einfacher". Drei Methoden stehen dabei zur Verfügung [NITHAMMER, 1995]:

1. Die Erfassung von Beschwerden (Beschwerdestatistik)
2. Die systematische Einmalbefragung in definierten Beurteilungsgebieten anhand von Fragebögen und
3. Die systematische Mehrfachbefragung von ortsansässigen Probanden zur Bestimmung von Häufigkeit und zeitlichem Verlauf der Geruchseinwirkungen [ANONYM, 1994/a].

Über Befragungen können in einem Beurteilungsgebiet Häufigkeit und Grad der Belästigung bestimmt werden. Die systematische Einmalbefragung wird in einem Gebiet über einen längeren Zeitraum durchgeführt. Dadurch ergibt sich eine repräsentative Wiedergabe der Bevölkerung. Systematische Mehrfachbefragungen werden vor allem bei einzelnen Geruchsereignissen angewendet. Die Fragebögen enthalten dabei folgende Informationen:

- Häufigkeit und Dauer von Geruchseinwirkungen,
- die subjektive Einstufung empfundener Störungen und die Zumutbarkeit von Belästigungen,
 - Reaktionen und Verhaltensänderungen,
 - Quellen und Zeitpunkte von Geruchsimmissionen,
 - die Zufriedenheit der Bewohner mit der Wohnumgebung.

Bewertung und Vergleich von Geruchsdaten

Kapitel IV

Seit vielen Jahren gibt es die Geruchsdatenermittlung mittels Olfaktometer. In dieser Zeit haben sich die Technik der Geräte, die Anforderungen an die Messungen und die Gesetzesvorlagen für Geruchsmessungen stark verändert. Dies und die Tatsache, daß jede Messung unter anderen Voraussetzungen (unterschiedliche Pro-banden, unterschiedliche Zeitpunkte der Messungen z.B. Sommer/Winter usw.) durchgeführt wird, führen dazu, daß einzelne Meßdaten nur schwer miteinander zu vergleichen sind.

Die Schwierigkeit der Vergleichbarkeit wird von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Messungen unterschiedlicher Institute
- Messungen bei unterschiedlichen Wetterbedingungen (z.B.: Winter, Sommer)
- Messungen unterschiedlichen Alters
- Messungen mit unterschiedlichen Olfaktometern und unterschiedlichen Probanden

Messungen unterschiedlicher Institute

Von MANNEBECK & PADUCH (1992) wurde ein Ringvergleich von vier Meßinstituten durchgeführt mit unterschiedlichen Olfaktometern (IPT 1158, TO6, Ströhlein, MEO 5 [ESSERS, 1992]). Dabei wurden zwei Geruchsstoffe, n-Butanol und Dibutylamin eingesetzt. Jedes Meßinstitut bekam jeden Geruchsstoff in drei Konzentrationen und in drei Wiederholungen in einem 50 Liter Nalophan-Beutel zur Verfügung gestellt. Die Reihenfolge der einzelnen Konzentrationen war den Probanden nicht bekannt. Einzige Vorgabe war die Anzahl der Probanden mit 4.

In Tabelle 4.1 sind Verdünnungszahlen berechneter Geruchsschwellen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der vier verschiedenen Versuchsteilnehmer für zwei Geruchsstoffe und verschiedenen Konzentrationen aufgeführt [BOTH, 1993]. Die Ergebnisse zeigen, daß sich die von einem Meßinstitut ermittelten Geruchsschwellen für n-Butanol maximal um den Faktor 6 (Teilnehmer D) und für Dibutylamin maximal um den Faktor 4 (Teilnehmer A und D) unterscheiden. Beim Vergleich der Meßinstitute untereinander ergibt sich für n-Butanol ein maximaler Faktor von 8 und für Dibutylamin von 15.

Außerdem geht aus Tab. 4.1 hervor, daß keine Korrelation zwischen den ermittelten Geruchsschwellen und den angebotenen Geruchsstoffkonzentrationen besteht. Infolgedessen können die neun Meßwerte wie die Ergebnisse von Wiederholungsmessungen betrachtet werden.

Tab. 4.1: Geruchsschwellen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] der Versuchsteilnehmer (A, B, C, D) je Beutelprobe (=Einzelmessung) [BOTH, 1993]

n-Butanol		Geruchsstoffkonzentration [mg/m^3]								
		970	970	970	1940	1940	1940	3880	3880	3880
A	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	216	137	115	218	162	121	259	228	194
B		237	651	439	362	710	585	230	338	273
C		334	571	539	539	451	669	456	579	539
D		545	405	428	212	84	128	342	440	179
Dibutylamin		Geruchsstoffkonzentration [mg/m^3]								
		455	455	455	910	910	910	1820	1820	1820
A	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	331	1138	687	535	827	506	520	289	700
B		1813	1813	1850	3840	1358	3043	2510	4313	1209
C		1422	1422	1468	1685	1282	1444	1517	1400	1400
D		870	636	1207	1058	1020	1162	1844	2642	1584

Auch bei Rasterbegehungen ist mit Abweichungen von Ergebnissen gleicher Meßdurch-

fürungen zwischen verschiedenen Instituten zu rechnen. Durch die Landesanstalt für Immissionsschutz in Essen wurde 1991 ein Ringversuch durchgeführt anhand von Rasterbegehungen [BOTH, 1993]. An 45 festgelegten Beurteilungsflächen mit insgesamt 60 Meßstellen im Abstand von 500 m wurden in der Zeit von Juni bis Oktober 1989 52 mal Begehungen durchgeführt. Jedes Meßinstitut verwendete dabei sein eigenes Probandenteam.

Es konnte festgestellt werden, daß die Methode der Rasterbegehung zur Geruchsimmissionsmessung grundsätzlich geeignet ist, da alle Teilnehmer eine abnehmende Geruchsimmissionsbelastung mit zunehmender Entfernung zur Quelle fanden. Allerdings muß die Vergleichbarkeit dieser Ergebnisse hinterfragt werden [BOTH, 1993].

Mit der folgenden Abbildung 4.1 wird das Ergebnis des Ringversuches dargestellt, indem die ermittelten Geruchshäufigkeiten (in % der Jahresstunden) in Abhängigkeit von der Entfernung zum Emittenten aufgetragen wurden.

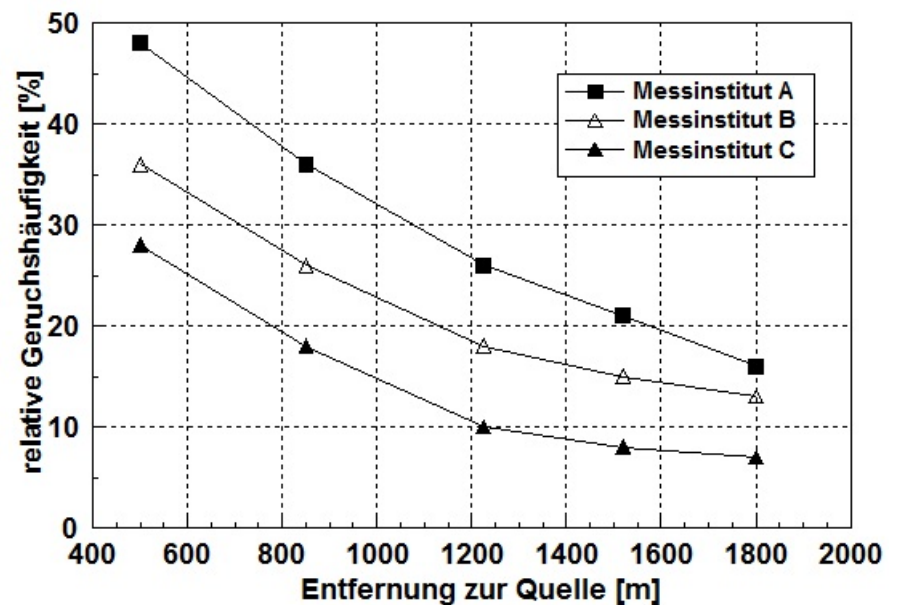


Abb. 4.1: Ermittelte Geruchshäufigkeiten unterschiedlicher Meßinstitute [BOTH, 1993]

Aus der vorherigen Abbildung ist ersichtlich, daß zwischen den Ergebnissen der Meßinstitute A, B und C ein erheblicher Unterschied besteht, der sich im Mittel wie 1 : 2 : 3 verhält.

Aus den Ergebnissen lassen sich folgende Qualitätskriterien für Begehungen festlegen:

- Standardisierung des Meßverfahrens, z.B. durch Festlegung von Probandenauswahlkriterien und einer Vorschrift zur Einweisung der Probanden,
- Durchführung weiterer Vergleichsbegehungen

Messungen bei unterschiedlichen Wetterbedingungen

Für die Bewertung von Geruchsdaten ist außerdem von Bedeutung, bei welchen Temperaturbedingungen die Geruchsmessungen durchgeführt wurden. Da die Stoffe, die Geruchseindrücke hervorrufen, leichtflüchtige Stoffe sind, die temperaturabhängig sind, ist nicht nur die Temperatur an der Geruchsquelle, sondern auch die Tagestemperatur von Bedeutung. In den Sommermonaten treten demnach weitaus größere Geruchskonzentrationen auf der Anlage auf als im Winter. Bei der überwiegenden Anzahl der vorliegenden Messungen ist außerdem nicht sicher zu bestimmen, zu welcher Jahreszeit die Messungen durchgeführt wurden.

Messungen unterschiedlichen Alters

Das Problem der Messungen unterschiedlichen Alters ist auch auf die Benutzung von unterschiedlichen Olfaktometern zurückzuführen. Wie jede Technik erfahren auch die Olfaktometer eine ständige Verbesserung ihrer Eigenschaften.

Messungen mit unterschiedlichen Olfaktometern und unterschiedlichen Probanden

Die olfaktometrische Messung selbst, auch im Vergleich zweier identischer Olfaktometer, ist immer noch abhängig von sehr vielen verschiedenen Randbedingungen, die noch nicht eindeutig qualifizierbar und quantifizierbar sind. Diese Faktoren können wie folgt formuliert werden [JAGER et al., 1995]:

- Umgebungstemperatur (Probenahme/Labor/Riechprobe),
- Luftfeuchte (Probenahme/Riechprobe),
- Luftdruck,
- Alter der Probanden,
- Physiologie (Beeinträchtigung des Geruchssinns, partielle Anosmie),
- Habituation und Lebensgewohnheiten (z.B.: Rauchen)

Nach HABENICHT (1992) können je nach eingesetztem Probandenkollektiv oder nach Tagesform des gleichen Kollektivs Geruchsschwellenkonzentrationen von Schwefelwasserstoff (H₂S) zwischen 0,08 und 8 µg/m³ festgestellt werden. Die VDI 3881 nennt dazu Werte von 0,3 bis 15 µg/m³ und in anderer Literatur sind Werte zwischen 0,06 und 63 µg/m³ zu finden mit einer Häufigkeitsverteilung, deren Maximum bei 3 - 4 µg/m³ liegt. In Tabelle 4.2 ist die Geruchsschwellenstreuung innerhalb eines Probandenkollektivs aufgeführt.

Wie in der Tabelle ersichtlich, streuen die Werte vor allem durch die unterschiedlich hohen Geruchsstoffkonzentrationen. Auffällig ist hier, daß die Geruchsschwelle am höchsten ist, wenn die Konzentration am niedrigsten liegt.

Tab. 4.2: Geruchsschwellenstreuung eines Probandenkollektivs, konzentrationsabhängig [HABENICHT, 1992]

H ₂ S [mg/m ³]	Geruchsstoff- konzentration [GE/m ³]	Geruchsschwelle H ₂ S [µg/m ³]
28,40	12.200	2,32
14,20	5.800	2,45
2,84	920	3,08

In Abbildung 4.2 sind Vergleichsuntersuchungen von Geruchsstoffkonzentrationen der zwei Olfaktometer TO 6 und IPT 1158 im Verhältnis zueinander (Trend) dargestellt [HABENICHT, 1992].

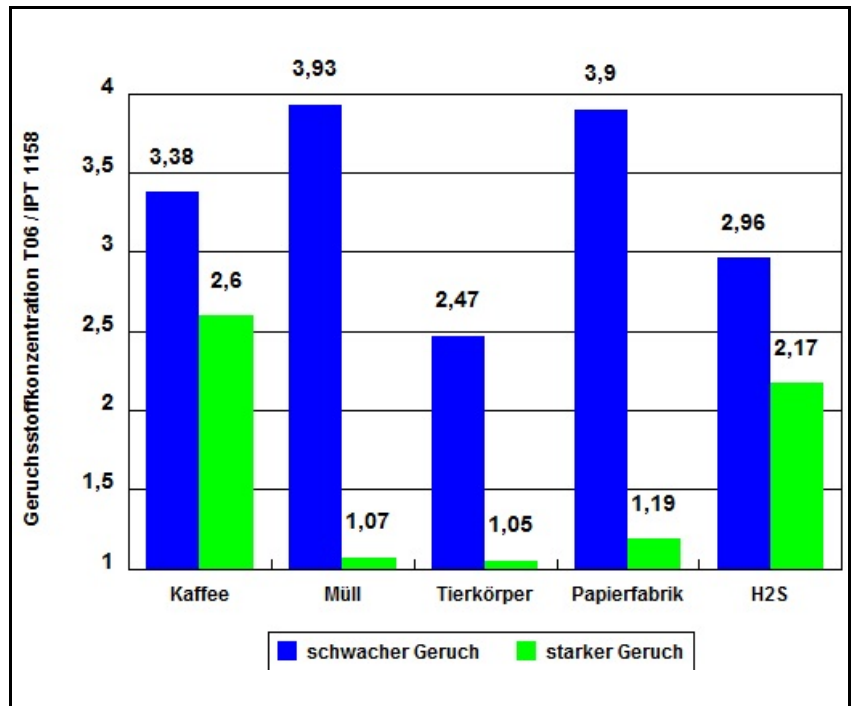


Abb. 4.2: Verhältnis von Geruchsstoffkonzentrationen mit TO 6 und IPT 1158 bei schwachen und starken Gerüchen [angelehnt an HABENICHT, 1992]

Bei dieser Darstellung wird deutlich, daß der Unterschied (Verhältnis T06 zu IPT 1158) zwischen den Konzentrationen um so höher ist, je schwächer die Gerüche wahrnehmbar sind. Dabei konnten bei geringen Konzentrationen (kleiner als 1.000 GE/m^3) Unterschiede zwischen den beiden Olfaktometern festgestellt werden, die bis zum 4-fachen (3,93) unterschiedlich waren, wobei die mit TO 6 gemessenen Konzentrationen immer höher lagen als die von IPT1158 gemessenen. Bei starken Geruchswahrnehmungen (größer als 10.000 GE/m^3) liegen die Geruchskonzentrationen von T06 um ein 3-faches (2,96) höher als die Konzentrationen, die vom IPT1158 gemessen wurden.

Schon während eines Tagesganges können durch dasselbe Probandenteam unterschiedliche Geruchsstoffkonzentrationen ermittelt werden (Tab. 4.3). Diese Unterschiede sind durch die vorher bereits aufgelisteten Faktoren entstanden.

Tab. 4.3: Vergleichsuntersuchungen von Geruchsstoffkonzentrationen an zwei verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Tageszeiten [angelehnt an HABENICHT, 1992]

Probe	1. Tag		2. Tag	
	vormittags	nachmittags	vormittags	nachmittags
Probe 1	4.800	5.200	6.300	5.800
Parallelprobe	4.598	4.096	7.298	6.889
Probe 2	13.777	12.274	11.585	14.596
Parallelprobe	13.274	13.004	14.596	19.48

Bei der Vielzahl von möglichen Einflußgrößen auf die olfaktometrische Messung wird deutlich, daß die Qualitätssicherung von Geruchsmessungen in Zukunft eine größere Rolle spielen muß als bisher. Schon aufgrund aus der Tatsache, daß die aus verschiedenen Messungen abgeleiteten Bewertungskriterien angewandt wer-

den, um Entscheidungen über die Genehmigung einer Anlage zu fällen.

Kapitel V

Baumuster für Kompostierungsverfahren und die zugehörigen Geruchsemissionen

1 Kompostierungsverfahren und deren Einteilung in Baumuster

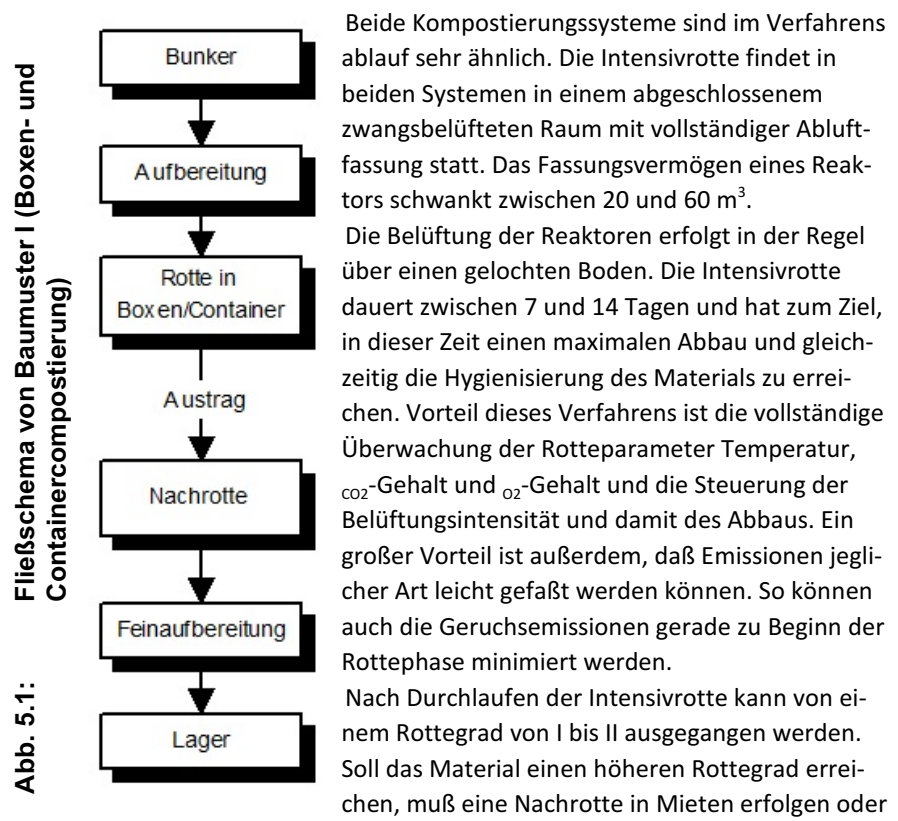
In der Bundesrepublik Deutschland gibt es zur Zeit ca. 380 Kompostanlagen, die etwa 4,1 Mio. Tonnen Material verarbeiten [WIEMER & KERN, 1996]. Die Verfahrensvielfalt innerhalb dieser großen Anzahl von Anlagen beinhaltet zur Zeit 26 verschiedene Kompostiersysteme [WIEMER & KERN, 1996]. Diese sind einem ständigen Wechsel an Verfahrensanbietern und -herstellern unterworfen.

Um die Handhabung der verschiedenen Systeme für den Anwender einfacher zu gestalten und den Überblick zu bewahren, wurden ähnliche Systeme in einer Gruppe oder einem Baumuster zusammengefaßt. Die zur Zeit auf dem Markt zur Verfügung stehenden Kompostierungssysteme wurden in 6 Baumuster wie folgt eingeteilt:

- Baumuster I Boxen- und Containerkompostierung
- Baumuster II Tunnel- und Zeilenkompostierung
- Baumuster III Rottetrommel
- Baumuster IV Mietenkompostierung, belüftet
- Baumuster V Mietenkompostierung, unbelüftet
- Baumuster VI Sonderverfahren (Brikollare-Kompostierung, Turmkompostierung)

Zur Vereinfachung wurden alle Verfahrensschritte, die der Aufbereitung (z.B.: Metallabscheidung, Homogenisierung Siebung, etc.) dienen in einen Block "Aufbereitung" vereinigt. Das gleiche gilt auch für den Block "Feinaufbereitung". Die einzelnen Blöcke werden in Kapitel 5.2 näher beschrieben. Diese Anlagenmodule werden in Folge als allgemeine Verfahrensschritte beschrieben.

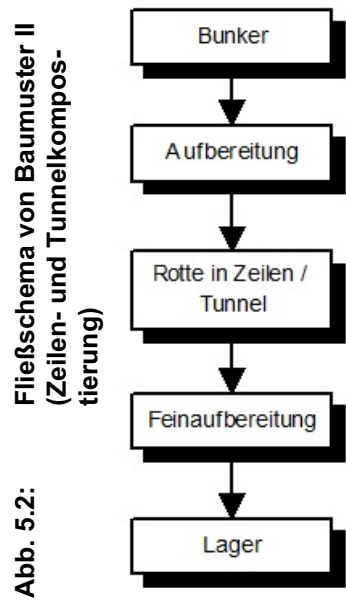
Boxen- und Containerkompostierung (Baumuster I)



Bei beiden Systemen gibt es Ausführungen mit und ohne Umsetzgerät. Der wesentliche Unterschied der beiden Systeme liegt vor allem im Transport des Materials in die Intensivrotte und die Nachrotte. In der Boxenkompostierung wird das Material durch einen Radlader oder mittels Bänder in die Box verfüllt und auch in

die Nachrotte transportiert. Bei der Containerkompostierung wird der gesamte Container nach der Befüllung mit Bioabfall mit einem Kran oder einem LKW an seinen Rotteplatz gebracht und nach Beendigung der Intensivrotte mittels Kran oder LKW wieder geleert. Zu den Firmen, die zur Zeit geschlossene Boxen- bzw. Container - Systeme anbieten gehören z.B.: Herhof, ML, Strabag, Thöni und Kirow. In Abbildung 5.1 ist Baumuster I als Fließschema dargestellt.

Tunnel- und Zeilenkompostierung (Baumuster II)



Bei der Zeilenkompostierung wird der Biomüll in nach oben offenen Rottezeilen, die durch feste Zwischenwände getrennt sind, gerotet. Jede Zeile wird separat belüftet und durch ein spezielles Umsetzgerät umgesetzt. Das System der Zeilenkompostierung wird von der Fa. Sutco angeboten. Zu dieser Gruppe gehören auch die offenen Rottemodule der Fa. BRV und Compaq. Bei der Tunnelkompostierung sind die Zeilen nach oben geschlossen. Damit ist das Abluftvolumen sehr gering gehalten und die Geruchsemissionen während der ersten Phase der Rotte sind minimiert, ähnlich wie bei Boxen bzw. Containern. Es werden Tunnel mit und ohne Umsetzer angeboten. Einige Anbieter (mit und ohne Umsetzgerät), die zur Zeit auf dem Markt sind, sind AE&E, Deutsche Babcock, Passavant, Gicom, Geotec, Horstmann, Umweltschutz Nord und

VAR. Eine Besonderheit bietet der Anbieter Passavant, bei dem nicht jeder Tunnel einzeln geschlossen ist. Die Tunnel sind zu Gruppen zusammengefaßt.

Beide Verfahren werden heute vor allem als Vor- beziehungsweise Intensivrotte genutzt, nach der in jedem Fall eine Nachrotte erfolgen muß, wenn Fertigkompost hergestellt werden soll. Wenige Hersteller bieten die gesamte Rottezeit in Tunnelsystemen an, deren Rottedauer von 7 bis 11 Wochen reicht. In Abb. 5.2 ist Baumuster II als Fließschema dargestellt.

Rottetrommel (Baumuster III)

Rottetrommeln haben ihre Verbreitung vor allem im Bereich der Gesamtmüllkompostierung. Durch die drehende Bewegung der Trommel wird das zu kompostierende Material durchmischt, also homogenisiert und zerkleinert bei gleichzeitiger Belüftung. Die Trommel kann nur als Vorrotte oder Intensivrotte genutzt werden. Die Vorbehandlungsdauer beträgt je nach Anlage 1 bis 7 Tage. Trommelsysteme mit kurzen Aufenthaltszeiten haben vor allem die Aufgabe der optimalen Aufbereitung des Materials. Eine Hygienisierung findet hierbei erst in der Nachrotte statt. Anbieter von Rottetrommeln sind zur Zeit: Altwater, Envital, Horstmann und Lescha. In Abbildung 5.3 ist das Fließschema des Systems Rottetrommel dargestellt. Die beiden Linien vor und nach der Rotte sind als Alternativen anzusehen, da die verschiedenen Anbieter mit beiden Varianten am Markt sind.

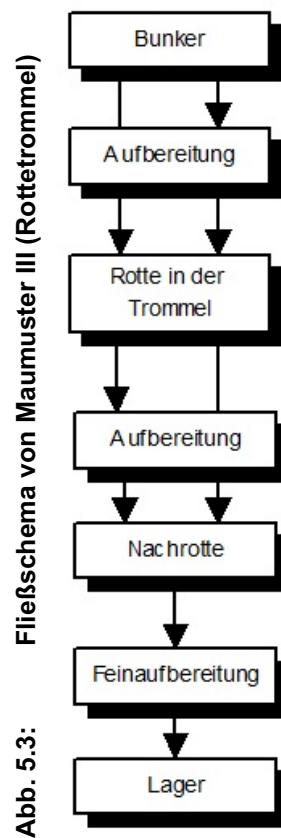


Abb. 5.3:

Belüftete Mietenkompostierung (Baumuster IV)

Bei großen Inputmengen werden - aufgrund der Geruchsentstehung durch die Zwangsentlüftung sowie der Reduzierung der Rotteflächen - gekapselte Rottesysteme, meistens in Form von Tafelmieten eingesetzt. Die Mieten werden in der Regel automatisch umgesetzt. Die Belüftung erfolgt über Druck-, Saug oder Kombinationsverfahren. Gesteuert wird anhand der Parameter O_2 - beziehungsweise CO_2 -Gehalt der Mietenabluft. Die Mietenhöhen liegen bei ca. 3,0 m. Laut Hersteller kann in 8 bis 12 Wochen bei diesen Verfahren Fertigkompost hergestellt werden. Folgende Firmen bieten z. Zt. geschlossene, belüftete Mietenkompostierungssysteme an: Bühler, Thyssen, Koch-AE&E, Horstmann, Mabeg, Noell, Rethmann, B.Ö.L..

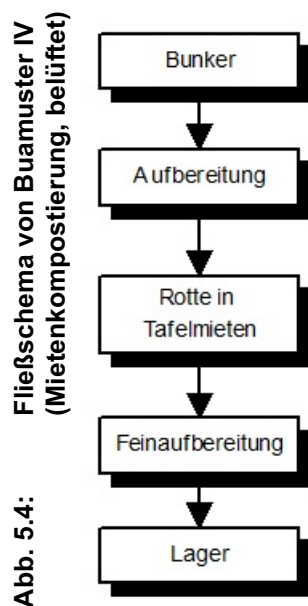
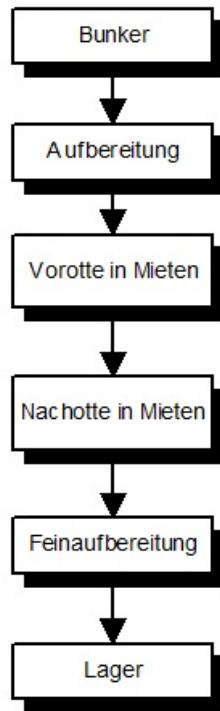


Abb. 5.4:

Unbelüftete Mietenkompostierung (Baumuster V)

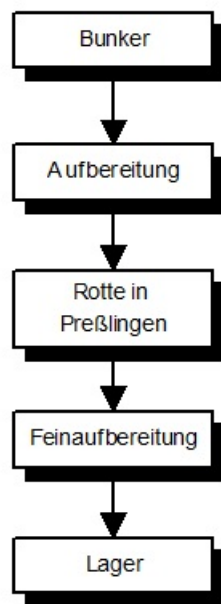
Die älteste und einfachste Form der Kompostierung ist die unbelüftete Mietenkompostierung. Hierbei wird in der Regel ein Haufwerk von Bioabfall und Strukturmaterial nicht überdacht aufgeschüttet (Freilandmieten). Hierzu ist ein bestimmtes Mindestvolumen nötig, damit die Miete nicht zu schnell auskühlt. Die Mieten werden natürlich belüftet. Bei der natürlichen Belüftung kommen in der

Abb. 5.5: Fließschema von Baumuster V (mietenkompostierung, unbelüftet)

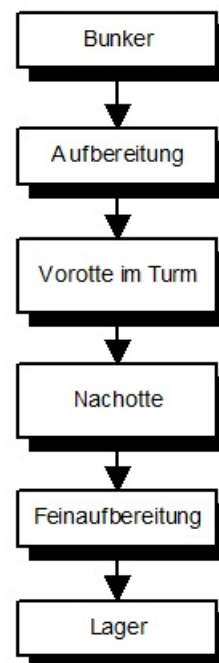


Regel Dreiecksmieten zur Anwendung mit einer maximalen Höhe von 1,50 m, damit die Versorgung der Mikroorganismen mit Sauerstoff sichergestellt ist. Außerdem erfolgt das Umsetzen der Mieten mit Radlader oder Umsetzmaschine. Durch das Umsetzen wird das Haufwerk gelockert und somit belüftet. Auch hier ist eine Maximalhöhe von 1,5 m sinnvoll. Sind die Mieten höher (bis 3,0 m), muß eine Belüftung über die Bodenplatte erfolgen. Hier sollte der Saugbelüftung aufgrund der Geruchsentstehung durch die offene Bauweise der Vorzug gegeben werden. Die abgesaugte Luft muß einem Biofilter zugeführt werden. Die Rottezeit dauert, je nach Umsetzhäufigkeit, 3 bis 6 Monate. Diese Verfahrensart wird vor allem bei kleineren Inputmengen unter 6.500 Mg/a eingesetzt.

Abb. 5.6: Fließschemata von Baumuster VI (Brikollare- [li] und Turmkompostierung [re])



Sonderverfahren (Baumuster VI)



Innerhalb dieser Ausarbeitung werden zwei Sonderverfahren vorgestellt. Es handelt sich hierbei um die "Brikollare-Kompostierung" und die "Turmkompostierung". Das Brikollare-Verfahren stellt eine Sonderform der Kompostierung dar, da in der Aufbereitung und der Rotte völlig anders verfahren wird als üblich. Bei diesem Verfahren wird das Material zu Preßlingen mit einem Stückgewicht von bis zu 30 kg gepreßt und gestapelt auf Paletten in die Rottehalle gebracht. Die Preßlinge haben einen Wassergehalt von etwa 55 Gew.%. Sie trocknen durch den Wasseraustritt in Folge der Kapillarwirkung langsam. Die gleichzeitige Temperaturerhöhung, verursacht durch die Rotte beschleunigt die Vergärung. Bewässerung verlängert die Rotte über 4 Wochen. Danach ist die Rotte zum Stillstand gekommen und das Material konserviert [JÄGER & EMBERGER, 1995]. Zur Aufbereitung müssen die Preßlinge gemahlen werden. Bei diesem Verfahren entsteht Frischkompost. Nach erneuter Befeuchtung des Materials kann eine Nachrotte erfolgen. Nach Herstellerangaben beträgt die Rottezeit etwa 5 bis 6 Wochen und erreicht einen Rottegrad von III bzw. IV [RETHMANN, 1994]. Zur Zeit ist nur die Fa. Rethmann als Anbieter auf dem Markt.

Auch die Turmkompostierung kann im Bereich der Bioabfallkompostierung als Sonderverfahren aufgeführt werden. Sie hat sich bis jetzt jedoch nicht durchgesetzt.

Die Rotte findet in der Regel in einem Haupt- und einem Nachrottereaktor oder -turm statt. Eingetragen wird das Material über eine Verteileinrichtung unter dem Dach der Türme, ausgetragen wird es über eine Austragsschnecke. Ein Umsetzen des Materials findet nur beim Umladen des Materials in die Nachrotte statt. Danach kann es auch im Reaktor selbst bewegt werden. Die Hauptrottezeit beträgt 14 Tage, die Nachrottezeit weitere 28 Tage. Die Belüftung des Materials erfolgt über Einblasen von Luft in der Bodenplatte. Es sind zur Zeit nur wenige Anbieter von Rotttürmen auf dem Markt, z.B.: Steinmüller, Weiss Bio Anlagen.

2 Geruchsquellen bei unterschiedlichen Kompostierungsverfahren

Nahezu alle Verfahrensschritte einer Kompostierung sind als Emissionsquellen anzusehen. Mit zunehmender Reife des Materials nehmen die Emissionen jedoch stark ab. Die Verfahrensteilschritte und damit die Emissionsquellen werden innerhalb der Bemessungsblätter in zwei Ebenen unterteilt. Die eine Ebene ist die der allgemeingültigen Verfahrensschritte, die andere Ebene die der spezifischen Verfahrensschritte. Als Hauptebene ist das eigentliche Baumuster anzusehen. Innerhalb der allgemeingültigen Verfahrensschritte sind folgende Anlagenmodule vereinigt:

- Anlieferung und Bunker,
- Aufbereitung von Frischmaterial,
- Feinaufbereitung,
- Lager,
- Biofilter und
- diffuse Quellen.

Die spezifischen Verfahrensschritte beinhalten den Rotteprozeß mit Umsetzungsvorgängen, Bewässerung und Belüftung, aufgeteilt in Vor- oder Intensivrotte und Nachrotte. Abbildung 5.7 zeigt die Aufteilung der Ebenen nochmals.

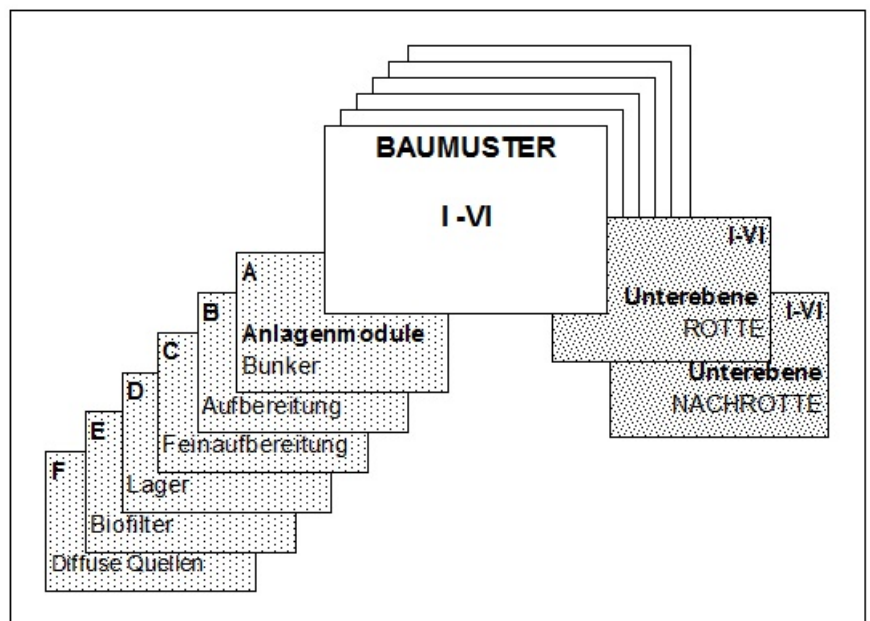
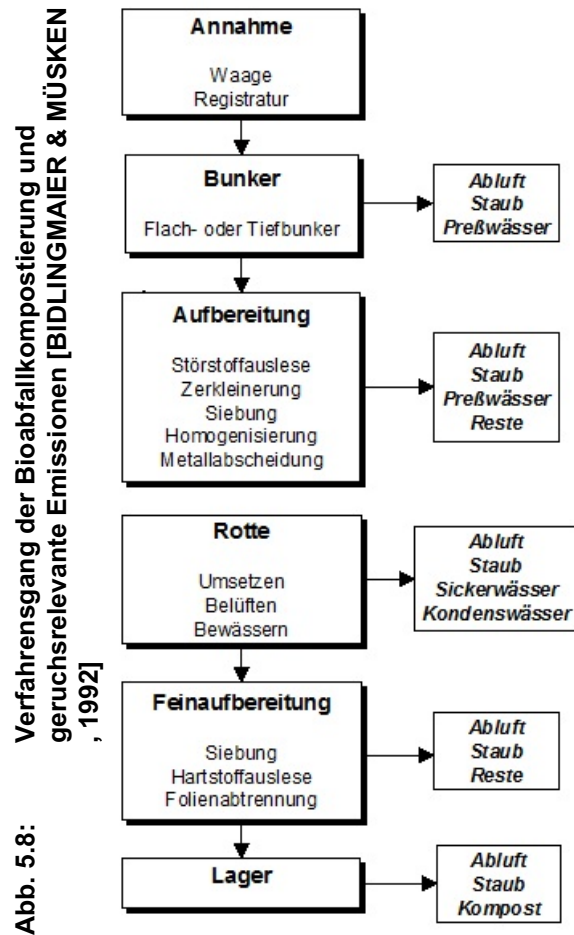


Abb. 5.7: Aufbau der verschiedenen Ebenen innerhalb der Bemessungsblätter

In Abbildung 5.8 ist der typische Verfahrensgang einer Biomüllkompostierung und die dabei entstehenden Emissionsströme, bezogen auf Luft und Wasser, dargestellt.



2.1 Allgemeingültige Verfahrensschritte

Unter diesen werden alle Komponenten verstanden, die in jedem Kompostwerk gleichermaßen vorhanden sein können. Hierzu gehören:

- Anlieferung und Bunker,
- Aufbereitung,
- Feinaufbereitung,
- Lager,
- Biofilter und
- diffuse Quellen.

Diese Einteilung entspricht der Gruppierung in den Baumustern, die in Kapitel 5.2 beschrieben wurden.

Die Geruchsemissionen, die in diesen Verfahrensteilschritten entstehen, werden nachfolgend vorgestellt. Durch die in den Tabellen aufgeführten Geruchsstoffkonzentrationen werden die Schwankungsbreiten und Größenordnungen der verschiedenen Messungen dargestellt.

Anlieferung und Bunker

Die geschlossenen Anlagenteile wie Anlieferungs- und Bunkerbereich werden i.d.R. in den Anlagen heute zwangsentlüftet (Luftwechselzahlen > 1). Die abgezogene Luft wird danach einer Abluftbehandlungsanlage (z.B. Biofilter oder Biowäscher) zugeführt oder zur Volumenstromverringern in die Rottensysteme eingeblasen.

Nach BIDLINGMAIER & MÜSKEN (1993) kann die spezifische Geruchsfracht (bezo-

gen auf 1 m³ Kompost) von frisch angelieferten Bioabfällen mit 8,5 - 17 GE (m³*s) bei kleinen Anlagen (6.500 Mg/a) und mit 3,4 - 9,8 GE (m³*s) bei großen Anlagen (25.000 Mg/a) angegeben werden. Nach JAGER et al. (1993) liegen die spezifischen Emissionsraten mit 3 - 4 GE (s*m³) des Anlieferungsbereichs in etwa der gleichen Größenordnung wie die der großen Anlagen. KÖSTER (1996) gibt die Emissionsraten bezogen auf die Mietenoberfläche mit 2,9 GE (m²*s) an, genauso hoch wie vergleichbare Werte von BIDLINGMAIER & MÜSKEN (1993) mit 3,31 - 6,97 GE (m²*s).

In Abbildung 5.9 sind die Geruchsabstrahlungen von frisch angeliefertem Bioabfall im Jahresverlauf abgebildet. Dies macht deutlich, daß nicht nur ein Zusammenhang zwischen der Zusammensetzung der Abfälle und den entstehenden

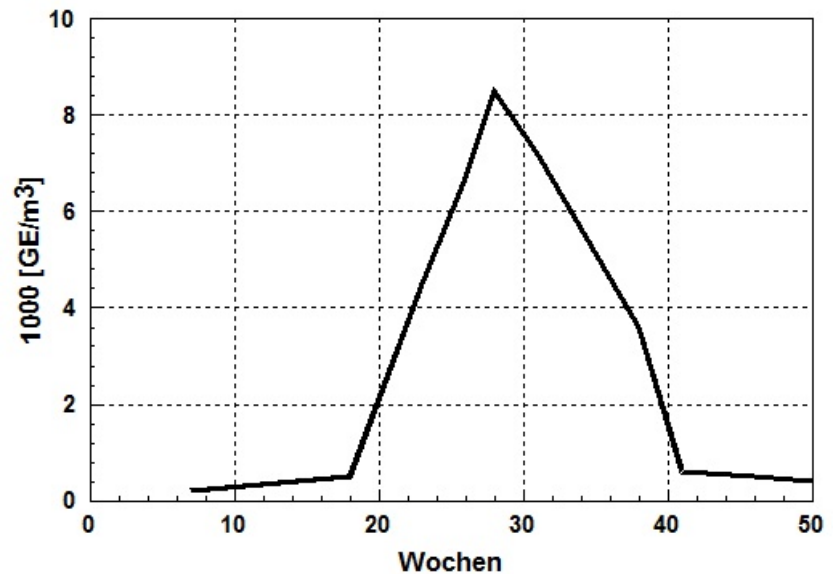


Abb. 5.9: Geruchsabstrahlung von frisch angeliefertem Bioabfall im Jahresgang [BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1992]

Geruchskonzentrationen besteht, sondern auch eine Beziehung zur Jahreszeit bzw. Temperatur. So entstehen die maximalen Geruchsstoffkonzentrationen (> 1.000 bis max. 8.500 GE/m³) innerhalb der Monate Mai bis September und die geringeren Werte unter 1.000 GE/m³ konnten von Oktober bis April gemessen werden [BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1992].

In Tabelle 5.2 sind die Geruchsstoffkonzentrationen aus unterschiedlichen Messungen aufgeführt.

Tab. 5.2: Geruchsstoffkonzentrationen im Anlieferungs- und Bunkerbereich einer Kompostanlage

Quelle	Geruchsstoffkonzentration [GE/m ³] Z50	Erläuterung
LEIBINGER & MÜSKEN, 1990	3.360 - 5.470 3.070 - 8.450 260 - 720	FJ (gemessen auf der Oberfläche des frisch entladenen Biomülls)
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1992	630	WI
EITNER, 1986	250	Hausmüllanlieferung mit Abluft
SCHADE, 1993	200 - 400 300 - 600 500	8.000 Mg/a Durchsatz 25.000 Mg/a Durchsatz 50.000 Mg/a Durchsatz
JAGER & KUCHTA, 1992	200 - 800 500 - 800	Bunker und Aufbereitung 50.000 Mg/a Durchsatz
FISCHER, 1992	100 - 300	-
HENSLER & SCHWARZ, 1995	1.900 - 2.200 1.000 - 4.000	Bunker Aufgabekasten
MÜSKEN, 1989	256 - 8.450	Anlieferung Biomüll
MÜSKEN, 1994	100 - 300 150 - 500 500 - 1.000 1.000 - 8.500	Annahmehalle, 1-facher Luftw. Tiefbunker Grüngut Strauchschnitt, zerkleinert Tiefbunker Bioabfall, 2-facher Luftwechsel
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1991	100 - 200 100 - 1.000	Anlieferung Strauchschnitt Anlieferung Biomüll
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1992	46 - 350 7 - 73 150 - 8.450	Tiefbunker Mischmüll Tiefbunker Biomüll Flachbunker Biomüll
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1993	46 - 350 ø 350; max. 710 ø 180; max. 510	Mischmüll Biomüll, Input 6.500 Mg/a Biomüll, Input 25.000 Mg/a
KÖSTER, 1996	80 - 400 300 - 12.300 290	Mischmüll Anlieferung Bioabfall Grünabfallanlieferung

Aufbereitung

Zum Verfahrensschritt "Aufbereitung" können in einem Kompostwerk folgende Teilschritte gehören:

- Zerkleinerung,
- Misch- und Homogenisiertrommel,
- Siebung,
- Magnetscheidung,
- Handauslese.

Der Aufbereitungsteil einer Anlage wird aus geruchstechnischer Sicht oft zusammen mit dem Bunkerbereich betrachtet, da beide Teile sich meist in einer gemeinsamen Halle befinden (Tabelle 5.2).

In neueren Anlagen ist davon auszugehen, daß die einzelnen Aufbereitungsaggregate (Mühlen, Siebe, Förderbänder) gekapselt ausgeführt sind und separat abgesaugt werden. Nur so können niedrige Luftwechselzahlen erreicht werden und

das Personal kann in der Halle ohne Beeinträchtigung arbeiten. Bei Kapselung aller Aufbereitungs-Verfahrensteile kann davon ausgegangen werden, daß bei einer niedrigen Luftwechselzahl $> 0,5$ eine Geruchsstoffkonzentration von unter 200 GE/m^3 zu erwarten ist.

Es kann davon ausgegangen werden, daß das Material ein- bis dreimal zusammen mit der Luft, z.B. beim Zerkleinern, Sieben und Aufsetzen, bewegt wird.

Tab. 5.3: Geruchsstoffkonzentrationen in der Aufbereitung einer Kompostanlage

Quelle	Geruchsstoffkonzentration [GE/m^3] Z50	Erläuterung
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1991	200 - 1.500	eingeh. Häcksler, Aufgabetrichter und Materialaufgabe offen
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1992	165 17 - 48 185 470 2.740 - 7.100 2.810 - 9.480	Maschinenhalle Mischmüll, $Lw=1,5$ Aufbereitungshalle, hoher Luftw. Trommelhalle Mühlenraum Mischtrommel, 14 d vorgerotet Austrag Mischtrommel, frisches Material
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1993	5.000 (max. 9.500) 1.250 (max. 2.500)	frisch aufbereitetes Material: nicht abgedeckt abgedeckt
MÜSKEN, 1994	300 - 500 1.200 - 3.000 250 - 1.200	Abluft Aufbereitungshalle Vorzerkleinerung Austrag Sieb
EITNER, 1986	185 - 600	Abluft Halle
LEIBINGER & MÜSKEN, 1990	2.810 - 9.480 2.740 - 7.100	Misch- u. Homogenisiertrommel (Austrag nach 1 d) (Austrag nach 12 - 14 d)
FISCHER, 1992	50 - 500	Sortier- und Trennbereich
SCHADE, 1993	200 - 500	Anlieferung und Aufbereitung
ANONYM, 1994/d	407 - 1.468	Raumluft, belüftet
HENSLER & SCHWARZ, 1995	2.900 370 - 840	Siebtrommel Leseraum

Nach eigenen Messungen wurden die frisch aufgesetzten Mieten direkt nach der Aufbereitung beprobt. Bei kleinen Anlagen (6.500 Mg/a) konnten dabei im Mittel spezifische Geruchsfrachten von $10 \text{ GE/m}^3\text{s}$ (max. $19 \text{ GE/m}^3\text{s}$) ermittelt werden, während in großen Anlagen (25.000 Mg/a) $3,8 \text{ GE/m}^3\text{s}$ (max. $7,2 \text{ GE/m}^3\text{s}$) festgestellt werden konnten. Bei Abdeckung der Mieten konnten die spezifischen Geruchsfrachten bei kleinen Anlagen im Mittel auf $2,6 \text{ GE/m}^3\text{s}$ (max. $5,0 \text{ GE/m}^3\text{s}$) und bei großen Anlagen auf $0,95 \text{ GE/m}^3\text{s}$ (max. $1,9 \text{ GE/m}^3\text{s}$) abgesenkt werden.

In der Tabelle 5.3 sind Geruchsstoffkonzentrationen aus verschiedenen Bereichen der Aufbereitung anhand unterschiedlicher Literaturquellen zusammengetragen.

Feinaufbereitung

Für die Feinaufbereitung, das Aufbereiten des ausgerotteten Materials (Sieben und Absacken), liegen nur sehr wenig Geruchsmessungen vor. Es kann im Durchschnitt von Werten ausgegangen werden, die um 500 GE/m^3 liegen. Sollte die Siebstation gekapselt sein, liegen die Werte deutlich unter 100 GE/m^3 . Diese Werte sind anzunehmen, wenn die vorher abgelaufene Rotte unter optimalen Bedingungen stattgefunden hat und somit ein ausgereifter Kompost vorliegt.

Tab. 5.4: Geruchsstoffkonzentrationen in der Feinaufbereitung/Konfektionierung einer Kompostanlage

Quelle	Geruchsstoffkonzentration [GE/m^3] Z50	Erläuterung
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1991	200 - 600	Sieben
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1992	21 - 57 395 395 60	Eintrag Sieb, 70 d Austrag Zerkleinerung, 73 d Austrag Sieb, Bioabfälle Austrag Sieb, Grünabfälle
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1993	< 500	-
MÜSKEN, 1994	1.200 300 600	Sieben Absacken, WG < 35% Abluft Sieb + Absackung
EITNER, 1986	85 - 300	-
ANONYM, 1994/d	871	Hallenluft, Radladerbetrieb
HENSLEDER & SCHWARZ, 1995	323 - 1.773 1.367 - 2.580	Hallenluft Radladerbetrieb

Lagerbereich

Vom Kompostlager gehen in der Regel nur wenig belästigende Gerüche aus, wenn davon ausgegangen werden kann, daß das Material ausgereift ist.

Auf der Materialoberfläche von mindestens 10 Wochen alten Kompost treten Geruchsstoffkonzentrationen von unter 100 GE/m^3 auf. Maximalwerte, die bei angegrabenen Mieten bis auf 1.100 GE/m^3 ansteigen können, treten in der Regel nur bei Anaerobien oder nicht ausgerottetem Material auf.

Tab. 5.5: Geruchsstoffkonzentrationen im Lagerbereich einer Kompostanlage

Quelle	Geruchsstoffkonzentration [GE/m ³] Z50	Erläuterung
ANONYM, 1986/b	136 - 160	überdacht, frisch angegraben
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1991	50 - 300	Lagermiete
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1992	16 - 93 85 - 310 85 - 1.085	Lagermiete, ungestört, 70 d Lagermiete, 112 d Lagermiete angegraben, 70 -150 d
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1993	80 (max. 200) 250 (max. 1.100)	Lagermiete in Ruhe Lagermiete angegraben
EITNER, 1986	10 - 30	Freilager
LEIBINGER & MÜSKEN, 1990	16 - 93 85 - 939	ungestört angegraben
FISCHER, 1992	20 - 200	-
MÜSKEN, 1991	20 - 90	Lagermiete, angegraben
MÜSKEN, 1994	250 1.200	Tafelmiete, in Ruhe Tafelmiete, angegraben
ANONYM, 1994/d	203	ruhende Mieten
SCHADE, 1993	150 - 300	-

Biofilter

Die Geruchsemissionen eines Biofilters setzen sich aus seinem Eigengeruch und dem Wirkungsgrad der eingeleiteten geruchsbeladenen Luft zusammen.

Der Wirkungsgrad verschiedener Filter liegt nach KUCHTA (1994) bei eigenen Messungen zwischen 30 und 85 %. Die niedrigen Werte waren bei diesen Untersuchungen nachweislich auf einen nicht sachgerechten Aufbau des Filters bzw. eine nicht ordnungsgemäße Wartung zurückzuführen. Mit entsprechender Meßtechnik und Wartung können Wirkungsgrade bis 95 % erreicht werden [KUCHTA, 1994].

Nach heutigem Stand der Technik und bei guter Wartung des Filters kann mit einer maximalen Geruchsstoffkonzentration von 100 - 150 GE/m³ ausgegangen werden auf der Output-Seite.

In Tabelle 5.6 sind Output-Konzentrationen verschiedener Anlagen aufgeführt.

Tab. 5.6: Geruchsstoffkonzentrationen am Biofilter einer Kompostanlage

Quelle	Geruchsstoffkonzentration [GE/m ³] Z50	Erläuterung
ANONYM, 1992/b	336 - 977 93 - 163	Input Biofilter Output Biofilter
ANONYM, 1993/b	2.000 100 1.300 84	Rohgas, beim Umsetzen Reingas, beim Umsetzen Rohgas, in Ruhe Reingas, in Ruhe
ANONYM, 1994/b	10 - 88	Output Biofilter
ANONYM, 1994/c	772 - 1.396 60 - 106	Rohgas Reingas
FISCHER, 1989	100 - 287	-
FISCHER, 1991	373 39 129 - 313 16 - 44	Rohgas Filter, nachts Reingas Filter, nachts Rohgas Filter, am Tag Reingas Filter, am Tag
FISCHER, 1992	50 - 250	-

Diffuse Quellen

Zu den diffusen Quellen in einem Kompostwerk gehören:

- Emissionen aus geöffneten Hallentoren,
- Verunreinigungen der Verkehrsflächen,
- Anlieferverkehr, Geruch aus Müllfahrzeugen,
- Kompostverladung,
- offene Störstoffcontainer.

Zur Absicherung einer Emissionsprognose schlägt KUCHTA (1994) eine Erhöhung um 10 % der vorher bestimmten Emissionen vor. Aus nachstehender Tabelle sind Geruchsstoffkonzentrationen von 20 bis 200 GE/m³ zu erwarten, die vor allem auf die Verschmutzung von Verkehrsflächen zurückgeführt wurden.

Es gibt nur wenige Untersuchungen über die diffusen Quellen. Einige wenige Ergebnisse sind in Tabelle 5.7 dargestellt.

Tab. 5.7: Geruchsstoffkonzentrationen von diffusen Quellen in einer Kompostanlage

Quelle	Geruchsstoffkonzentration [GE/m ³] Z50	Ort
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1991	50 - 200	Verkehrsflächen
FISCHER, 1992	20 - 200	Verkehrsflächen
MÜSKEN, 1994	50 - 200	Verkehrsflächen

2.2 Spezifische Verfahrensschritte verschiedener Baumuster

Zu den spezifischen Verfahrensschritten gehört vor allem das Rottesystem eines Baumusters. Im Folgenden werden die Ergebnisse von Geruchsmessungen verschiedener Anlagen tabellarisch vorgestellt und erläutert.

Baumuster I - Boxen- und Container

In Tabelle 5.8 sind Ergebnisse von Geruchsmessungen in Bioreaktoren zusammengestellt.

Es wird deutlich, daß der Wassergehalt des Rottegutes und damit dessen biologische Aktivität/Temperatur einen entscheidenden Einfluß auf die Geruchsemissionen beim Austrag aus einem Reaktor hat. Der besondere Vorteil dieses Systems, Geruchsminimierung durch geschlossene Reaktoren, kommt jedoch nur zum Tragen, wenn nach maximal 14 Tagen das Material zur weiteren Rotte nicht wieder erneut befeuchtet werden muß. Das würde zu erneuter Aktivität und damit erneuten Geruchsabstrahlungen führen.

Für trockenere (WG = 30 - 40%), frisch ausgetragenen Kompost können im Mittel ca. 0,6 GE/s*m² angesetzt, für feuchtes Material jedoch bis zu 11 GE/s*m² angenommen werden. Dies entspricht der Geruchsabstrahlung von frisch umgesetztem Bioabfall nach einwöchiger Rotte auf einer Dreiecksmiete.

Tab. 5.8: Geruchsstoffkonzentrationen bei Boxen und Containern

Quelle	Geruchsstoffkonzentration [GE/m ³] Z50	Erläuterung
LEIBINGER & MÜSKEN, 1990	11.300	Nachrotte in Freilandmieten nach 1 Wo. Reaktor
	85 - 240	Aufsetzen der Miete vor umsetzen, 2 - 8 Wo.
	970 - 3.820	nach umsetzen, 2 - 5 Wo.
	350 - 460	nach umsetzen, 7 - 8 Wo.
MÜSKEN, 1991	360 - 1.220	angegrabenes Material 7 d, trocken
	11.300 - 15.900	7 d, feucht
	2.740	14 d, trocken-feucht
	15.940 - 17.400	Rohgas Abluft, 7 d, feucht
BARTSCH & WIEGEL, 1988	10.109	1 d vor Kühler
	4.230 - 5.295	Biofilter Input
	337	Raumluft
	8.932	2 d vor Kühler
WIEGEL, 1989	4.266 - 4.861	Biofilter Input
	337	Raumluft
	289	6 d vor Kühler
	171 - 193	Biofilter Input
ITU, 1992	254	Raumluft
	176	7 d vor Kühler
	110 - 156	Biofilter Input
	81	Raumluft
WIEGEL, 1989	178 - 270	Nachrotte, Oberfläche, 1 - 6 Wo. nach Reaktor in Ruhe
	270 - 348	angegraben
Quelle	Geruchsstoffkonzentration [GE/m ³] Z50	Erläuterung

SCHADE, 1993	25.000 - 30.000	7 d, 5 m ³ /m ³ ,h
	10.000 - 13.000	5 d, 10 m ³ /m ³ ,h
	10.000	1 d, 20 m ³ /m ³ ,h
	200	7 d, 20 m ³ /m ³ ,h
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1992	120 - 1.220	Austrag 7 d, trocken (WG = 30 - 40%)
	11.300 - 15.900	7 d, feucht (WG = 50 - 60%)
	2.740	14 d, trocken-feucht (WG = 40 - 50%)
	10.110	Abluft vor Wärmetauscher 1 d
	8.930	2 d
	290	6 d
	180	7 d
	15.940 - 17.400	7 d, feucht
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1993	30.000	5 m ³ /m ³ ,h Zuluft, 7 d, feucht
	200 - 10.000	20 m ³ /m ³ ,h Zuluft, 7 - 1 d
	13.300	Austrag, 7 d, feucht
	11 - 340	Nachrotte, WG <40%, unbelüftete Haufenmiete, 1 Wo. in Box in Ruhe
	140 - 350	angegraben

Die Geruchsstoffkonzentration in der Abluft eines Bioreaktors ist mit etwa 17.000 GE/m³ anzunehmen, wobei die eingeblasene Luftmenge eine Rolle spielt. Hohe Luftmengen bewirken vor allem gegen Ende der Vorrottephase ein starkes Absinken der Konzentrationen auf bis zu 200 GE/m³ bei gleichzeitig niedrigem Wassergehalt (35%).

Für die Nachrotte von vorgerottetem Biomüll aus Boxen bzw. Containern liegen eigene Meßwerte vor (Tab. 5.8). Die Messungen stammen von einem trockenstabilisierten Material (Wassergehalt < 40%). Das vorgerottete Material wurde vor Messung zu einer unbelüfteten Haufenmiete aufgeschüttet und weder umgesetzt noch bewässert. Auf der Oberfläche dieser in Ruhe befindlicher, bis zu 8 Wochen alter Mieten, konnten Geruchsstoffkonzentrationen zwischen 50 und 270 GE/m³ gemessen werden. Dies bedeutet eine Geruchsabstrahlung bezogen auf die Oberfläche von maximal 1,2 GE/s*m². Werden die Mieten angegraben, so ergeben sich Meßwerte im Bereich zwischen 140 und 340 GE/m³, was eine maximale Oberflächenabstrahlung von 1,6 GE/s*m² bedeutet. Im Mittel liegen die Konzentrationen für angegrabene Mieten bei dieser Verfahrensweise nur um 80 GE/m³ über denen von ungestörten Mieten und damit in der gleichen Größenordnung.

Baumuster II - Tunnel und Zeilenkompostierung

Für die Tunnel- bzw. Zeilenkompostierung liegen zur Zeit keine verfügbaren Geruchsdaten vor. Aus diesem Grund werden, aufgrund vieler Parallelen der Verfahren, die Geruchsdaten von Baumuster I (Boxen-/Containerkompostierung) eingesetzt.

Die Parallelen liegen vor allem darin, daß die Rotte in den Reaktoren als Vorrotte genutzt wird und somit die Aufenthaltszeit beider Baumuster in etwa gleich ist. In der Regel ist von ein bis zwei Wochen auszugehen. Der Unterschied zur Tunnelkompostierung liegt vor allem in der Transportart des Materials im Reaktor. In den meisten Tunnel- bzw. Zeilensystemen wird das Material kontinuierlich von der Eingabeseite zur Ausgabeseite transportiert. Bei der Boxen- bzw. Container-

kompostierung verbleibt das Material an der gleichen Stelle innerhalb des Reaktors und wird in einigen Fällen durch Einrichtungen am Boden der Reaktoren bewegt. Für die Systeme von Baumuster II, die die gesamte Zeit im Tunnel bzw. in der Zeile verbleiben, gelten die folgenden Annahmen nicht oder nur bedingt während der ersten beiden Wochen der Rotte.

In Tabelle 5.9 sind die von der Boxen- und Containerkompostierung übernommenen Geruchsstoffkonzentrationen aufgelistet. Zu spezifische, auf Baumuster I bezogene Daten, wurden nicht berücksichtigt.

Tab. 5.9: Geruchsstoffkonzentrationen bei Tunnel- und Zeilenkompostierung, angelehnt an die Daten der Boxen- und Containerkompostierung

Quelle	Geruchsstoffkonzentration [GE/m ³] Z50	Erläuterung
LEIBINGER & MÜSKEN, 1990	11.300	Nachrotte in Freilandmieten nach 1 Wo. Reaktor
	85 - 240	Aufsetzen der Miete vor umsetzen, 2 - 8 Wo.
	970 - 3.820	nach umsetzen, 2 - 5 Wo.
	350 - 460	nach umsetzen, 7 - 8 Wo.
MÜSKEN, 1991	360 - 1.220	angegrabenes Material 7 d, trocken
	11.300 - 15.900	7 d, feucht
	2.740	14 d, trocken-feucht
	15.940 - 17.400	Rohgas Abluft, 7 d, feucht
WIEGEL, 1989	178 - 270	Nachrotte, Oberfläche, 1 - 6 Wo. nach Reaktor in Ruhe
	270 - 348	angegraben
ITU, 1992	49 - 221	am Filterauslaß der Box
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1992	120 - 1.220	Austrag 7 d, trocken (WG=30 - 40%)
	11.300 - 15.900	7 d, feucht (WG=50 - 60%)
	2.740	14 d, trocken-feucht (WG= 40 - 50%)
	11 - 340	Nachrotte, WG<40%, unbelüftete Haufenmiete, 1 Wo. in Box in Ruhe
	140 - 350	angegraben

Bauster III - Rottetrommel

In Tabelle 5.10 sind die Geruchsstoffkonzentrationen einiger Geruchsemissionsmessungen von Rottetrommeln und Nachrotte dargestellt.

Die Aufenthaltszeit in der Rottetrommel liegt in der Regel zwischen 1 und 3 Tagen. In wenigen Systemen ist von Aufenthaltszeiten von bis zu 7 Tagen auszugehen. Die Rottetrommel als Vorrotteaggregat ist in einer geschlossenen Halle untergebracht, sodaß die Abluft kontrolliert abgesaugt und einem Abluftreinigungssystem zugeführt werden kann.

Tab. 5.10: Geruchsstoffkonzentrationen bei Rottetrommeln

Quelle	Geruchsstoffkonzentration [GE/m ³] Z50	Erläuterung
EITNER, 1986	600	-
FISCHER, 1991	362 102 - 645 479 - 575 313 - 627 249 - 406 271 - 497 222 - 296	Trommel in Ruhe, Kompostoberfläche 5 Min. umwälzen 10 Min. umwälzen 15 Min. umwälzen frischer Austrag Nachrotte, 7 d Nachrotte, 14 d, 1 mal umgesetzt
LEIBINGER & MÜSKEN, 1990 BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1992	2.800 - 9.500 11.600 7.100 2.750 - 6.900 14.600 15.500 23.900 27.600	Austrag, 1 d, feucht Austrag, 7 d, feucht Austrag, 12 d, feucht Austrag, 14 d, feucht-trocken Rohgas Abluft, 1 d, feucht Rohgas Abluft, 4 d, feucht Rohgas Abluft, 5 d, feucht Rohgas Abluft, 6 d, feucht
	11.590 220 - 500 210 - 790 30 - 90 230 - 4.320	Nachrotte in Freilandmieten nach 1 Wo. Drehtrommel Aufsetzen der Miete in Ruhe, 7 - 14 d vor umsetzen, 2 - 3 Wo. vor umsetzen, 5 - 8 Wo. nach umsetzen, 2 - 8 Wo.
FISCHER, 1992	20.000 - 80.000	-
SCHADE, 1993	18.000 30.000	8.000 Mg/a, Abluftmenge 600 m ³ /h 60.000 Mg/a
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1993	15.000 30.000	6.500 Mg/a, 2,5 d, Zuluft 5 m ³ /m ³ ,h 25.000 Mg/a, 1,5 d, Zuluft 5 m ³ /m ³ ,h

Werden die Massen der Geruchsstoffkonzentrationen (Tabelle 5.10) im Innern einer Trommel betrachtet, so zeigen sich je nach Messung sehr unterschiedliche Werte.

Trotz der differierenden Belüftungsraten (2,4 - 20 m³ Luft je m³ Kompostmaterial) konnten Konzentrationen in dem engen Streubereich von 10.000 - 35.000 GE/m³ gemessen werden. Die Aufenthaltsdauer in der Trommel liegt bei 1,5 Tagen.

Bei den hohen Luftmengen von z.T. über 15 bis 20 m³ Luft je m³ Kompostmaterial und Stunde ergeben sich bei einem überschlägigen Trommelinhalt von ca. 330 m³ Kompost Geruchsfrachten von 40.000 - 50.000 GE/s aus der Trommelabluft. Bezogen auf das verarbeitete Kompostvolumen errechnen sich dann Werte von 120 - 150 GE/s,m³.

Für die Nutzung der Trommel als "echte Rottetrommel" mit Aufenthaltszeiten von 7 Tagen zeigt sich ein deutlicher Anstieg der Geruchsstoffkonzentration in der Abluft über die Zeitachse. Das Austragsmaterial weist nach siebentägiger Rotte-dauer Abstrahlungswerte von rund 10 GE/s,m² auf. In der gleichen Größenordnung liegen feuchte Ausgangsmaterialien aus Rotteboxen und frisch umgesetzte unbelüftete Dreiecksmieten nach einwöchiger Rotte.

Nach SCHADE (1993) konnten ähnliche Geruchsstoffkonzentrationen festgestellt werden. Sie liegen im Bereich zwischen 18.000 und 30.000 GE/m³.

Die Ergebnisse nach EITNER (1986) sind als zu alt (s. Kap. 3) und damit als niedrig einzustufen, wurden aber, um den Unterschied nochmals zu verdeutlichen in alle Tabellen mit einbezogen.

Warum die Werte von FISCHER (1991) so niedrig liegen bleibt unklar. Da jedoch alle anderen Ergebnisse in der Tabelle sehr viel höhere Werte aufweisen, wird von den höheren Konzentrationen in Folge ausgegangen.

Baumuster IV - Mietenkompostierung, belüftet

In Tabelle 5.11 sind Geruchsstoffkonzentrationen verschiedener Anlagen mit belüfteter Mietenkompostierung dargestellt.

Die belüftete Mietenkompostierung wird in druck- und saugbelüftete Mieten eingeteilt. Nach heutigem Stand der Technik ist die zwangsbelüftete Mietenkompostierung vor allem als komplett eingehauste Tafelmiete vorzufinden. Es gibt jedoch auch heute noch Freilandmieten oder überdachte Mieten, die belüftet werden. Hierbei sollte wegen der entstehenden Gerüche der Saugbelüftung den Vorzug gegeben werden.

Tab. 5.11: Geruchsstoffkonzentrationen bei belüfteter Mietenkompostierung

Quelle	Geruchsstoffkonzentration [GE/m ³] Z50	Erläuterung
FISCHER, 1989	1.500 - 4.100 1.370 - 14.600	Hallenabsaugung Rottehalle, abnehmend mit Rottealter
ANONYM, 1993/b	1.900 - 2.100 73 - 150 1.200 - 1.500 69 - 275 660 - 2.300 110	Tafelmiete Rohgas, beim Umsetzen Reingas, beim Umsetzen Rohgas, in Ruhe Reingas, in Ruhe Rotthalle Nachrotte
ANONYM, 1993/c	5.793 362 3.469 342 10.321	Tafelmiete Rohgas, beim Umsetzen Reingas, beim Umsetzen Rohgas, in Ruhe Reingas, in Ruhe Rohgas, direkt auf Miete
ANONYM, 1994/b	811 - 2.423 70 - 224 772 - 1.396 60 - 106	Tafelmiete Rohgas, beim Umsetzen Reingas, beim Umsetzen Rohgas, in Ruhe Reingas, in Ruhe
JAGER & KUCHTA, 1992	1.000 - 12.000 1.400 - 1.600 280 - 320	Mietenabluft, saugbelüftet Nachrotte, druckbelüftet Nachrotte, druckbelüftet, nach 4 - 5 facher Verdünnung
SCHADE, 1993	1.000 - 10.000 300 - 400	Mietenabluft, saugbel. Mieten Hallenabluft nach 7. Wo. Rotte, druckbelüftet, h = 2m, nach 4 - 5 facher Verdünnung
MÜSKEN, 1991	7.810 50 - 420 160 - 10.030	Dreiecksmiete, druckbelüftet, nicht aufbereitet, 0 - 6 Wo. beim Aufsetzen vor Umsetzen nach Umsetzen

Quelle	Geruchsstoffkonzentration [GE/m ³] Z50	Erläuterung
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1991	100 - 300	Tafelmiete mit Grünabfällen
	500 - 2.000	Vorrotte, saug- o. druckbel.
	100 - 150	Vorrotte, beim Umsetzen
	200 - 500	Nachrotte (>3 Mon.), saug- o. druckbel. Nachrotte (>3 Mon.), beim Umsetzen
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1992	2.460 - 14.600	Tafelmiete, Oberfläche, druckbelüftet, max. 7 d
	18.300	max. 10 d
	25.900	max. 31 d
	1.240	max. 70 d
	345	max. 77 d
	47.730 - 56.070	Haufenmiete, Oberfläche, druckbelüftet
	100 - 15.440	1 d, frisch aufgesetzt
	10.650 - 76.930	in Ruhe, 5 - 42 d, abnehmend
		1 d nach Umsetzen, abnehmend
	1.150 - 5.020	Tafelmiete, Hallenabluft, druckbelüftet, 0 - 70 d
	22.600 - 31.200	in Ruhe
	2.470 - 4.610	beim Umsetzen nach Umsetzen
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1993	30 - 1.900	Mischmüll, Tafelmiete, Oberfläche, saugbelüftet
	363 - 20.200	Hallenabluft
	9 - 4.300	Mietenabluft
		Mietenoberfläche
BIDLINGMAIER & MÜSKEN; 1993	350 - 4.300	Tafelmiete, saugbelüftet, h = 2,30m, 0 - 70 d
	11.500 - 20.000 < 2.000	Oberfläche, Mietenabluft, 19.800 m ³ /h Hallenabluft, voll belegt
MÜSKEN, 1994	8.000	Tafelmiete, druckbelüftet
	30.000	0 - 70 d
	5.000/30.000	in Ruhe (Zuluft 19.800 m ³ /h) 20 % frisch umgesetzt
		Hallenabluft, mit/ohne Umsetzen
MÜSKEN, 1994	300 - 800	Tafelmiete
	1.500 - 4.500	saugbelüftet, Oberfläche
	500 - 3.000	saugbelüftet, Oberfl., beim Umsetzen
	1.200 - 5.000	druckbelüftet, Oberfläche
	580 - 2.240	druckbelüftet, Oberfl., beim Umsetzen
		Hallenabluft
MÜSKEN, 1994	250	Tafelmiete als Filter, nach 16 Wo.
	800	aktives Filterelement
	1.200	adaptiertes Filterelement Aufsetzen/Abgraben

Bei druckbelüfteten Mieten zeigt sich, daß die Geruchsemissionen mit dem Kompostalter abnehmen. In Abbildung 5.10 ist diese Abhängigkeit dargestellt. Diese Aussage ist auf andere Rotteverfahren übertragbar.

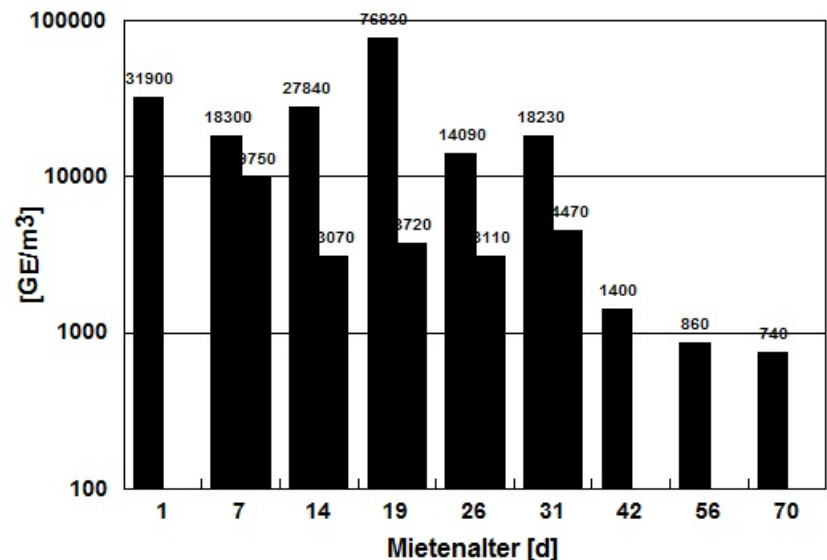


Abb. 5.10: Geruchsstoffkonzentrationen auf der Oberfläche druckbelüfteter Mieten (Mittelwerte aus bis zu 4 Einzelmessungen) [BIDLINGMAIER & MÜSKEN; 1992]

BIDLINGMAIER & MÜSKEN (1992) konnten in ihren Untersuchungen feststellen, daß sich die Konzentration auf der Mietenoberfläche von der ersten bis zur zehnten Rottwoche um den Faktor 10 verringert haben. Dieses konnte zwar nicht bei allen Kompostwerken festgestellt werden, doch die Tendenz war bei allen zu erkennen.

Als Ergebnis der Untersuchungen konnte festgelegt werden, daß in der ersten Rottwoche um 10.000 GE/m^3 mit Spitzen bis zu 15.000 GE/m^3 auf der Oberfläche von ruhenden druckbelüfteten Mieten zu rechnen ist. Bis zur 5. Woche ist mit Geruchsstoffkonzentrationen um 5.000 GE/m^3 zu rechnen, erst danach sinken die Werte deutlich unter 2.000 GE/m^3 . Nach Umsetzungsvorgängen treten Werte bis zu 30.000 GE/m^3 mit teilweise deutlich höheren Spitzen in der 4. bzw. 5. Rottwoche auf. Erst nach dieser Zeit ist eine sinkende Tendenz zu erkennen. Bezogen auf das verarbeitete Kompostvolumen errechnen sich für die ersten fünf Rottwochen nach Umsetzungsvorgängen spezifische Frachten von $12 - 45 \text{ GE/m}^3 \cdot \text{s}$.

Nach Auswertung aller Messungen können für die Modellanlage mit 25.000 Mg/a Jahresdurchsatz durch im Mittel 8.000 GE/m^3 bei in Ruhe befindlichen Mieten und 30.000 GE/m^3 bei frisch umgesetzten Mieten angesetzt werden.

In ähnlicher Größenordnung liegen die gemessenen Geruchsstoffkonzentrationen von JAGER & KUČHTA (1992). Sie geben Werte zwischen 1.000 und 12.000 GE/m^3 je nach Rottealter der belüfteten Mieten an.

Bei saugbelüfteten Mieten sind im Vergleich zu unbelüfteten Dreiecksmieten und druckbelüfteten Mieten wesentlich geringere Geruchsstoffkonzentrationen zu messen. Oft werden saugbelüftete Mieten als Vorrotte im Freiland genutzt und die dabei anfallenden Luftmengen durch die Nachrottemieten gedrückt, sodaß diese als Filter wirken können und gleichzeitig befeuchtet werden.

Auch bei saugbelüfteten Mieten gibt es einen Zusammenhang zwischen Kompostalter und Geruchsstoffkonzentration. Gemessen wurde hier jedoch nur an Mischmüll-Kompostierungsanlagen, die sich hinsichtlich der Geruchsemissionen in der Regel ähnlich wie Bioabfall verhalten. So zeigt sich bei einem 10 Tage alten Material im Durchschnitt eine Konzentration von 1.000 GE/m^3 bis hin zu ca. 65 Tage altem Material mit 88 GE/m^3 . Der Unterschied zwischen in Ruhe befindli-

chen und frisch umgesetzten Mieten ist hierbei nicht so ausgeprägt wie bei den unbelüfteten und druckbelüfteten Mieten.

Nach BIDLINGMAIER & MÜSKEN (1992) wird für eine Modellanlage mit 25.000 Mg/a an der Oberfläche saugbelüfteter Mieten von durchschnittlich 350 GE/m³ bei Spitzenwerten bis zu 4.300 GE/m³ ausgegangen. Bei der Mietenabluft wurden Durchschnittswerte von 11.500 GE/m³ angenommen, Maximalwerte bis zu 20.000 GE/m³.

KÖSTER (1996) kommt mit seinen Messungen in ähnliche Bereiche wie BIDLINGMAIER & MÜSKEN (1992). Bei Betrachtung des Geruchsstoffstromes auf der Mietenoberfläche, bezogen auf einen m², liegt er jedoch mit 760 GE/(m²*h) um etwa 300 GE/(m²*h) niedriger. Er begründet dies mit der Barrierewirkung des Vlieses, welches in der untersuchten Anlage auf die Mieten aufgebracht wurde.

Baumuster V - Mietenkompostierung, unbelüftet

Unbelüftete Mieten sind vor allem bei kleinen, dezentralen Anlagen im Einsatz und nicht eingehaust. So gehen die entstehenden Geruchsemissionen direkt in die Atmosphäre über.

Auch bei unbelüfteten Mieten kann davon ausgegangen werden, daß die Geruchsstoffkonzentration mit zunehmendem Rottefortschritt abnehmen. Außerdem sind gerade bei unbelüfteten Mieten extreme Unterschiede zwischen in Ruhe befindlichen Mieten und gerade umgesetzten Mieten zu erkennen. Die Unterschiede sind weitaus markanter als bei belüfteten Mieten. In Abb. 5.11 sind diese Zusammenhänge dargestellt.

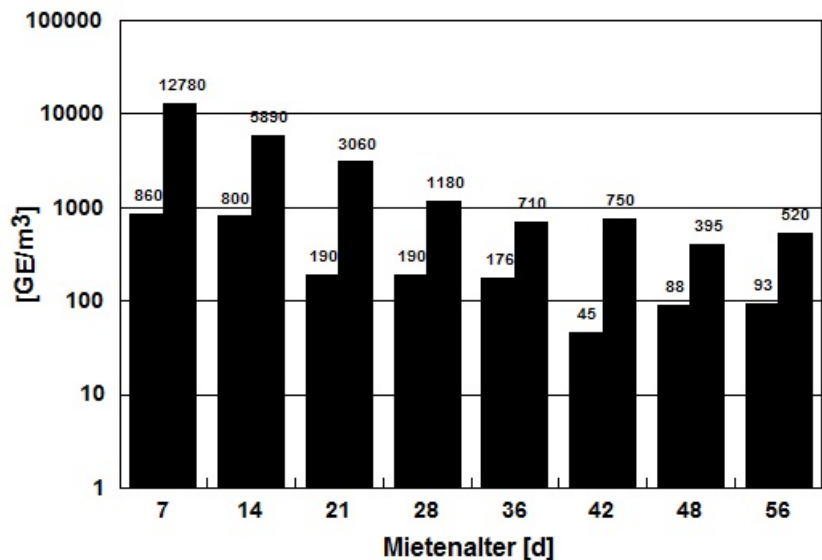


Abb. 5.11: Geruchsabstrahlung von unbelüfteten Dreiecksmieten aus Bioabfall (Beispiel) [BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1992]

In Tabelle 5.12 sind einige Meßergebnisse unterschiedlicher Mietenformen und Materialalters aufgeführt.

Tab. 5.12: Geruchsstoffkonzentrationen bei unbelüfteter Mietenkompostierung

Quelle	Geruchsstoffkonzentration [GE/m ³] Z50	Erläuterung
FRICKE et al., 1989	3.494 - 6.419 57 - 2.308 5.565 - 6.297 1.154 - 4.321 76 - 393 3.255 63 - 348	Vorrotte, max. 3 Wo. frisch aufgesetzt frisch aufgesetzt, abgedeckt in Ruhe, 1 d in Ruhe, 1 - 2 Wo. in Ruhe, 3 Wo. in Ruhe, abgedeckt, 1 Wo. in Ruhe, abgedeckt, 2 - 3 Wo.
	34 - 134	Nachrotte
KÖSTER, 1996	800 - 7.600 140 - 680 40 - 205	Dreiecksmieten, in Ruhe bis 2 Wo. 2 - 8 Wo. 8 - 13 Wo.
	10.000 - 20.000 1.000 - 6.300 40 - 205	Dreiecksmieten, nach Umsetzen bis 2 Wo. 2 - 8 Wo. 8 - 13 Wo.
MÜSKEN, 1991	11.300 85 - 190 350 - 3.820	Dreiecksmiete, 1 Woche Vorrotte im Reaktor beim Aufsetzen vor Umsetzen nach Umsetzen
	11.590 30 - 790 230 - 4.320	Dreiecksmiete, 1 Woche Vorrotte in Rottetrommel beim Aufsetzen vor Umsetzen nach Umsetzen
	4.420 - 5.280 860 30 - 8.210 345 - 14.820	Dreiecksmiete, ohne Vorrotte beim Aufsetzen frisch aufgesetzt, abgedeckt vor Umsetzen nach Umsetzen
MÜSKEN & BIDLINGMAIER, 1992	5.570 - 6.300 76 - 5.590 34 - 130 710 - 1.150 8.210 17 - 2.040 420 - 16.870 160 - 2.590	Dreiecksmieten, Oberfläche nach Aufsetzen, 1 d 6 - 21d, in Ruhe 22 - 112 d, in Ruhe 7 d, vor Umsetzen, abgedeckt 7 d, vor Umsetzen, nicht abgedeckt 14 - 56 d, vor Umsetzen 6 - 21 d, nach Umsetzen 22 - 56 d, nach Umsetzen
	1.900 - 48.400 160 - 9.170	Tafelmiete, Oberfläche 7 - 21 d 28 - 98 d

Zu Beginn der Rotte liegen die Oberflächen bezogenen Geruchsstoffströme in der Größenordnung von 10,5 GE (s*m²). Dies entspricht Abstrahlungen von gleich altem, feuchtem Austragsgut an Rottetrommel und Rottebox. Nach 14 Tagen sinkt der Wert auf die Hälfte auf 4,8 GE (s*m²), nach 3 Wochen auf ein Drittel 2,5 GE (s*m²) und nach 4 Wochen werden durchschnittlich nur noch ca. 10 % des Anfangswertes gemessen.

KÖSTER (1996) kommt auf flächenbezogene Werte von 21.600 GE (h*m²) (bezogen auf eine Stunde!), was umgerechnet 6,0 GE/s*m² entspricht bei einer maximal 2 Wochen alten Miete in Ruhe. Bei frisch umgesetzten Mieten gibt er Werte von 43.200 GE (h*m²) 12 GE (s*m²) an. Damit erhält er ähnliche Ergebnisse wie BIDLINGMAIER & MÜSKEN (1992). Bezogen auf das Volumen des Kompostes bei Dreiecksmieten kann beim Umsetzen nach einer Rotteweche von 27 GE (s*m³) bei Geruchsstoffkonzentrationen von 13.300 GE (m³) ausgegangen werden. Nach 3 Wochen ist der Wert bereits auf 6,3 GE (s*m³) gefallen. Hat die Rotte den Rottegrad III erreicht, ist nur noch mit einer spezifischen Fracht von 1,2 GE (s*m³) auszugehen. Bei in Ruhe befindlichen Mieten liegen die Werte sehr gering. Bis etwa zur zweiten Rotteweche einer Miete ist von einer spezifischen Fracht von 2,0 GE (s*m³) auszugehen und bei älteren Mieten ist nur noch mit Werten bis zu 0,4 GE (s*m³) zu rechnen. Bei den eher seltenen, unbelüfteten Tafelmieten, treten wesentlich höhere Geruchsstoffkonzentrationen auf als bei Dreiecksmieten. Die Werte können mit denen druckbelüfteter Tafelmieten verglichen werden. Die daraus resultierenden Geruchsfrachten liegen jedoch weitaus niedriger, da der Luftvolumenstrom ausschließlich durch die Thermik der Mieten verursacht wird.

Baumuster VI - Sonderverfahren

Bei dem System Brikollare Kompostierung ist nur zu Beginn der Rotte mit starken Geruchsemissionen zu rechnen, da das Material zunehmend austrocknet bis auf einen Wassergehalt von 30 - 35 %. Das Material, das 5 - 6 Wochen in Preßlingen, gestapelt auf Paletten, an derselben Stelle innerhalb einer Rottehalle verbleibt, wird nicht umgesetzt und nicht zwangsbelüftet. Dies hätte wie bei den anderen Verfahren hohe Geruchsemissionen zur Folge, kann in diesem System jedoch als Vorteil angesehen werden. Sollte das Material wieder befeuchtet werden und eine Nachrotte erfolgen, so ist mit erheblichen Geruchsemissionen zu rechnen. Ansonsten treten erst nach der Rotte bei nicht optimalem Rotteverlauf Geruchsemissionen auf durch das Auflockern in der Hammermühle und die anschließende Siebung.

Tab. 5.13: Geruchsstoffkonzentrationen bei den Sonderverfahren Brikollare

Quelle	Geruchsstoffkonzentration [GE/m ³] Z50	Erläuterung
BARDTKE, 1986	14.700	frische Preßlinge
	101	alte Preßlinge
BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1992	60 - 165	Hallenluft, 0 -30 d
	14.700	Mischmüll, 7 d, Oberfläche
	100	Mischmüll, max 30 d, Oberfläche

Für das System Turmkompostierung lagen bis zum Ende des Berichts keinerlei Daten vor. Dieses spezielle Verfahren ist außerdem mit keinem anderen Verfahrenstyp zu vergleichen. Für die Bemessungsblätter gilt deshalb in den nächsten Jahren, diese fehlenden Daten nachzuarbeiten.

Für beide Kompostierungsverfahren innerhalb des Baumusters Sonderverfahren wird im Anhang nur die Hauptebene dargestellt, da die Datengrundlage nur dürftig oder überhaupt nicht vorhanden war.

Die Basis für die in diesem Kapitel aufgezeigten Möglichkeiten bei der anlagen-internen Luftführung bilden v.a. die Ausführungen in den Kapiteln 2.3 und 5.2. Das Ziel eines optimierten Luftmanagements in einer Kompostierungsanlage ist in jedem Fall, den schlußendlich emittierten Geruchsstoffmassenstrom (Geruchsfracht oder Quellstärke in [GE/h] oder in [GE/s]) zu minimieren. Je nach Anlagentechnik und Anlagengröße stehen hierfür verschiedene Instrumente zur Verfügung.

In der Regel kommt der intelligenten Verteilung der anfallenden Luftmengen in teilweise oder ganz geschlossenen ausgeführten Anlagen die größte Bedeutung zu, doch lassen sich auch bei einer offenen Kompostierung Maßnahmen zur Geruchsemissionsminderung über die Luftführung realisieren.

Um nun die richtigen Einzelmaßnahmen ergreifen zu können, ist die Kenntnis folgender Parameter unumgänglich:

- **Abluftqualität** der einzelnen Anlagenteile bzw. Aggregate. Hier sind neben der Geruchsfracht auch die Luftfeuchtigkeit, der Staubgehalt, andere Luftinhaltsstoffe (z.B. Ammoniak, organische Säuren etc.) und, falls Arbeitsplätze betroffen sind, die Keimbelastung von Bedeutung. Auch der jeweilige Betriebszustand und die Jahreszeit können eine Rolle spielen.
- **Abluftmengen** aus den einzelnen Anlagenteilen bzw. Aggregaten. Je nach Betriebszustand der Gesamtanlage oder von Anlagenteilen (z.B. Tag- und Nachtbetrieb, Wartungsarbeiten etc.) können die Abluftmengen sehr stark variieren.
- **Zuluftbedarf** und benötigte **Zuluftqualität** in den für eine Mehrfachnutzung von Luftströmen in Frage kommenden Anlagenteilen bzw. Aggregaten. So kann z.B. die Mietenzuluft bei druckbelüfteten Mieten von sehr schlechter Qualität sein, jedoch ist die benötigte Luftmenge stark von der Rotteführung abhängig und insgesamt eher als gering einzustufen. Auch in geschlossene Rottehallen, in denen kein Arbeitsplatz vorgesehen ist, kann nach entsprechender Entstaubung Zuluft minderer Qualität eingeblasen werden. Dagegen sind Maschinenhallen (Grob- und Feinaufbereitung) nur sehr bedingt für die Aufnahme von bereits genutzten Luftströmen geeignet.

Generell kann davon ausgegangen werden, daß bei der Mehrfachnutzung von Luftströmen das Qualitätsgefälle beachtet werden muß, d.h. der jeweils niedriger belastete Abluftstrom kann nur in einer höher belasteten Umgebung erneut als Zuluft genutzt werden. Bei umgekehrter Reihenfolge wären zusätzliche Reinigungsmaßnahmen erforderlich, was einer ökonomischen Betriebsführung entgegensteht.

Die Planung eines der jeweiligen Anlagenkonfiguration angepaßten Luftmanagements setzt voraus, daß

- die den Frachtbetrachtungen für Geruchsstoffe zugrunde liegenden Konzentrationsmessungen richtig bewertet werden,
- die Außenwirkung des gewählten Kompostierungsverfahrens über eine Emissions-/Immissionsprognose abgeschätzt wird,
- der Abluftreinigung und der Betriebsführung die ihnen zukommende Beachtung geschenkt wird und
- ein innerbetriebliches Konzept zur Verhinderung von über das zulässige Maß hinausgehenden Geruchsemissionen aufgestellt wird.

Bewertung von Geruchsmessungen

Die Geruchsstoffkonzentrationswerte, die für verschiedene Verfahrensteile einer Abfallkompostierung angesetzt werden können, lassen sich in zwei Hauptgruppen, die dann unterschiedlich beurteilt werden müssen, einteilen (s.a. Kapitel 3.1):

Zunächst sind dies die Werte, die direkt einem Luftvolumenstrom zugeordnet

werden können, wie z.B. die Abgase von Vorrotteaggregaten oder aus Rottehallen (aktive Geruchsquellen). Hier ist es direkt möglich, Geruchsfrachten zu berechnen. Ausserdem können diese Abgase meist leicht gefaßt, einer Reinigungsanlage zugeführt und damit desodoriert werden.

Die andere Hauptgruppe von Meßwerten sind die z.B. auf Mietenoberflächen oder bei der Anlieferung gemessenen Geruchsabstrahlungen (passive Geruchsquellen). Sie können keinem direkten Abluftvolumenstrom zugeordnet werden, eine Frachtbetrachtung ist also nur schwer möglich. Für diese passiven Geruchsquellen liegen zur Bestimmung der Geruchsfracht nur Näherungen in Form von über die Probenahmeapparatur entwickelter Umrechnungsfaktoren vor. Unter diesem Aspekt sind die gewonnenen Frachtangaben in $[GE/s, m^2]$ für flächenhafte passive Geruchsquellen nur für den Vergleich von Grössenordnungen anwendbar, eine exakte Berechnung z.B. der Quellstärke ist nicht möglich.

Als letztes, für die Bewertung von Geruchsdaten relevantes Faktum, sei hier nochmals die Temperaturabhängigkeit der Stärke der Geruchsemission angeführt. Da die Geruchseindrücke hervorrufenden Stoffe leichtflüchtig sind, ist die Temperatur der Geruchsquelle (z.B. Miete) von Bedeutung. Zugleich liegen beim Kompostierungsprozeß in der ersten Phase geruchsintensive Zwischenabbauprodukte in ihrer größten Konzentration vor.

Emissions- und Immissionsprognose

Die Abschätzung der Außenwirkung von Kompostierungsanlagen hinsichtlich ihrer Geruchsemissionen (Immissionsprognose) macht eine Unterscheidung von zwei Fällen notwendig:

- Für teilweise oder ganz ohne Einhausung arbeitende Verfahren sind Berechnungen der Stärke der Geruchsemissionen zu jedem Gerüche emittierenden Anlagenteil anzustellen.
- Bei komplett eingehausten Kompostwerken ist, eine Abluftreinigung nach dem Stand der Technik vorausgesetzt, letztendlich nur die abgegebene Luftmenge für die Quellstärke maßgebend, da in der gereinigten Abluft von konstanten Geruchsstoffkonzentrationen ausgegangen werden kann, die in ihrer Höhe nur noch vom Reinigungsverfahren abhängen.

Im ersten Falle, der wohl nur für kleinere Anlagen in Frage kommen dürfte, muß bei einer Inputmenge von ca. 6.000 Mg/a und einer Gesamtrottezeit von 10 Wochen beispielsweise mit den in Tabelle 6.1 dargestellten Geruchsfrachten gerechnet werden.

Der überschlägige Vergleich zeigt, daß eine Kompostanlage mit ca. 6.000 Mg/a Durchsatzleistung (bezogen auf den Input) rund 4.200 GE/s bei reiner Mietenrotte auf unbelüfteten Dreiecksmieten ($h = 1,60$ m) emittiert, falls bis zur 3. Rottewoche wöchentlich und bis zur 10. Rottewoche 14tägig umgesetzt wird. Emissionsmindernde Maßnahmen, wie Mietenabdeckungen mit Häckselgut oder semipermeablen Membranen (luftdurchlässige Planen) wurden hierbei nicht berücksichtigt.

Der Einsatz von Rotteboxen für die erste Rottewoche verringert die Gesamtfracht um ca. 10 %, bei Steigerung der Aufenthaltszeit in der Box auf 14 Tage ergibt sich eine Reduzierung der Gesamtfracht um rund 40 %, unter der Voraussetzung, daß ein für den Rottefortschritt optimaler Wassergehalt eingestellt wird. Die Reinigung der Boxenabluft erfolgt in diesem Fall über einen entsprechend dimensionierten Biofilter, dem eventuell ein Wäscher vorgeschaltet werden muß, um die angenommene Reingaskonzentration von $150 GE/m^3$ einhalten zu können.

Tab. 6.1: Beispiele für Geruchsemissionen einer Kompostanlage mit ca. 6.000 Mg/a Input

Ort/Aggregat	Materialmenge [m ³]	Kompostierung auf unbelüfteten Dreiecksmieten (h = 1,60 m) [GE/s]	Vorschaltung von Rotteboxen (Aufenthaltszeit 7/14 Tage) [GE/s]
Bunker	46	390	390
Input - frisch aufbereitet - abgedeckt	23) ¹ 23) ¹	235 40	235 -
Rotteboxen - Abluft nach Biofilter (5 m ³ /m ³ ,h) - Austrag (feucht)	230/460 41/39	- -	48/96 1.120/640
Dreiecksmieten (in Ruhe) - max. 14 Tage alt - über 14 Tage alt	ca. 340) ³ ca. 160) ³ ca. 1.300) ³	680 - 520	- 320/- 520
Dreiecksmieten (Umsatzvorgänge) - 7 Tage alt - 14 Tage alt - 21 Tage alt - Rottegrad > III) ²	41 39 37 ca. 60) ³	1.120 640 240 72	- 640/- 240 72
Feinaufbereitung)⁴	23	28	28
Lager (12 Wochen) - Tagesmenge angegraben - Lagermieten in Ruhe	23 1.380	12 235	12 235
Summe	-	4.212	3.860/2.468

)¹ halbe Tagesmenge

)² 14tägiger Umsetzrhythmus (täglich zwei Mieten)

)³ Durchschnittswert

)⁴ wie Umsetzen bei Rottegrad > III

Komplett eingehauste Kompostanlagen (2. Fall) emittieren Gerüche praktisch nur noch über die gereinigte Abluft, daher bestimmt im Endeffekt die Gesamtabluftmenge die Quellstärke der Anlage; eine Minimierung des Abluftvolumens ist also entscheidend für eine günstige Immissionsprognose. Aus diesem Grund wird nachfolgend beispielhaft ein überschlägiger Vergleich der Gesamtabluftmengen von Komposthallen mit saug- bzw. druckbelüfteten Tafelmieten angestellt. Der Anlageninput wurde für das Beispiel zu 20.000 Mg/a gewählt. Für den Kompost kommt dabei eine Belüftungsrate von durchschnittlich 3 m³ Luft/ m³, h zum Ansatz.

Bei einer Gesamtfläche des Rotteteils von rund 3.800 m² und einer Hallenhöhe von 8,00 m ergibt sich ein Hallenvolumen von 30.400 m³. Das Kompostvolumen mit 6.600 m³ (zehnwöchige Rotte) abgezogen verbleibt ein zu entlüftendes Hallenvolumen von 23.800 m³, einen einfachen Hallenluftwechsel zugrunde gelegt (kein Dauerarbeitsplatz), müssen aus der Halle also 23.800 m³/h abgezogen werden.

Wird bei einer **Saugbelüftung** die Mietenabluft (19.800 m³/h) voll auf die Luftwechselzahl angerechnet, so verbleiben noch 4.000 m³/h, die als Hallenabluft der Reinigungsanlage zugeführt werden müssen. Die zu behandelnde Gesamtabluftmenge ist damit wieder 23.800 m³/h.

Im Falle einer **Druckbelüftung** müssen bei einfachem Hallenluftwechsel ebenfalls 23.800 m³/h abgesaugt werden. Im Gegensatz zu saugbelüfteten Mieten kann

jedoch beim Einsatz der Druckbelüftung ein Teil der Hallenabluft im Kreis geführt werden, was die Gesamtabluftmenge reduziert. Wird der Umluftanteil mit 30 % der Hallenabluft angesetzt, so ergeben sich in dieser Beispielrechnung 7.140 m³/h, die nicht der Abluftreinigung zugeführt werden müssen. Die zu behandelnde Luftmenge, gleichzeitig die emittierte Luftmenge, umfaßt dann nur noch 16.660 m³/h.

Diese Menge ist noch ausreichend hoch, um die Abluftströme aus dem Bunkerbereich, aus der Inputaufbereitung und aus der Feinaufbereitung, bei dort ebenfalls erfolgter Minimierung der Luftmengen (z.B. durch Kapselung von Einzelaggregaten), im Normalbetrieb (tagsüber) zumindest zu 50 % zur Mietenbelüftung (Hallenzuluft) zu verwenden.

Der Vergleich der Belüftungsarten im Hinblick auf eine höchstmögliche Reduzierung der Gesamtabluftmenge eines Kompostwerkes ergibt damit, daß in einer Anlage mit ca. 20.000 Mg/a Durchsatzleistung mit druckbelüfteten Tafelmieten bis zu 30 % des Abluftvolumens aus dem Rotteteil gegenüber saugbelüfteten Mieten eingespart werden können. Eine optimale Abluftreinigung mit Geruchsstoffkonzentrationen von < 250 GE/m³ nach dem Filter in beiden Fällen vorausgesetzt, bedeutet dies, daß die aus dem Abluftstrom der Rottehalle emittierte Geruchsfraucht bei druckbelüfteten Mieten ebenfalls um bis zu 30 % verringert wird.

Der Sonderfall der teilweise saug- und teilweise druckbelüfteten Mieten unter Verwendung der Mietenabluft aus dem saugbelüfteten Teil als Zuluft für den druckbelüfteten Teil ist bei der Luftmengenbetrachtung einer reinen Mietendruckbelüftung mit Umluft gleichzusetzen.

Dies bedeutet für ein Werk mit ca. 20.000 Mg/a Input, daß bei optimaler Luftführung (Mehrfachgebrauch, Umluft) beim Einsatz saugbelüfteter Tafelmieten sich Geruchsstofffrachten am Biofilter von rund 1.700 GE/s und bei Druckbelüftung von rund 1.200 GE/s aus der Rottehallenabluft ergeben. Die zusätzlich der Abluftreinigungsanlage zugeführten Luftströme aus den anderen Anlagenteilen erhöhen diesen Emissionsmassenstrom entsprechend.

Der Vergleich der Überschlagsrechnungen für eine "kleine Anlage" (ca. 6.000 Mg/a Durchsatz) ohne jegliche Einhausung und ohne spezielle Geruchsminierungsmaßnahmen und für eine "große Anlage" (ca. 20.000 Mg/a Durchsatz) mit saugbelüfteten Mieten zeigt, daß das große Werk aus dem Rotteteil nur etwa 40 % der Gesamtgeruchsfraucht der kleinen Anlage emittiert; beim Einsatz einer Druckbelüftung sinkt diese emittierte Fracht sogar auf rund 30 %. Nachdem bei optimierter Luftführung der Abluftvolumenstrom und damit die nach der Abluftreinigung emittierte Geruchsfraucht aus der Rottehalle eines komplett eingehausten Kompostwerkes mit der angesetzten Durchsatzmenge von ca. 20.000 Mg/a mindestens 50 % der Gesamtfracht ausmacht, liegt die "große Anlage" bei der Gesamtemission immer noch günstiger, als das beispielhaft dargestellte "kleine" Werk, das nur ca. 6.000 Mg/a verarbeitet.

Aus diesen Betrachtungen läßt sich ableiten, daß über für die Umgebung festzulegende Immissionswerte zunächst auf die zulässige Quellstärke einer zu planenden Anlage zurückgerechnet werden muß. Daran anschließend können dann adäquate Planungen durchgeführt werden, deren Ziel eine geruchsseitig optimale Verfahrensweise ist.

Abluftreinigung

Derzeit werden meist Biofilter mit Auflagen aus Kompost, Rindenschrot, Mischungen mit Blähton, gerissenes Wurzelholz, Fasertorf und Heidekraut eingesetzt, um geruchsbeladene Abluftströme zu desodorieren. Bei hochbelasteten Abluftströmen (z.B. Rottetrommeln, Mietenabluft aus Saugbelüftungen) kommen oft vorgeschaltete Biowäscher hinzu, da ansonsten die Rohgaskonzentration zu hoch ist, um auch bei Filterwirkungsgraden > 95 % reingasseitig befriedigende Ergebnisse zu erzielen. Eine Befeuchtungsstrecke für den Abluftstrom vor dem Biofilter wirkt durch die Auswaschung von Geruchsstoffen ebenfalls konzentrationsmindernd. Bei den zukünftig noch in verschärfter Form zu erwartenden Geruchsemissions-

Auflagen für biologische Abfallbehandlungsanlagen ist eine Tendenz zu mehrstufigen Abluftreinigungsverfahren unausweichlich. Dies kann bis zu Kombinationen aus Biowäschern und mehreren hintereinander geschalteten Biofiltern führen. Auch einer Fassung der Abluftströme nach ihrer Reinigung und deren Ableitung über Kamine wird aufgrund des positiven Einflusses der gesteigerten Quellhöhe auf die Immissionswerte in Zukunft mehr Beachtung geschenkt werden (s.a. Kapitel 3.1).

Werden alle oben und in Kapitel 9 genannten Randbedingungen beachtet, so ist davon auszugehen, daß für teilweise bzw. völlig eingehauste Kompostierungsanlagen ein an die jeweilige Anlagentechnik angepaßtes, optimales Luftmanagement gefunden werden kann, welches die Außenwirkungen des Anlagenbetriebes aus der Emission von Geruchsstoffen auf ein Minimum beschränkt.

Die Tabelle 6.2 zeigt die Zusammenstellung der geruchsrelevanten Daten für eine gekapselte Kompostierungsanlage mit einem Jahresdurchsatz von 12.500 Mg/a. Dieses Beispiel wird in den Abbildungen 6.1 bis 6.3 aufgenommen, um zu demonstrieren, welche Auswirkungen die Luftführung innerhalb der Anlage auf die Quellstärke des Biofilters hat. Die Beispielanlage entspricht weitgehend dem Baumuster IV (Mietenkompostierung belüftet, s.a. Kapitel 5)

So kann im dargestellten Fall durch konsequente Mehrfachnutzung von Luftströmen (Abb. 6.1) die aus dem Biofilter emittierte Geruchsfracht gegenüber der ursprünglichen Planung um rund 30 % abgesenkt werden (Abb. 6.2). Allerdings ist hierbei zu beachten:

- Werden Abluftströme aus einzelnen Anlagenteilen in andere Betriebsabschnitte eingeleitet, so darf die gebrauchte Zuluft nur einen Anteil von 60 bis 80 % der aus dem gleichen Abschnitt abgeführten Luftmenge ausmachen, der Rest sollte über Frischluftklappen angesaugt werden. Auf diese Weise kann immer ein

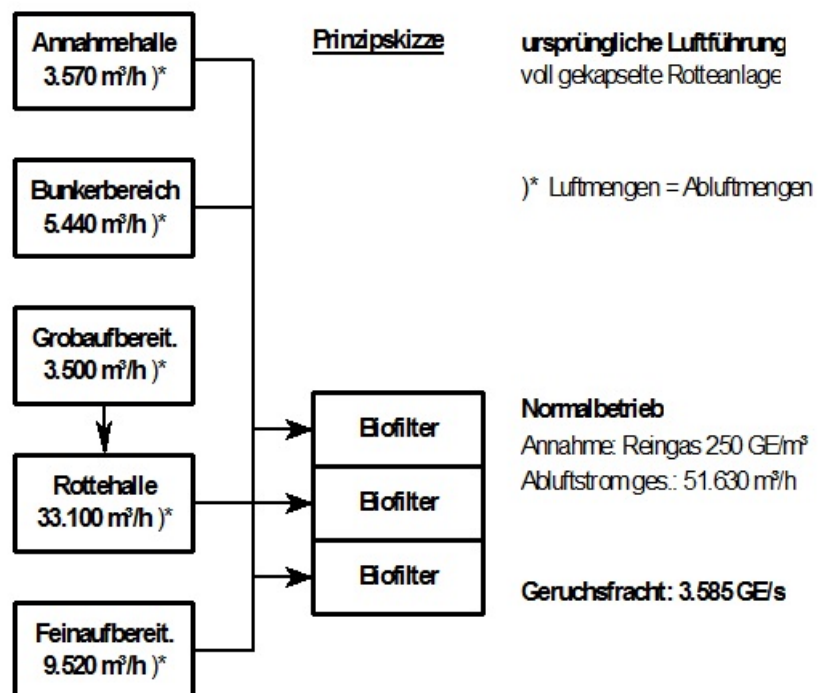


Abb. 6.1: Beispiel für eine nicht optimierte Luftführung (Daten aus Tabelle 6.2)

leichter Unterdruck aufrecht erhalten werden, was diffuse Geruchsstoffaustritte verhindert.

- Bei speziellen Betriebszuständen (z.B. Wartungsarbeiten) kann es notwendig werden, gebrauchte Zuluftströme umzuleiten bzw. ganz abzuschalten, um die Atmosphäre im betroffenen Anlagenteil zu verbessern (Abb. 6.3).

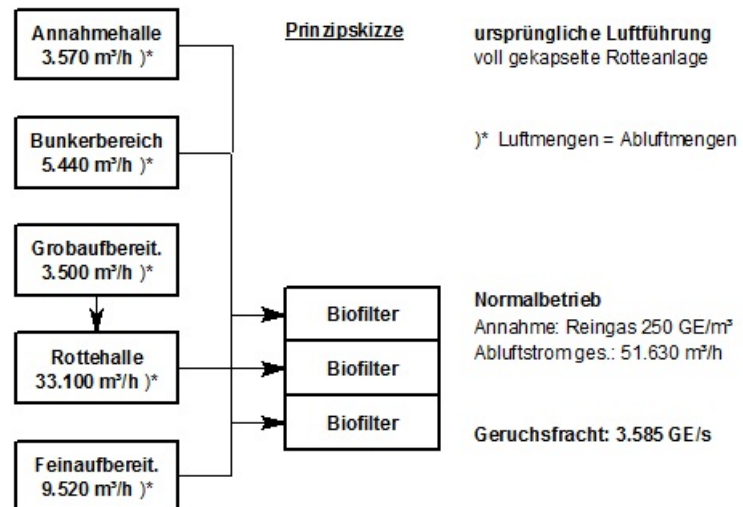


Abb. 6.2: Beispiel für eine optimierte Luftführung (Daten aus Tabelle 6.2)

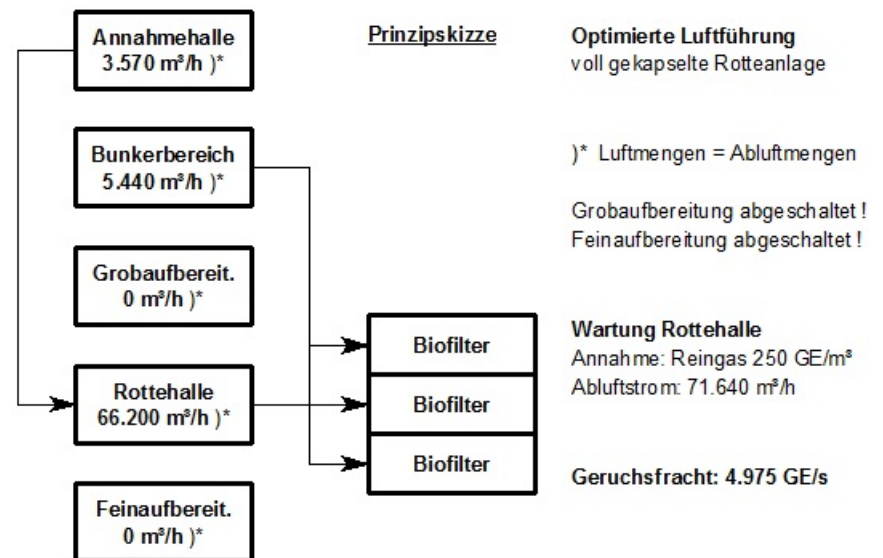


Abb. 6.3: Beispiel für eine optimierte Luftführung bei Wartungsarbeiten in der Rottehalle (Daten aus Tabelle 6.2)

Tab. 6.2: Geruchsemissionswerte einer Kompostanlage mit 12.500 Mg/a Durchsatzleistung (Beispiel)

Pos.	Quelle	Fläche [m ²]	Volumen [m ³]	Oberfläche [m ²]	Luftstrom [m ³ /h]	Geruchsstoffkonzentration [GE/m ³]	Geruchsabstrahlung [GE/m ² , s]	Geruchsfracht [GE/s]
1.1	Materialbox für Häckselgut	25	50	70	-	500-1.500	0,41-1,24	29-87
1.2	Annahmehalle	525	3.570	-	3.570	100-300	-	100-300
-	Abluft Annahmehalle	525	3.570	-	3.570	150-400	-	150-400
2.1	Tiefbunker Bioabfall	50	60	80	-	1.000-8.500	0,83-7,04	66-560
2.2	Tiefbunker Grünabfall	166	500	300	-	150-500	0,12-0,41	36-120
2.3	Vorzerkleinerung	-	-	30	-	1.200-3.000	0,99-2,49	30-75
-	Abluft Bunkerbereich	270	2.720	-	5.440	200-800	-	300-1.210
3.1	Aufbereitungshalle	216	1.750	-	3.500	300-500	-	290-490
3.2	Gekapselte Aggregate	-	-	-	500	2.160	-	300
-	Abluft Grobaufbereitung	216	1.750	-	3.500	610-810	-	590-790
5.1	Tafelmitte Lager	340	1.000	400	-	250	0,21	84
5.2	Aufs./abgraben Tafelmitte	-	-	120	-	1.200	0,99	120
5.3	Siebanlage (passiv)	-	-	150	-	1.200	0,99	150
5.4	Absackanlage (passiv)	-	-	50	-	300	0,25	13
5.5	Abluft Sieb + Absackung	-	-	-	500	600	-	83
-	Abluft Feinaufber. u. Lager	867	4.760	-	9.520	170	-	450
4.1	Zuluft Rottehalle) ¹	-	-	-	18.460	260-480	-	1.340-2.450
4.2	Miete saugbelüftet	1.750	2.800	1.780	-	300-800	0,25-0,66	445-1.170
4.3	Miete druckbelüftet	1.750	2.800	1.780	5.040	500-3.000	-	700-4.200
4.4	Umsetzen saugbel. Miete	-	-	450	-	1.500-4.500	1,24-3,73	560-1.680
4.5	Umsetzen druckbel. Miete	-	-	450	1.275	1.200-5.000	-	425-1.770
-	Abluft Rottehalle	4.320	33.100	-	33.100) ² 66.200) ³	1.170-2.090 580-1.040	-	10.760-19.220 10.670-19.120
7.1	Resteconter	-	-	20	-	500-2.500	0,41-2,07	8-41
7.2	Austräge Siebanlage	-	-	80	-	250-1.200	0,21-0,99	17-79
7.3	Verkehrsflächen außen	1.000	-	-	-	50-200	0,04-0,17	40-170
7.4	Andere diffuse Quellen	-	-	-	-	-	-	200
-	max. Gesamtemission aktiv	-	-	-	33.100 66.200	250 250	-	2.300 4.600
-	max. Gesamtemission passiv	-	-	-	-	-	-	490

)¹ optimierte Luftführung, Abluftströme aus Bunkerbereich inkl. Annahmehalle, Grobaufbereitung und Feinaufbereitung

)² Normalbetrieb mit einfachem Luftwechsel je Stunde in der Rottehalle

)³ Wartungsarbeiten mit zweifachem Luftwechsel je Stunde in der Rottehalle

Kapitel VII

Erstellung der Bemessungsblätter zur Geruchsentscheidung in Kompostwerken

Die im Folgenden beschriebenen Bemessungsblätter sollen die Einschätzung und Berechnung von Geruchsemissionen und -immissionen vereinheitlichen und vereinfachen. Dieses Ziel wird erreicht, indem alle zur Zeit auf dem Markt vorhandenen Kompostierungsverfahren in sechs Baumuster eingeteilt (siehe Kap. V) und die entstehenden Geruchsemissionen den Baumustern zugeordnet werden.

Die Geruchsdaten, die Grundlage für die Bemessungsblätter bilden, sind den Daten des Kapitels V entnommen.

Die Voraussetzung für eine richtige Einschätzung der Emissionen ist eine exakte Charakterisierung der konzipierten Anlage. Eine ständige Aktualisierung der Datenbasis ist unumgänglich.

1 Aufbau der Bemessungsblätter

Die Bemessungsblätter sind zur besseren Übersicht in zwei parallel verlaufende Ebenen unterteilt. Die eine beschreibt die Emissionen und die Einflußgrößen der verfahrensspezifischen Verfahrensschritte, die andere Ebene behandelt die allgemeingültigen, in jedem Verfahren vorkommenden Verfahrensschritte. In Abbildung 7.1 ist der Aufbau der Bemessungsblätter mit den zwei parallel verlaufenden Ebenen nochmals verdeutlicht. Aufgeführt sind die sechs verschiedenen Baumuster als Hauptebene und die spezifischen und allgemeinen Verfahrensschritte mit den zugehörigen Einflußgrößen als die zwei Unterebenen.

Die Bemessungsblätter für die einzelnen Baumuster sind in Anhang A dokumentiert.

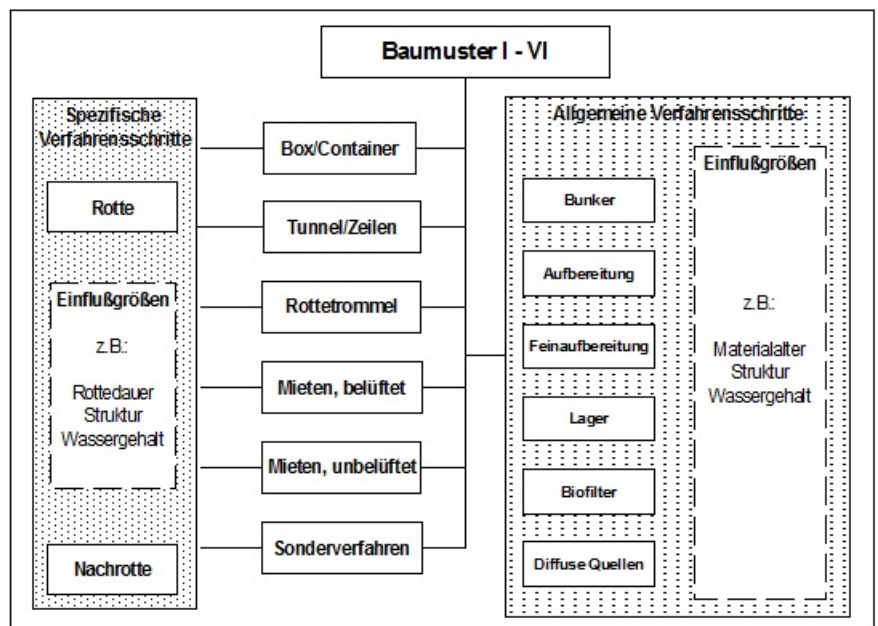


Abb. 7.1: Aufbau der beiden parallel verlaufenden Ebenen der Bemessungsblätter

In Folge werden die einzelnen Ebenen näher beschrieben und anhand von beispielhaften Abbildungen dokumentiert.

Hauptebene I bis VI

In Abbildung 7.2 ist die Hauptebene beispielhaft anhand der Boxen-/Containerkompostierung dargestellt. In dieser Ebene wird die beschriebene Verfahrenart vorgestellt anhand eines Fließschemas. Innerhalb des Fließschemas sind die einzelnen Verfahrensschritte mit zwei verschiedenen Farben hinterlegt. Die Schritte mit hellem Hintergrund beschreiben die Ebene der allgemeingültigen Verfahrensschritte und die dunkel hinterlegten Schritte die Ebene mit den verfahrensspezifischen Verfahrensteilen. Außerdem werden alle zur Zeit sich auf dem Markt befindlichen Anbieter aufgelistet.

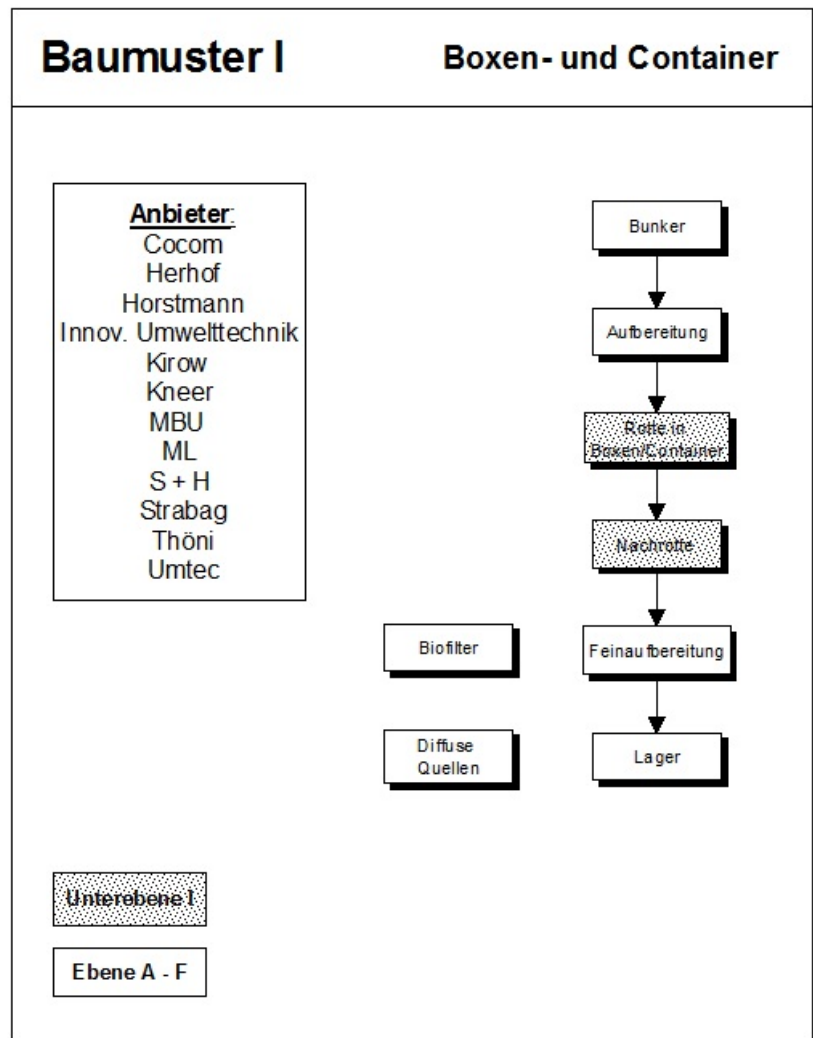


Abb. 7.2: Hauptebene des Baumusters I

Unterebene I bis VI (spezifische Verfahrensschritte)

In dieser Unterebene sind die verfahrensspezifischen Teilbausteine des Baumusters, wie zum Beispiel die Rotte, Nachrotte und deren Emissionen aufgeführt. Dabei werden alle emittierenden Arbeitsschritte innerhalb der spezifischen Verfahrensschritte bzw. alle Abluftmöglichkeiten mit den entsprechenden Geruchsstoffkonzentrationen belegt. Zusätzlich werden zu allen Emissionsmöglichkeiten die entsprechenden Einflußgrößen benannt. Diese sind nötig, da oftmals sehr große Schwankungsbereiche innerhalb der Konzentrationen auftreten (siehe hierzu auch Kap. 4). Diese Einflußgrößen können zum Beispiel der Wassergehalt oder auch die Rottedauer des Materials sein. In Abbildung 7.3 ist die Unterebene I der Boxen-/Containerkompostierung als Beispiel dargestellt.

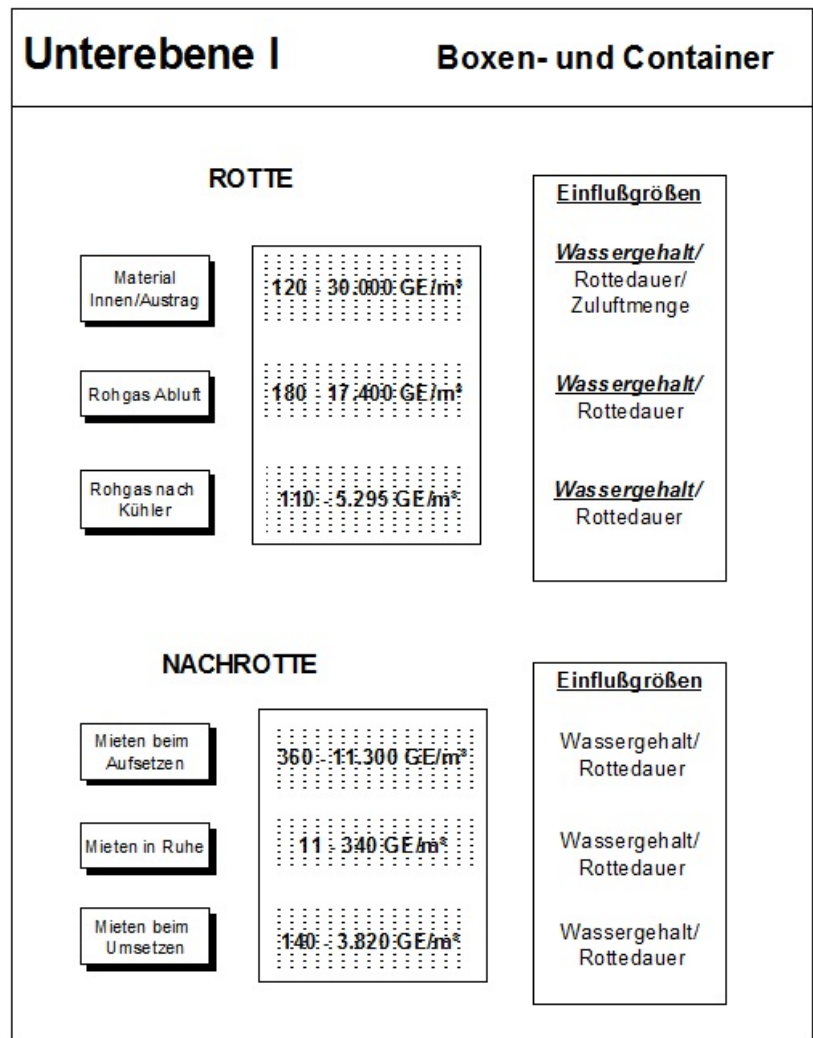


Abb. 7.3: Unterebene I des Baumusters I

Einflußgrößen der Unterebenen I bis VI

In dieser Ebene werden die vorher genannten Einflußgrößen, die auf die einzelnen Emittenten wirken, näher beschrieben. Diese Ebene ist als Hilfe für die Einschätzung der Geruchsstoffkonzentrationen gedacht, die innerhalb hoher Schwankungen liegen. So werden die Konzentrationen noch weiter aufgeschlüsselt und transparent gemacht, soweit das möglich ist. Als Beispiel sind in Abbildung 7.4 die Einflußgrößen der Unterebene I der Boxen-/Containerkompostierung dargestellt.

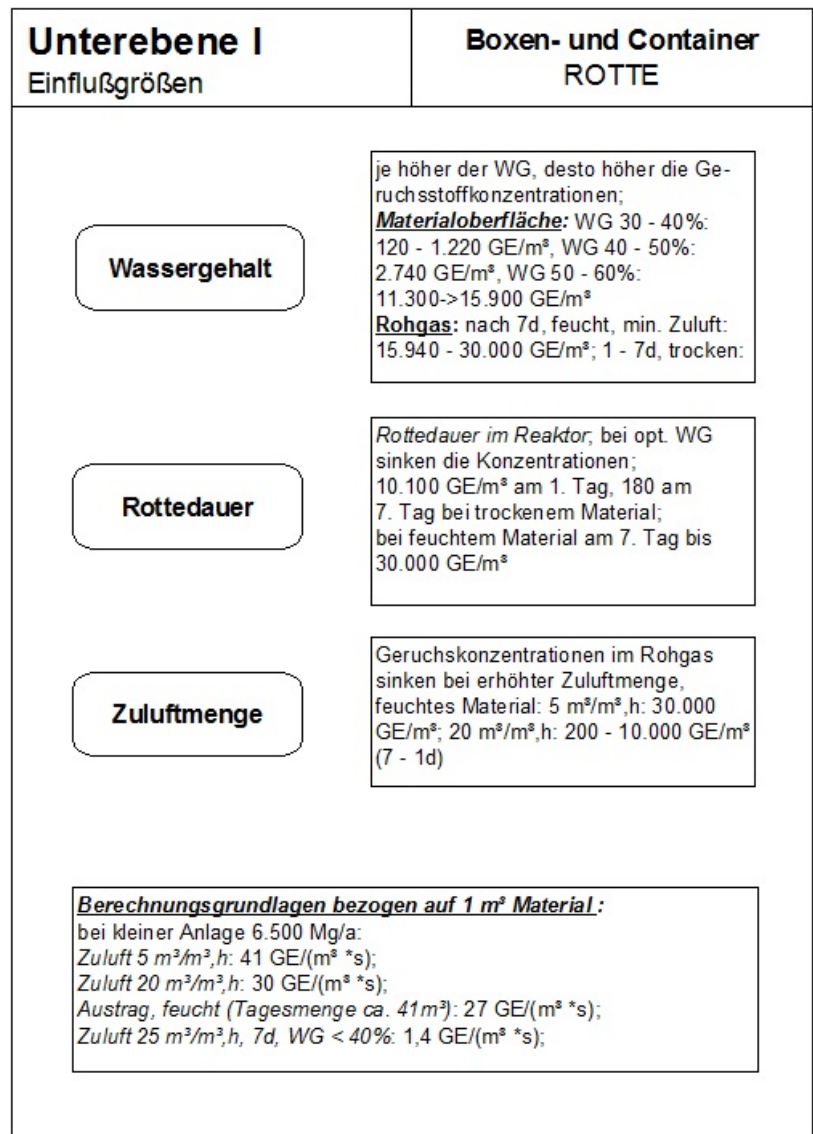


Abb. 7.4: Einflußgrößen für die Unterebene I des Baumusters I

Ebene A bis F (allgemeingültige Verfahrensschritte)

Eine parallel laufende Ebene zu Unterebene I bis VI bilden die allgemeinen Verfahrensschritte, wie die Aufbereitung oder die Anlieferung des Bioabfalls, die durch die Buchstaben A bis F gekennzeichnet sind (siehe auch Kap. 5). Sie sind genauso aufgebaut und haben auch, wie oben schon beschrieben, eine Ebene, welche die Einflußgrößen beschreibt. In Abbildung 7.5 und 7.6 ist beispielhaft an dem Verfahrensschritt Aufbereitung (Ebene B) der Aufbau der beiden Ebenen dargestellt.

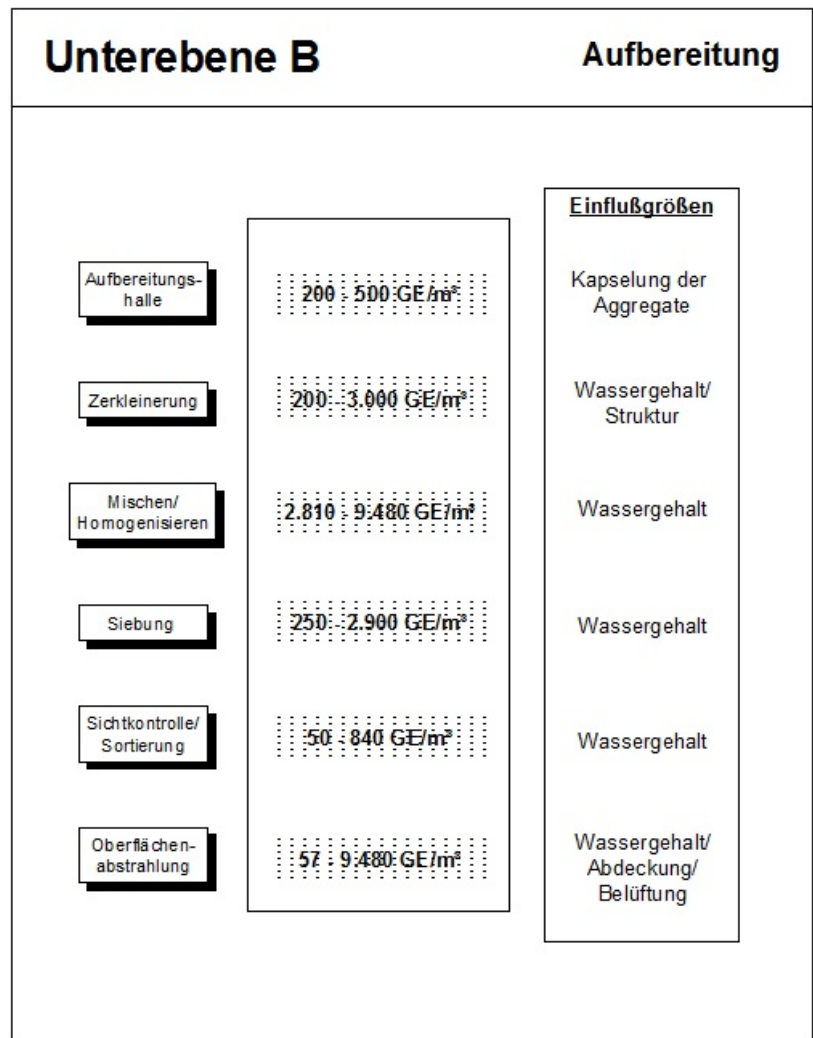


Abb. 7.5: Ebene B - Aufbereitung

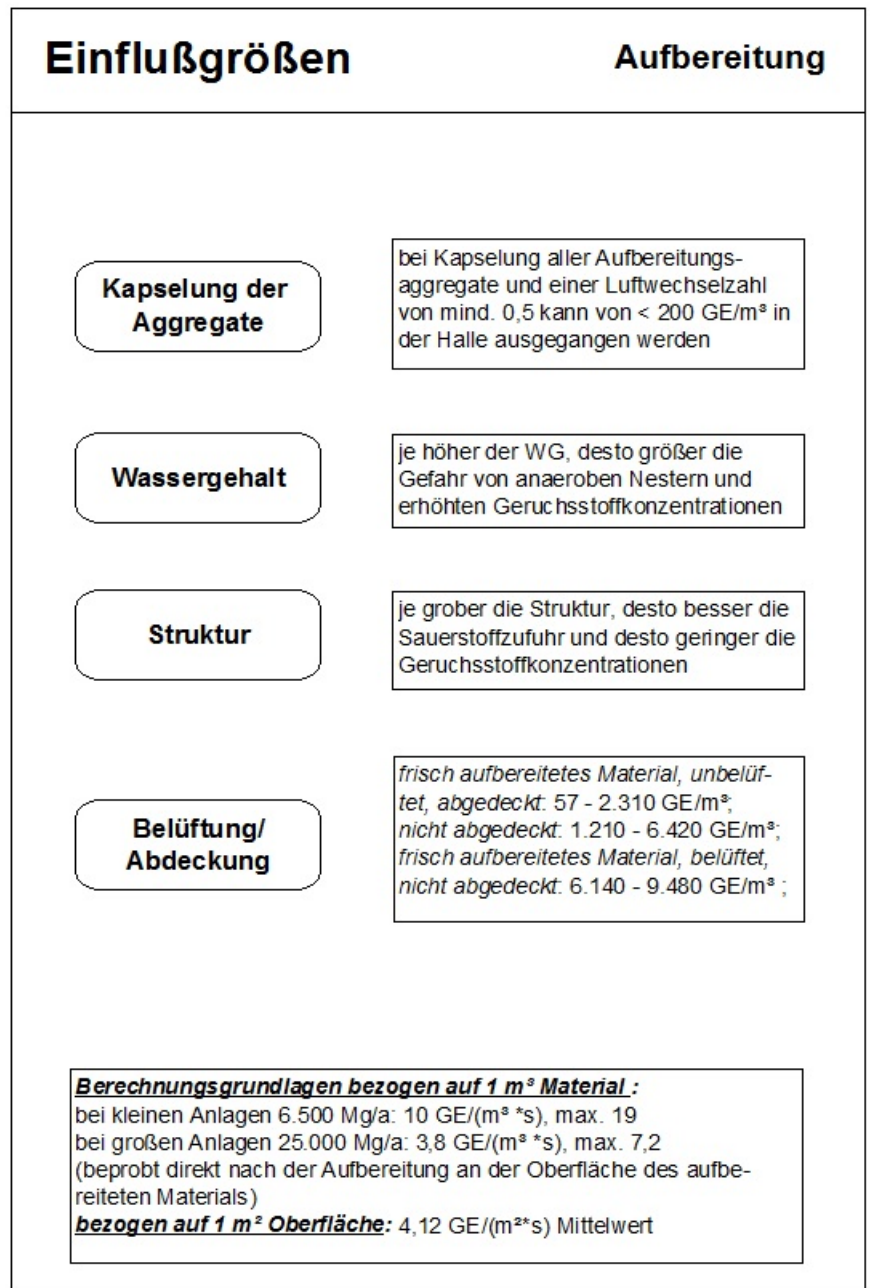


Abb. 7.6: Einflußgrößen für die Unterebene B

2 Handhabung der Bemessungsblätter

Um die Arbeit mit den Bemessungsblättern zu erleichtern, wird die Vorgehensweise im Umgang mit den Blättern anhand der Abbildung 7.7 beispielhaft durchgeführt.

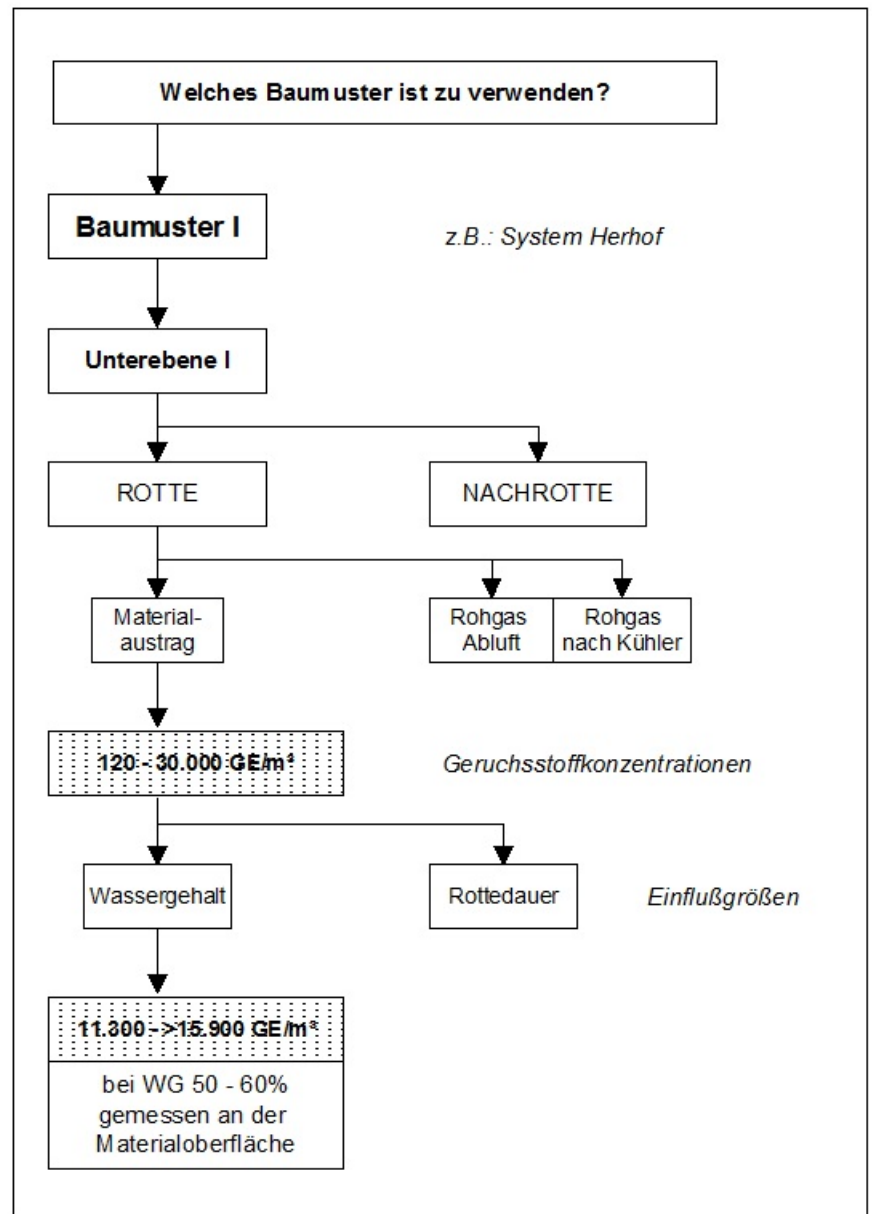


Abb. 7.7: Vorgehensweise bei der Arbeit mit den Bemessungsblättern anhand eines Beispiel-Baumusters

Hat der Planer einer Kompostierungsanlage sich für ein Kompostierungssystem entschieden, so stellt sich als erstes die Frage, welches Baumuster durchlaufen werden muß. Hat er sich für ein Baumuster entschieden, in diesem Fall Baumuster I, muß die Ebene gewählt werden (allgemeine oder spezifische Verfahrensschritte), die durchlaufen werden soll. Im Beispiel ist dies die Unterebene I, also die verfahrensspezifische Unterebene. Innerhalb dieser Unterebene gibt es wiederum zwei verschiedenen Wahlmöglichkeiten (siehe auch Abb. 7.1), hier die Rotte und die Nachrotte.

Gewählt wird in diesem Fall die Rotte, die wiederum in emissionsrelevante Bereiche unterteilt ist, wie z.B. Materialeintrag und -austrag, Materialoberfläche, Umsetzungsvorgänge etc.. Als Beispiel wird in diesem Ablauf der Materialaustrag gewählt, der mit einer Geruchsstoffkonzentration von 120 bis 30.000 GE/m³ angegeben ist. Um die Auswahl der Höhe der Geruchsstoffkonzentrationen für den Bearbeiter zu erleichtern, wurden für jeden emissionsrelevanten Bereich, soweit möglich, Einflußgrößen mit den zugehörigen Geruchsstoffkonzentrationen ermittelt. Diese Einflußgrößen sind z.B. der Wassergehalt des Materials, die Rottedauer, etc. (sie-

he auch Abb. 7.4).

Als Beispiel für eine Einflußgröße wurde der Wassergehalt des Materials gewählt. In diesem Fall steigen die Konzentrationen mit zunehmendem Wassergehalt an. So liegen bei einem Wassergehalt zwischen 50 und 60 % die Geruchsstoffkonzentrationen zwischen 12.000 und 16.000 GE/m³.

Kapitel VIII

Frachtenberechnung und Immissionsbe- trachtung einer Kompostanlage mit Emis- sionsminderungsmaßnahmen anhand eines Beispiels

Diese Frachtenberechnung soll verdeutlichen, wie der Ablauf einer Emissions- bzw. Immissionsprognose zur Zeit stattfindet und wie aufwendig ein solches Verfahren ist. Außerdem wird deutlich, mit welcher Willkür die Geruchsdaten aus der Literatur genommen werden. Hier zeigt sich, daß einheitliche Ansätze zur Abschätzung der Emissionen und Immissionen dringend notwendig sind.

1 Beschreibung der Beispielanlage

1.1 Herkunft, Art, Menge und Qualität des Biomülls

Angeschlossen an die Biomüllkompostierung des Beispiel-Landkreises sind ca. 160.000 Einwohner. Die Sammlung des Biomülls erfolgt in der Regel in belüfteten Biotonnen, die in einem 14-tägigen Sammlungszyklus geleert werden.

Bei der Planung der Anlage wurde davon ausgegangen, daß aufgrund des überwiegend ländlichen Charakters der Entsorgungsgebiete ein hoher Strukturstoffanteil von 30-40 % im Biomüll enthalten sei. Diese Erwartungen konnten bisher jedoch nicht erfüllt werden.

Der Störstoffanteil im angelieferten Biomüll, der sich in der überwiegenden Anzahl aus Kunststofffolien, Bruchglas und Steinen zusammensetzt, liegt mit ca. 5 Gew.% in einem üblichen Rahmen.

Zur Zeit fallen ca. 50 - 60 kg/(E*a) an, so daß sich die reine Biomüllmenge auf ungefähr 8.000 - 9.600 Mg/a beläuft.

2 Verfahrensablauf der Kompostierung

Neben der eigentlichen Kompostierung befindet sich auf dem Gelände der Anlage noch ein Recyclinghof, eine Annahmestelle für Problemabfälle aus Haushaltungen, ein Anlieferungsplatz für Sperrmüll sowie eine Umladestation mit einer Müll-

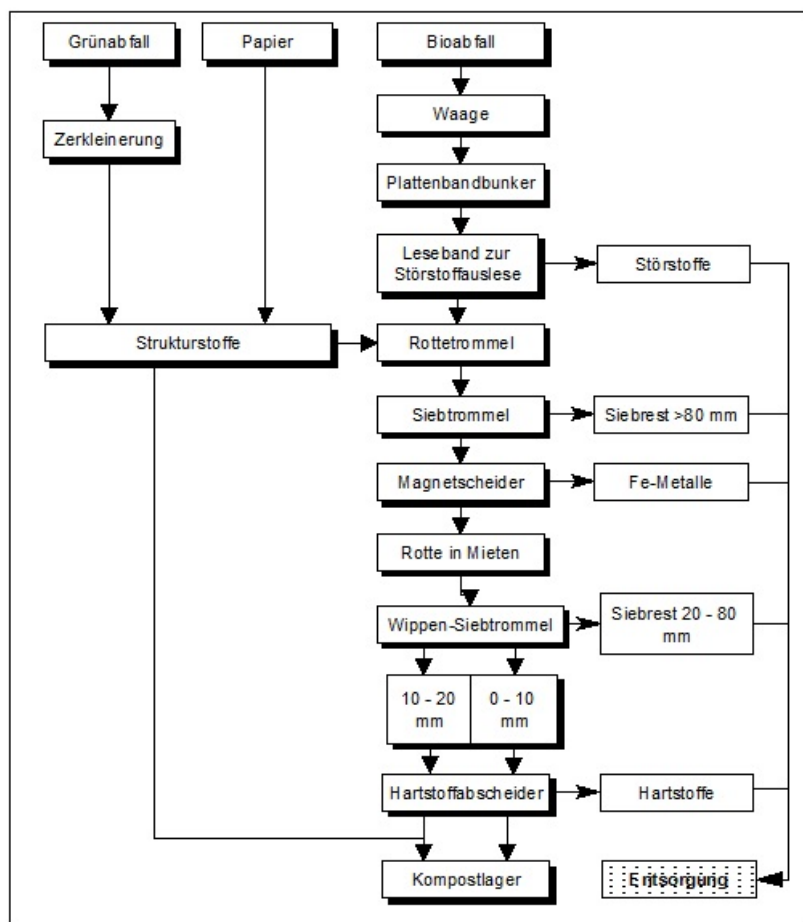


Abb. 8.1: Verfahrensschema der Kompostierungsanlage

presse.

Der Verfahrensablauf der Beispiel-Kompostierungsanlage ist schematisch in Ab-

bildung 8.1 dargestellt.

2.1 Der Annahmebereich

Die Anlieferung des Biomülls findet an 5 Tagen pro Woche über 8 Stunden täglich statt. Nach der Wägung und Registrierung fahren die Fahrzeuge in eine geschlossene Bunkerhalle mit auffahrbaren Rolltoren ein und entleeren den Biomüll in einen Plattenbandbunker. Der Plattenbandbunker besteht aus einem vergrößerten Einfülltrichter (50 m^3), der als Speicher fungiert und dem darunterliegenden Plattenband. Nach dem Einfüllvorgang wird der Biomüll unverzüglich durch das horizontal liegende Plattenband von unten abgezogen und in den Aufbereitungs-trakt gefördert. In der geschlossenen Annahmehalle mit einem Volumen von ca. 1800 m^3 wird während der Anlieferung die Hallenabluft permanent abgesaugt ($10.000 \text{ m}^3/\text{h}$) und dem Biofilter zugeführt.

2.2. Der Aufbereitungs- und Vorrottebereich

Vom Plattenband wird der Biomüll in die Vorbehandlungsanlage transportiert und dort von einem verfahrbaren Leseband übernommen. Sollen Störstoffchar-gen aussortiert werden, wird das Band angehalten, aus seiner Transportposition verfahren und die Störstoffladung in einem Container abgekippt. Nachdem das Band in seine Ausgangsposition zurückgefahren wurde, wird der Biomüll in die Rottetrommel eingebracht.

Bei der Rottetrommel handelt es sich um eine Trommel mit einem Durchmesser von 3,75 m und einer Länge von 20 m, die im Dauerbetrieb gefahren wird. Hier wird der Bioabfall gleichzeitig mit dem Strukturmaterial eingefüllt und über einen Zeitraum von 24 Stunden zerkleinert und homogenisiert. Bei dem Strukturmaterial, das teilweise in der Vorbehandlungshalle gelagert wird und ebenfalls mit Transportbändern zur Rottetrommel gebracht wird, handelt es sich um zwei verschiedene Materialien. Zum einen ist dies Grünabfall mit einem hohen Gehalt an Strauchschnitt, der zu ca. 20 Gew. % zugegeben wird. Der Grünabfall dient vorwiegend der Strukturverbesserung des Kompostmaterials.

Zum anderen wird zu etwa 10 Gew. % Papier in Form von Zeitungen und Kartonagen beigefügt. Das Papier übernimmt dabei die Funktion eines wasserbindenden Stoffes, so daß der hohe Wassergehalt des Biomülls von 70 % auf 50 - 55 % im Ausgangsmaterial der Rottetrommel eingestellt werden kann. Nach Aussagen des Betreibers bewirkt die Papierzugabe keine entscheidende Erhöhung der Schwermetallgehalte im Fertigungskompost.

Die Aufenthaltszeit von nur einem Tag in der Rottetrommel dient primär der Homogenisierung. Dennoch werden im Material Temperaturen von bis zu 50 C erreicht. Da die Rottetrommel durchgehend in Betrieb ist, die Materialanlieferung jedoch nur an 5 Tagen in der Woche stattfindet, kann zumindest am Wochenende mit einem verstärkten Abbau der organischen Substanz aufgrund der verlängerten Aufenthaltszeit gerechnet werden. Für die Abführung der geruchsbeladenen Abluft und die Zuleitung zum Biofilter sorgt ein Absaugaggregat mit einer Leistung von $6000 \text{ m}^3/\text{h}$. Der Austrag des Rottematerials erfolgt diskontinuierlich über einen Zeitraum von ca. 3 Stunden und wird anschließend über ein Förderband der Siebtrommel zugeleitet.

In der Siebtrommel mit einem Durchmesser von 2,5 m und einer Länge von 6 m wird der Rottetrommelaustrag über 80 mm durchgeseibt. Das Überkorn gelangt mittels eines Förderbandes zur Umladestation. Hier werden neben anderen Abfällen die Störstoffe und die Fraktionen $> 80 \text{ mm}$ sowie 20 - 80 mm in einer Müllpresse kompaktiert und anschließend mit Fahrzeugen zur Deponie gefahren.

Im nächsten Aufbereitungsaggregat werden dem Material Eisenmetalle über einen Überbandmagnetscheider entzogen und in einen Container abgeworfen. Die Metallfraktionen werden der Umladestation zugeführt, während der Kompostrohstoff über gekapselte Förderbänder die Vorbehandlungshalle verläßt und zur Mietenkompostierung befördert wird.

2.3 Der Nachrottebereich

Der für die unbelüftete Nachrotte aufbereitete Kompost hat einen Wassergehalt von ca. 50 - 55% und eine Schüttdichte von ca. $0,65 - 0,70 \text{ Mg}/\text{m}^3$.

Die offene und unbelüftete Mietenkompostierung findet auf zwei verschiedenen, räumlich voneinander getrennten und überdachten Rotteflächen statt. Die Überdachung wurde in Folge der hohen durchschnittlichen Jahresniederschlagshöhe von ca. 1.000 mm erforderlich, um die Mieten vor einer Vernässung zu schützen und den Feuchtigkeitsgehalt aktiv steuern zu können.

Das Rottegut wird über ein gekapseltes Förderband zur ersten Rottefläche transportiert, abgeworfen und anschließend von Radladern zu 2,5 m hohen Tafelmieten aufgesetzt. Die etwa 2.000 m² umfassende Fläche ist mit Schlitzplatten versehen. Somit wird eine Belüftung von unten gewährleistet und gleichzeitig eine Vernässung der Mietenfüße verhindert. Die nach Nordwesten liegende Seite der Rottefläche 1 ist auf der gesamten Länge von etwa 45 m mit einer Wand versehen worden, um die benachbarten Anwohner vor den beim Umsetzen entstehenden Staubschwaden und den emittierten Geruchspaketen zu schützen. Um die Belüftung der Mieten zu verbessern, werden die Mieten in einem Abstand von ca. 1 m, bis zu einer Tiefe von 1,5 m angebohrt. Durch die Bohrungen mit einem Durchmesser von 20 cm entsteht ein Kamineffekt, der anaerobe Zonen im Mieteninneren verhindern soll.

Einer vollständigen Einhausung der Rottefläche 1 steht, im Gegensatz zur Rottefläche 2, technisch gesehen nichts im Wege, denn das Rahmentragwerk und die Überdachung sind bereits für eine Einhausung vorbereitet.

Bei durchschnittlichen Temperaturen von 60 - 70 °C im Mieteninneren muß der entstehende Flüssigkeitsverlust nach etwa einmonatiger Standzeit durch Bewässerung kompensiert werden, damit die Rotte nicht zum Stillstand kommt. Die Umsetzung der Mieten mit Radladern sollte, nach den Vorstellungen des Betreibers, etwa in einem 14-tägigen Rhythmus erfolgen. Zur Zeit ist dies jedoch aus betrieblichen Gründen nicht möglich, so daß das Material ohne Umsetzung nach einer durchschnittlichen Standzeit von ungefähr einem Monat auf die zweite Rottefläche transportiert wird.

Das Rottegut wird von Radladern aufgenommen, in einen Auftragstrichter gegeben und über ein offenes Förderband auf die ca. 3.500 m² große Rottefläche 2 abgeworfen. Auch hier wird das Rottematerial von Radladern zu 2,5 m hohen Tafelmieten aufgesetzt, angebohrt und etwa im monatlichen Rhythmus umgesetzt.

Nach einer etwa dreimonatigen Rotte auf der zweiten Rottefläche, wird der Kompost über ein gekapseltes Förderband zur Konfektionierung in die Nachbehandlungshalle transportiert.

2.4 Der Konfektionierungsbereich

Zuerst wird das Material einer Wippen-Siebtrommel zugeführt und nach Korngrößen in die Fraktionen 0 - 10mm, 10 - 20 mm und 20 - 80 mm getrennt. Die Absiebung > 20mm wird über Förderbänder der Umladestation zugeführt, während die Feinabsiebung 10 - 20 und 0 - 10 mm zum Hartstoffabscheider transportiert wird. Hier werden aus dem Kompost die noch verbliebenen Störstoffe wie, Gesteine und Bruchglas entfernt, um ein optisch ansprechendes und absetzbares Produkt zu erhalten. Die abgeschiedenen Hartstoffe werden ebenfalls über die Umladestation entsorgt. Auffallend ist der hohe Anteil des Siebüberlaufes 20 - 80 mm von ca. 12 Gew.%, der aufgrund eines nicht vorhandenen Windsichters mit Folien, Bruchglas und Gesteinen versetzt ist und somit als Strukturstoff ungeeignet erscheint.

Um den Kosten- bzw. Beschaffungsaufwand für Strukturstoffe zu verringern, wird die Fraktion 10 - 20 mm teilweise zur Rottetrommel zurücktransportiert und dort erneut als Strukturbildner wiederverwendet. Nach der Rotte, Störstoffentfernung und Absiebung ist laut Betreiber mit einer fünfzigprozentigen Massenreduktion zu rechnen. Der Betreiber rechnet damit, daß hierbei etwa 30 Gew.% auf die Rotte entfallen sowie weitere 20 Gew.% auf Siebverluste und Störstoffe. Der auffallend hohe Siebrestanteil von etwa 20 Gew.% ist laut JAGER (1991) für die Verfahrenskombination Rottetrommel-Sieb als durchaus üblich anzusehen. Bei vergleichbaren Anlagen liegen die anfallenden Siebreste bei 20 - 40 Gew.% mit einem dementsprechend hohen Organikanteil. Diese hohen Siebüberläufe sind in der Regel

auf die unzureichende Zerkleinerungsleistung der Rottetrommel zurückzuführen, die keine ausreichende Zerschneidung von zähen und groben Organikbestandteilen, wie Ästen und Papierbestandteilen, gewährleistet.

Nach der Konfektionierung verläßt der Kompost über gekapselte Förderbänder die Nachbehandlungshalle und wird, getrennt nach Korngrößen, zum Kompostlager transportiert.

2.5 Der Kompostlagerbereich

Der Kompost wird über das Förderband abgeworfen und mit Radladern zu ca. 3,5 m hohen Tafelmieten, getrennt nach Korngrößen 0 - 10 mm und 10 - 20 mm, aufgesetzt. Die Lagerung erfolgt auf einer ca. 2.300 m² großen, überdachten Fläche, deren nach Nordwesten und Westen liegende Seiten mit Wänden versehen sind.

Da sowohl der Biomüllanfall als auch der Kompostabsatz saisonalen Schwankungen unterworfen ist, wurde die Lagerfläche so bemessen, daß eine Kompostproduktion von 4 Monaten zwischengespeichert werden kann. Um den hohen Absatz im Frühjahr decken zu können, wird die Lagerfläche vorwiegend im Winter stark ausgelastet sein, während in den Sommermonaten mit kurzen Lagerungszeiten zu rechnen ist.

2.6 Der Biofilter

Bei dem auf der Kompostierungsanlage installierten Biofilter handelt es sich um einen Flächenfilter mit einer Filterfläche von 200 m² und sowie einer Filterflächenbelastung von 100 m³/(m²*h), der somit für die Reinigung von 20.000 m³/h Abluft ausgelegt ist. Hier werden die geruchsbeladenen Abluftströme der Bunkerhalle (10.000 m³/h), der Rottetrommel (6.000 m³/h), der Siebtrommel und der Vor- und Nachbehandlungshalle (4.000 m³/h) desodoriert.

Die Filterhöhe beträgt 1,5 m und setzt sich aus drei Filterschichten zusammen. Die unterste Schicht bildet eine 30 cm starke Dränschicht, die Sickerwässer aus dem Filter schnell ableiten soll. Die beiden darüberliegenden Schichten sind im wesentlichen für die eigentliche Desodorierung zuständig. Sie bestehen aus einer 100 cm mächtigen, geschredderten Grünabfallschicht und einer 20 cm dicken Fertigkompostschicht (Absiebung 25 mm). Der dem Biofilter vorgeschaltete Biowäscher dient zur Abminderung von Geruchsspitzen und führt somit zu einer gleichmäßigeren Belastung des Biofilters.

3 Emissionsprognose der Kompostanlage

Die Emissionsprognose der einzelnen Anlagenteile erfolgt für drei verschiedene Inputfälle. Im Fall 1 wird die heutige Inputmenge von 12.500 Mg/a Berechnungsgrundlage. In einem zweiten Fall bezieht sich die Emissionsprognose auf die für die Anlage genehmigte Menge von 20.000 Mg/a. Der dritte Fall soll die entstehenden Emissionen bei voller Auslastung von 25.000 Mg/a untersuchen. Im Folgenden wird darüber hinaus angenommen, daß sich die Biomüllzusammensetzung und damit der Wassergehalt auch bei einer größeren Inputmenge nicht ändert. Das bedeutet, daß auch weiterhin mit einer 10 %-igen Papierzugabe der Wassergehalt des Biomülls gesenkt werden muß.

- Fall 1: Inputmenge 12.500 Mg/a (70% Biomüll, 20% Grünabfall, 10% Papier)
- Fall 2: Inputmenge 20.000 Mg/a s.o.
- Fall 3: Inputmenge 25.000 Mg/a s.o.

3.1 Bestimmung der rottespezifischen Ausgangsdaten

Eine Voraussetzung jeder Emissionsprognose ist die Bestimmung der chemisch-physikalischen Ausgangsdaten, die wichtige Hinweise über den Rotteprozeß und mögliche Verbesserungen im Verfahrensablauf geben können. Hierzu zählen insbesondere die Schüttdichten, die Massen- oder Stoffbilanz, Wassergehalte, Luftporenvolumen, der pH-Wert, das C/N-Verhältnis und der Verlauf der organischen Trockensubstanz.

Schüttdichte

Das Schüttgewicht wird im wesentlichen durch den Wassergehalt, die Korngrößenverteilung und die Art und Form der einzelnen Korngruppen bestimmt und

unterliegt starken jahreszeitlichen Schwankungen. Von folgenden Schüttdichten wird ausgegangen:

- Rottefläche 1: 0,65 Mg/m³
- Rottefläche 2: 0,60 Mg/m³
- Kompostlage: 0,65 Mg/m³

Massenbilanz:

Laut Aussagen des Betreibers wird mit einer 50 %-igen Kompostausbeute gerechnet, wobei von einem 20 %-igen Verlust durch Siebrückstände und Störstoffe sowie einem 30 %-igen Rotteverlust ausgegangen wird. Bei den folgenden Berechnungen wird von der in Abbildung 8.2 dargestellten Massenbilanz ausgegangen.

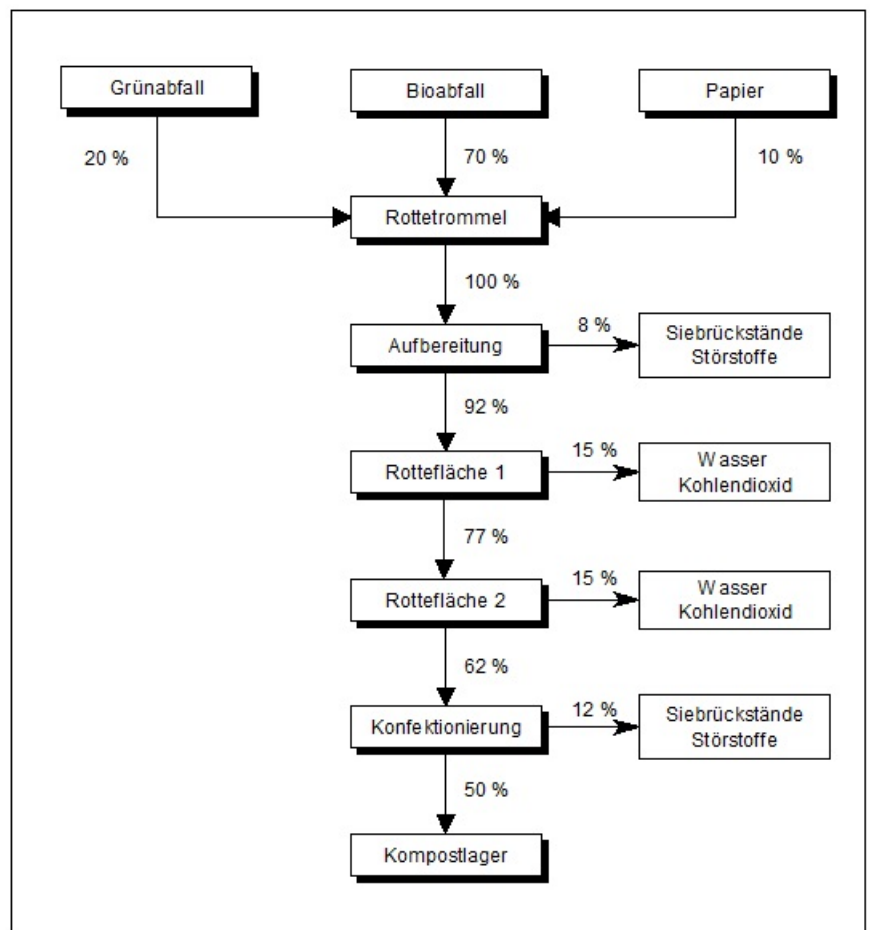


Abb. 8.2: Angenommene Massenbilanz der Kompostierungsanlage

3.2 Emissionsabschätzung der einzelnen Anlagenteile/Orte

3.2.1 Emissionsabschätzung des Annahmebereiches

Der Plattenbandbunker besteht aus einem vergrößerten Einfülltrichter (50m³) und dem darunterliegenden Plattenband. Gegenüber anderen Bunkerbauarten, wie Flach- oder Tiefbunker, weist er hinsichtlich der zu erwartenden Geruchsemissionen viele Vorteile auf. Zum einen ist der schnelle und kontinuierliche Abtransport durch das Plattenband zu nennen, das die Aufenthaltszeit des Biomülls auf ein Minimum reduziert. Sicker- und Preßwässer treten durch den schnellen Materialabzug nur äußerst selten auf und können gegebenenfalls durch eine,

unter dem Plattenband verlaufende Rinne aufgefangen und entfernt werden. Der entscheidende Vorteil des Plattenbandbunkers besteht jedoch in der Reduzierung der emissionsrelevanten Oberfläche durch den Einfülltrichter. Während bei anderen Bunkerarten mit seitlichen Geruchsabstrahlungen zu rechnen ist, reduziert sich die geruchsabstrahlende Fläche bei Plattenbandbunkern auf die horizontalen Abmessungen des Trichters, unter der Annahme einer vollflächigen Belegung des Plattenbandes. Die emissionsrelevante Oberfläche bleibt dabei, unabhängig vom Biomüllinput, konstant bei 32 m² (ca. 8 m x 4 m), so daß eine gleichbleibende Geruchsfracht prognostiziert werden kann.

Ausgangsdaten:

- Biomüllannahme: 250 d/a
- Abluftmenge : 10.000 m³/h
- Hallenvolumen : 1783 m³
- Luftwechsel: 5,6 h⁻¹

Zur Abschätzung der Geruchsfracht lagen die ermittelten Geruchsabstrahlungen von Biomüll in einem Flachbunker vor. Hiernach sind spezifische Abstrahlungen von 3,31 - 6,97 GE/(m²*s) zu erwarten [MÜSKEN & BIDLINGMAIER, 1993].

Infolge des hohen Wassergehaltes sowie des auch im Sommer beibehaltenen Abfuhrhythmus von 14 Tagen, muß oftmals mit einem stark angefaulten bzw. auch angerotteten Biomüll gerechnet werden. Deshalb scheint eine hohe Geruchsabstrahlung von 6,0 GE/(m²*s) gerechtfertigt zu sein.

Tab. 8.1: Geruchsfrachten des Annahmebereiches

Inputmenge [Mg/a]	Biomüllinput [Mg/a]	Geruchsabstrahlung [GE/(m ² *s)]	Geruchsfracht [GE/s]	Geruchskonzentration [GE/m ³]	Geruchsstärke [dB OD]
12.500	8.750	6,0	195	70	18
20.000	14.000	6,0	195	70	18
25.000	17.500	6,0	195	70	18

Anhand der zu erwartenden Geruchskonzentration von 70 GE/m³ (Luftwechselzahl 5,6) läßt sich feststellen, daß der Abluftvolumenstrom von 10.000 m³/h hinsichtlich der Emissionsreduzierung sehr groß gewählt wurde. Laut MÜSKEN & BIDLINGMAIER (1993) wurden im Luftraum von mischmüllverarbeitenden Anlagen im Mittel Konzentrationen von 156 GE/m³ (Streubereich 46 - 350 GE/m³) bei einem dreifachen Luftwechsel festgestellt. In SCHADE (1993) wurden im Mittel sogar Werte von 300 - 400 GE/m³ bei Anlagen mit einem 2 - 3 fachen Luftwechsel und einer Inputmenge von bis zu 25.000 Mg/a ermittelt. Auch wenn diese sehr niedrige Geruchskonzentration aus Gründen der Keimzahlreduzierung als durchaus positiv einzuordnen ist und der hohe Luftwechsel ein Entweichen der Geruchsstoffe bei geöffneten Hallentoren vermutlich vollständig ausschließt, so erhöhen sich hierdurch dennoch die entstehenden Geruchsfrachten am Biofilter.

3.2.2 Emissionsabschätzung der Rottetrommel

Ausgangsdaten:

- Aufenthaltszeit : 24 Stunden
- Abluftmenge : 6.000 m³/h
- Betriebsstunden/a : 8760 h
- Trommelbeschickung: 250 d/a
- Trommelvolumen: 221 m³
- Luftwechsel: 27,1 h⁻¹

Auffallend sind die hohen Belüftungsraten mit der die Rottetrommel betrieben wird. Die Berechnung ergab, daß bei einer Befüllung an 5 Tagen pro Woche (Annahme einer täglich konstanten Anlieferung) und der daraus resultierenden Bioabfallmenge, die Rottetrommel mit einer Belüftungsrate von 78 m³ (12.500 Mg/a) Luft pro m³ Kompost und Stunde betrieben wird. Bei den höheren Inputmengen

verringert sich die Belüftungsrate auf 48,8 m³/(m³*h) bei 20.000 Mg/a bzw. 39 m³/(m³*h) bei 25.000 Mg/a.

Werden diese Werte mit den in MÜSKEN & BIDLINGMAIER (1993) und SCHADE (1993) ermittelten Daten (2,4 - 20 m³/(m³*h) bzw. 3 - 15 m³/(m³*h)) ähnlicher Anlagen verglichen, so muß davon ausgegangen werden, daß die hohe Abluftmenge bei 12.500 Mg/a aus Gründen der Sauerstoffversorgung nicht gerechtfertigt ist. Nach Aussage des Betreibers ist die Belüftung nicht regelbar, so daß vermutet werden kann, daß die Belüftungseinrichtung ausschließlich auf die maximale Verarbeitungskapazität von 25.000 Mg/a ausgelegt wurde.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß der hohe Luftwechsel der Rottetrommel vom Anlagenplaner zur Aufrechterhaltung des Luftklimas in der Vor- und Nachbehandlungshalle gewählt wurde. Die Rottetrommel, die gemeinsam mit anderen Aggregaten der Inputaufbereitung und der Konfektionierung in der Vor- und Nachbehandlungshalle steht, saugt die geruchsbeladene Hallenluft an und verhindert auf diese Weise eine höhere Geruchsstoffkonzentration in der Vor- und Nachbehandlungshalle. Es ist jedoch nicht zu erwarten, daß dieser hohe Luftwechsel zu einer Abnahme der Geruchsstoffkonzentration in der Rottetrommel-abluft führt. Aus diesem Grund werden die in MÜSKEN & BIDLINGMAIER (1993) und SCHADE (1993) ermittelten Bemessungswerte von 10.000 - 35.000 GE/m³ bzw. 18.000 - 30.000 GE/m³ für die Berechnung der Geruchsfracht im Rohgas direkt verwendet.

Tab. 8.2: Geruchsfrachten der Rottetrommel

Inputmenge [Mg/a]	abgeschätzte Konzentration [GE/m ³]	Geruchsstärke [dB OD]	Geruchsfracht [GE/s]
12.500	18.000	43	30.000
20.000	22.000	44	36.670
25.000	25.000	44	41.670

3.2.3 Emissionsabschätzung der Inputaufbereitung und der Konfektionierung

Die Vorbehandlung und Konfektionierung finden in einer ca. 15.000 m³ großen Halle mit Zwangsentlüftung statt. Durch die Behandlung des Materials entstehen in der Halle Geruchsemissionen, die im wesentlichen zurückzuführen sind auf:

- die mit Kompostmaterial belegten Förderbänder,
- die Siebtrommel,
- die Wippen-Siebtrommel,
- den Magnetscheider,
- den Hartstoffabscheider,
- die Störstoffcontainer und
- den Grünabfall, der teilweise in der Vorbehandlungshalle gelagert wird.

Um einerseits das Betriebspersonal vor hohen Geruchsstoffkonzentrationen in der Halle zu schützen und andererseits den Austritt von Geruchsstoffen aus geöffneten Hallentoren zu vermeiden, wird die Hallenluft mit 10.000 m³/h gewechselt und dem Biofilter zugeführt. Hiervon entfallen 6.000 m³/h auf das Entlüftungsgebläse der Rottetrommel (die Luftzufuhr der Rottetrommel erfolgt aus der Halle) und 4.000 m³/h auf ein Entlüftungsaggregat, das sowohl eine punktuelle Absaugung der Siebtrommel als auch einen Austausch der Hallenluft vornimmt. Die Zuordnung der Abluftströme (Halle oder Siebtrommel) wird bei dem Gebläse mit der Leistung von 4.000 m³/h über eine Klappenvorrichtung geregelt, die eine genaue Abschätzung sehr schwierig macht. Im Folgenden wird deshalb eine gemeinsame Geruchsfrachtenermittlung von Siebtrommel und Hallenabluft vorgenommen.

Den Untersuchungen von MÜSKEN & BIDLINGMAIER (1993) zufolge, ergeben sich auch bei einem niedrigen Luftwechsel (< 0,5) Geruchsstoffkonzentrationen in der Halle von unter 200 GE/m³. Für die Vor- und Nachbehandlungshalle in der Bei-

spielanlage errechnet sich der Luftwechsel zu 0,67 h⁻¹, so daß in der Halle eine Geruchsstoffkonzentration von 150 GE/m³ veranschlagt werden kann. Bedingt durch die punktuelle Absaugung der Siebtrommel wird sich im Abluftvolumenstrom (4.000 m³/h) selbst eine geringfügig höhere Konzentration als in der Halle einstellen. Bei steigender Inputmenge und einem gleichbleibenden Luftwechsel in der Halle muß mit einer Erhöhung der Geruchskonzentration gerechnet werden, da der Belegungsgrad der Förderbänder und die Vorhaltemenge der Strukturstoffe in der Halle zunimmt.

Für die Geruchsstoffkonzentration wird deshalb in Abhängigkeit von der Inputmenge mit einem Wert von 200 - 300 GE/m³ gerechnet. In Tabelle 8.3 sind Geruchsfrachten, die in der Inputaufbereitung anzusetzen sind, für alle 3 Anlagengrößen aufgeführt.

Tab. 8.3: Geruchsfrachten der Inputaufbereitung und Konfektionierung

Inputmenge [Mg/a]	Abgeschätzte Konzentration [Mg/a]	Geruchsstärke [dB OD]	Geruchsfracht [GE/s]
12.500	200	23	220
20.000	250	24	280
25.000	300	25	330

3.2.4 Emissionsabschätzung der Rottefläche 1

Bei Kompostierungsanlagen werden im allgemeinen die Kompostmieten als Hauptquelle der Geruchsemissionen angesehen. Aus diesem Grund wäre gerade bei den Mieten eine exakte Prognose der Geruchsabstrahlungen wichtig, um einer Fehleinschätzung entgegenzuwirken. Es zeigt sich jedoch, daß speziell die Frachten passiver Flächenquellen, die teilweise (saugbelüftete Mieten) oder vollständig (unbelüftete Mieten) über die Oberfläche emittieren, aufgrund fehlender Volumenströme nur schwer eingeschätzt werden können.

Ausgangsdaten:

- Schüttdichte : 0,65 Mg/m³
- Standzeit : ca. 30 Tage
- Umsetzung : monatlich (geplant 14-tägig)
- Rotteverlust : 23 Gew. %
- Mietenform: Tafelmieten (h = 2,5 m)

Zur Bestimmung der Geruchsfrachten ist es erforderlich, die emissionsrelevante Oberfläche der Tafelmieten zu bestimmen. Die Oberfläche ist jedoch neben der Anzahl und den Abmessungen der Mieten besonders von der Schüttdichte und von der Inputmenge abhängig. Ein Ausmessen der Mieten und eine exakte Bestimmung der Mietenoberfläche erweist sich oft als wenig sinnvoll, da die Abmessungen und Anzahl der Mieten einer ständigen Veränderung unterworfen sind. Zur Vereinfachung wird deshalb ein überschlägig bestimmtes Oberflächen/Volumenverhältnis von 0,8 angesetzt.

Um die Sauerstoffversorgung der Mikroorganismen durch den Kamineffekt zu erhöhen, werden in die obere Mietenoberfläche in einem Abstand von einem Meter Bohrungen mit einem Durchmesser von 0,2 m eingebracht. Laut Aussagen des Betreibers sind diese bis zu einer Tiefe von einem Meter standfest. Diese Form der passiven Belüftung hat sich bereits in anderen Kompostierungsanlagen bewährt und ist, bedingt durch die Mietenhöhe und den derzeitigen Umsetzturmus von 4 Wochen, für eine ausreichende Sauerstoffdarbietung dringend erforderlich.

Durch die Bohrungen wird die Thermik in der Miete entscheidend verändert. Während ein Teil der Miete weiterhin durch Diffusionsvorgänge mit Luftsauerstoff versorgt wird, kommt der durch die Bohrungen entstehende Kamineffekt eher einer Zwangsbelüftung mit einem wesentlich höheren Luftvolumenstrom gleich.

Um die Geruchsfrachtermittlung über die emissionsrelevante Oberfläche führen zu können und gleichzeitig den Einfluß der Bohrungen nicht zu vernachlässigen, wird folgende stark vereinfachte Annahme bei einer Mietenhöhe von 2,5 m getroffen:

- Ausgehend von der Annahme, daß jeweils eine mittlere wöchentliche Verarbeitungsmenge zu einer Tafelmiete aufgesetzt wird, ergibt sich bei 4 Tafelmieten ein Rottevolumen von 1.970 m³ mit einer emissionsrelevanten Oberfläche von 1.576 m². Bei der oben genannten Anzahl der Tafelmieten beträgt der Anteil der oberen Mietenoberfläche mit Bohrungen ca. 35 % der gesamten Mietenoberfläche (inklusive Seitenflächen).
- Die Miete wird vollständig mit Luftsauerstoff versorgt.
- Durch Diffusionsvorgänge kann Luftsauerstoff bis zu einer Tiefe von 70 cm in die Miete vordringen (d.h. 1 m² obere Mietenoberfläche versorgen 0,7 m³ Material mit Luftsauerstoff).
- Der restliche Mietenkörper wird über die Bohrungen belüftet (d.h. 2,57 m² fiktive Mietenoberfläche versorgen 1,8 m³ Material mit Sauerstoff).

Tab. 8.4: Emissionsrelevante Oberflächen der Mieten von Rottefläche 1

Inputmenge [Mg/a]	Material- volumen Rottebeginn [m ³]	Material- volumen Rotteende [m ³]	Mittleres Material- volumen [m ³]	Mittlere Mietenober- fläche ohne Bohrungen ¹⁾ [m ²]	Fiktive mittl. Mietenober- fläche mit Bo- hrungen ²⁾ [m ²]
12.500	1.420	1.180	1.300	1.040	1.980
20.000	2.260	1.900	2.080	1.660	3.150
25.000	2.830	2.370	2.600	2.080	3.950

¹⁾ M. Mietenoberfläche ohne Bohrungen = 0,8*M. Kompostvolumen

²⁾ Fiktive mittlere Mietenoberfläche mit Bohrungen = 0,35*3,57m²/m² * M. Mietenoberfläche ohne Bohrungen + 0,65*1,0 m²/m² * M. Mietenoberfläche ohne Bohrungen

Bei der Umsetzung von Mieten ist mit einer mittleren Geruchsabstrahlung von 2,0 GE/(m²*s) bei 2 m hohen Tafelmieten (30 - 0 d) nach der Rottetrommel (t = 2,5 d) zu rechnen (1,0 - 1,5 GE/(m²*s) sind für ältere Mieten anzusetzen; 3,0 - 4,0 GE/(m²*s) sind für junge Mieten anzusetzen [SCHADE, 1993]). In Ausnahmefällen wurden von HOMANS (1993) für junge Mieten Werte bis zu 22,2 GE/(m²*s) gemessen. Hingegen wurden von MÜSKEN & BIDLINGMAIER (1993) bei unbelüfteten Dreiecksmieten (reine Mietenkompostierung) Geruchsabstrahlungen von 11 GE/(m²*s) beim Umsetzen nach der ersten Rotteweche und 2,56 GE/(m²*s) nach der dritten Woche ermittelt. Dieselben Autoren stellten für frisch aufgesetzte Tafelmieten nach der Inputaufbereitung Mittelwerte von 4,12 GE/(m²*s) fest. Eine Quantifizierung der Geruchsabstrahlung für frisch aufgesetzte Tafelmieten nach der Rottetrommel konnte zwar nicht vorgenommen werden, doch es wurde vermutet, daß die zu erwartenden Werte deutlich über den oben genannten liegen.

Eine Unterscheidung nach Mietenaufsetzung und Mietenumsetzung wird hier nicht vorgenommen. Statt dessen wird für die Berechnung der Geruchsfracht bewegter Mieten von einer vereinfachten linearen Abnahme der Geruchsabstrahlung (8,0 GE/(m²*s) nach dem Aufsetzen auf Rottefläche 1 und 2,0 GE/(m²*s) nach 30 Tagen) ausgegangen. Der hoch angesetzte Mittelwert von 5,0 GE/(m²*s) erscheint sinnvoll, da der Betrieb der Rotte nicht als optimal anzusehen ist.

Bei der monatlichen Umsetzung werden auf Rottefläche 1 die Mieten nur zweimal bewegt. Dies ist zum einem der Aufsetzvorgang nach der Rottetrommel sowie die Umsetzung auf Rottefläche 2. Dabei wird im Durchschnitt ca. eine Tagesproduktion zur Tafelmiete aufgesetzt und eine Tagesproduktion auf die Rottefläche 2 transportiert. Demnach werden 10 % des mittleren Materialvolumens und der dazugehörigen Oberfläche pro Arbeitstag bewegt.

Tab. 8.5: Geruchsfrachten bei der Umsetzung unbelüfteter Mieten der Rottefläche 1

Inputmenge [Mg/a]	Bewegte Mietenoberfläche [m ²]	mittl. spez. Geruchsabstrahlung [GE/(m ² *s)]	Geruchsfracht [GE/s]
12.500	104	5,0	520
20.000	166	5,0	830
25.000	208	5,0	1.040

Bei unbewegten Tafelmieten werden von SCHADE (1993) Werte von 0,3 bis 1,5 GE/(m²*s) mit einem Mittel von 0,9 GE/(m²*s) angegeben, während HOMANS (1993) Geruchsabstrahlungen von 0,3 - 1 GE/(m²*s) (30 - 0 d) ermittelte. Der hier angesetzte Mittelwert von 1,0 GE/(m²*s) wurde aus folgenden Gründen gewählt:

- Geruchsintensive Stoffe eines anaeroben Abbaus können durch die verstärkte Luftzufuhr der Bohrungen nicht in so hohen Maße entstehen.
- Der erhöhte Luftvolumenstrom wird über die fiktive Mietenoberfläche berücksichtigt.
- Der niedrige Umsetzturnus verlangsamt den Rottefortschritt.

Tab. 8.6: Geruchsfrachten bei ruhenden und unbelüfteten Mieten der Rottefläche 1

Inputmenge [Mg/a]	Fiktive ruhende Mietenoberfläche [m ²]	spezifische Geruchsabstrahlung [GE/(m ² *s)]	Geruchsfracht [GE/s]
12.500	1.980	1,0	1.980
20.000	3.150	1,0	3.150
25.000	3.950	1,0	3.950

Die Gesamtgeruchsfracht ergibt sich aus der Summe der Geruchsfrachten für bewegte und ruhende Mieten und ist in Tabelle 8.7 dargestellt.

Tab. 8.7: Gesamtgeruchsfrachten der Rottefläche 1

Inputmenge [Mg/a]	Geruchsfracht aus bewegten Mieten [GE/s]	Geruchsfracht aus ru- henden Mieten [GE/s]	Geruchsfrachten gesamt [GE/s]
12.500	520	1.980	2.500
20.000	830	3.150	3.980
25.000	1.040	3.950	4.990

3.2.5 Emissionsabschätzung der Rottefläche 2

Ausgangsdaten:

- Schüttdichte : 0,60 Mg/m³
- Standzeit : ca. 90 Tage
- Umsetzung : monatlich (geplant 14-tägig)
- Rotteverlust : 38 Gew.%
- Mietenform: Tafelmieten (h = 2,5 m)

Die Bestimmung der emissionsrelevanten Oberfläche erfolgt analog zu den Berechnungen in 3.2.4.

Bei zwölf Tafelmieten und einem mittleren Rottevolumen von 5.020 m³ ergibt sich eine emissionsrelevante Oberfläche von 4.016 m². Auch bei den Mieten der Rottefläche 2 werden die Mietenoberflächen angebohrt, so daß hier ebenfalls mit einer Erhöhung der emissionsrelevanten Oberfläche gerechnet werden muß.

Durch die größere Anzahl der Mieten und den kleineren Abmessungen beträgt der Anteil der oberen Mietenoberfläche mit Bohrungen nur ca. 25 % der gesamten Mietenoberfläche (inklusive Seitenflächen). In Tabelle 8.8 sind die emissionsrelevanten Oberflächen von Rottefläche 2 aufgeführt.

Tab. 8.8: Emissionsrelevante Oberflächen der Mieten von Rottefläche 2

Input [Mg/a]	Kompost- volumen Rottebeginn [m ³]	Kompost- volumen Rotteende [m ³]	Mittleres Kompost- volumen [m ³]	Mittlere Mietenober- fläche ohne Bohrungen [m ²] ³⁾	Fiktive mitt- lere Mieten- oberfläche mit Bohrungen [m ²] ⁴⁾
12.500	3.850	3.100	3.480	2.780	4.570
20.000	6.160	4.960	5.560	4.450	7.310
25.000	7.700	6.200	6.950	5.560	9.130

3) M. Mietenoberfläche ohne Bohrungen = 0,8 * M. Kompostvolumen

4) Fiktive mittlere Mietenoberfläche mit Bohrungen = 0,25 * 3,57 m²/m³ * M. Mietenoberfläche ohne Bohrungen + 0,75 * 1,0 m²/m³ * M. Mietenoberfläche ohne Bohrungen

Die Geruchsabstrahlung 2 m hoher, bewegter Tafelmieten (nach Rottetrommel und Hauptrotte auf Tafelmieten) beträgt nach SCHADE (1993) ca. 0,5 - 1,0 GE/(m²*s). Bei unbelüfteten Dreiecksmieten (reine Mietenkompostierung) wurden in MÜSKEN & BIDLINGMAIER (1993) nach Erreichen des Rottegrades III hingegen immer noch Werte von 0,8 GE/(m²*s) ermittelt.

Auch hier wird zur Vereinfachung eine lineare Abnahme der Geruchsabstrahlung mit einem Mittelwert von 1,4 GE/(m²*s) angenommen. Dabei wird zu Beginn mit einer Geruchsabstrahlung von 2,0 GE/(m²*s) gerechnet, die sich nach einer Aufenthaltszeit von weiteren 90 Tagen auf 0,8 GE/(m²*s) reduziert.

Bei der monatlichen Mietenumsetzung finden neben der Aufsetzung zur Tafelmiete (rechnerisch bereits bei Rottefläche 1 berücksichtigt) bei einem 12-wöchigen Aufenthalt maximal 2 Umsetzungsvorgänge sowie der Abtransport zur Konfektionierung statt. Ausgehend davon, daß pro Arbeitstag drei mittlere Tagesverarbeitungs mengen umgeschichtet werden, ergibt sich ein bewegtes Materialvolumen von 5 %. Die Geruchsfrachten, die während des Umsetzens entstehen sind in Tabelle 8.9 dargestellt.

Tab. 8.9: Geruchsfrachten bei der Umsetzung unbelüfteter Mieten von Rottefläche 2

Inputmenge [Mg/a]	Bewegte Mietenoberfläche [m ²]	Spezifische Geruchsabstrahlung [GE/m ² *s]	Geruchsfracht [GE/s]
12.500	139	1,4	190
20.000	223	1,4	310
25.000	278	1,4	390

Für ruhende Mieten sind spezifische Geruchsabstrahlungen von 0,02 - 0,1 GE/(m²*s) zu erwarten [SCHADE, 1993]. Von HOMANS (1993) hingegen wurden Werte von 0,081 GE/(m²*s) bei 60 Tage alten Mieten bzw. 0,3 GE/(m²*s) bei bis zu 30 Tage alten Mieten unabhängig von Mietenform und Vorrotteaggregat ermittelt. Im Beispiel wurde eine spezifische Geruchsabstrahlung von 0,15 GE/(m²*s) gewählt (siehe Tabelle 8.10).

Tab. 8.10: Geruchsfrachten bei ruhenden und unbelüfteten Mieten von Rottefläche 2

Inputmenge [Mg/a]	Fiktiv ruhende Mietenoberfläche [m ²]	Spezifische Geruchsabstrahlung [GE/m ² *s]	Geruchsfracht [GE/s]
12.500	4.570	0,15	690
20.000	7.310	0,15	1.100
25.000	9.130	0,15	1.370

Die Gesamtgeruchsfracht ergibt sich aus der Summe der Geruchsfrachten für bewegte und ruhende Mieten und ist in Tabelle 8.11 dargestellt.

Tab. 8.11: Gesamtgeruchsfrachten der Rottefläche 2

Inputmenge [Mg/a]	Geruchsfracht von ruhenden Mieten [GE/s]	Geruchsfracht von bewegten Mieten [GE/s]	Geruchsfrachten gesamt [GE/s]
12.500	690	190	880
20.000	1.100	310	1.410
25.000	1.370	390	1.760

3.2.6 Emissionsabschätzung der Kompostlagerung

Ausgangsdaten:

- Schüttdichte : 0,65 Mg/m³
- Standzeit : 16 Wochen
- Rotteverlust : 50 Gew.%
- Lagerungsform: Tafelmieten (h = 3,5 m)

Um die saisonalen Absatzschwankungen aufzufangen, kann die Kompostproduktion von 4 Monaten zwischengespeichert werden. So kommt es vor allem in den Wintermonaten zu einer Auslastung der Lagerkapazität, während in den Sommermonaten wesentlich kürzere Lagerungszeiten zu erwarten sind. Bei der Kompostlagerung treten im Mittel spezifische Frachten von 0,07 GE/(m³*s) (max. 0,18 GE/(m³*s)) bei ruhenden, 10 Wochen alten Mieten auf, während bei bewegten Lagermieten Werte von 0,23 GE/(m³*s) bis maximal 1,0 GE/(m³*s) ermittelt wurden [MÜSKEN & BIDLINGMAIER, 1993]. KUCHTA et al. (1994) hingegen veranschlagen für die Geruchsfrachternormierung des Fertigkompostlagers ein Wert von 0,01 GE/s je Mg Inputmaterial. Messungen im Kompostwerk zeigten, daß in den frischen Lagermieten Temperaturen von bis zu 60 °C möglich sind, welche auf ein nicht genügend ausgerottetes Material hinweisen. Bei einer Lagerungszeit von 16 Wochen ist jedoch mit einer Zwangsstabilisierung des Kompostes zu rechnen, die sich aus der Wasserverdunstung aus den Mieten erklärt. Hierdurch ergibt sich eine Senkung der Geruchsfrachten mit zunehmender Lagerungsdauer und es scheint daher gerechtfertigt, im Mittel von einer spezifischen Fracht von 0,07 GE/(m³*s) für ruhende Lagermieten und von einem Wert von 0,4 GE/(m³*s) bei den bewegten Mieten (eine Tagesproduktion) auszugehen (Tabelle 8.12 und 8.13).

Tab. 8.12: Geruchsfrachten bei bewegten Lagermieten einer Tagesproduktion

Inputmenge [Mg/a]	Bewegtes Lagervolumen [GE/m ³]	Spezifische Geruchsfracht [GE/m ² * s]	Geruchsfrachten [GE/s]
12.500	38	0,4	15

20.000	62	0,4	25
25.000	77	0,4	31

Tab. 8.13: Geruchsfrachten bei ruhenden Lagermieten

Inputmenge [Mg/a]	ruhendes Lagervolumen [GE/m ³]	spezifische Geruchsfracht [GE/m ² * s]	Geruchsfrachten [GE/s]
12.500	3.080	0,07	215
20.000	4.920	0,07	350
25.000	6.150	0,07	430

Tab. 8.14: Gesamtgeruchsfrachten der Kompostlagerung

Inputmenge [Mg/a]	Geruchsfracht von bewegten Mieten [GE/s]	Geruchsfracht von ruhenden Mieten [GE/s]	Geruchsfrachten gesamt [GE/s]
12.500	15	215	230
20.000	25	350	380
25.000	31	430	460

Die Gesamtgeruchsfracht ergibt sich aus der Summe der Geruchsfrachten für bewegte und ruhende Lagermieten und ist in Tabelle 8.14 dargestellt.

3.2.7 Emissionsabschätzung des Biofilters

Die Reinigungsleistung eines Biofilters ist von mehreren Bedingungen abhängig. Neben der Bauart (ein- und mehrstufige Filtersysteme, mit oder ohne Bio-wäscher), sind vor allem die Filterpflege (Feuchtegehalt, Porenvolumen, Glüh-verlust), das Filtermaterial, das zu reinigende Stoffgemisch, die Kontaktzeit und die spezifische Filterbelastung als die wichtigsten Faktoren für den Wirkungsgrad eines Biofilters zu nennen. Abbildung 8.3 zeigt die Wirkungsgradbestimmung für ein zweistufiges, geschlossenes Filtersystem der Intensivrotte eines Biokompost-werkes [KUCHTA & RYSER, 1993].

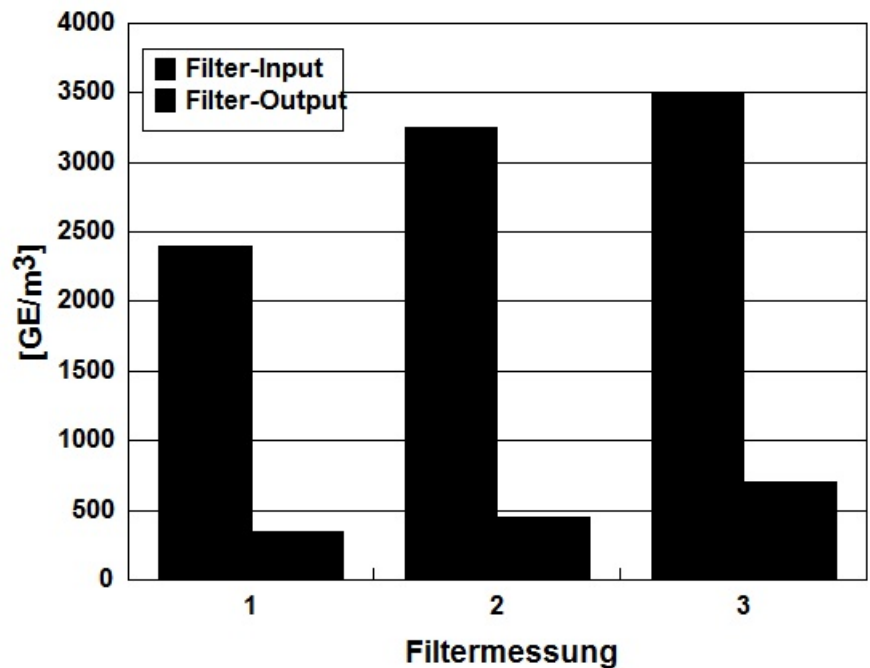


Abb. 8.3: Filterwirkungsgradbestimmung durch olfaktometrische Messungen [KUCHTA & RYSER, 1993], abgeändert

Dabei wird deutlich, daß selbst bei einem nahezu identischen Filterinput (2 und 3), bezogen auf die Geruchsstoffkonzentration, nicht von einem konstanten Wirkungsgrad ausgegangen werden kann. Während in der 1. und 2. Messung Filterwirkungsgrade von ca. 87 % erzielt wurden, nimmt dieser bei der 3. Messung auf rund 79 % ab.

Es können dennoch zwei Randbedingungen formuliert werden, die eine Eingrenzung der zu erwartenden Geruchsfrachten ermöglicht.

1. Das Reinigungsergebnis eines Biofilters ist, bezogen auf Geruch, durch den Eigengeruch des Filtermaterials begrenzt. Der Eigengeruch hängt im wesentlichen vom verwendeten Filterschüttmaterial und vom Zustand des Filters ab und liegt in der Größenordnung von 100 GE/m^3 . [KUCHTA & RYSER, 1993]
2. In der Regel kann von einem Filterwirkungsgrad von über 80 % ausgegangen werden [KUCHTA & RYSER, 1993].

In der verwendeten Literatur werden verschiedene Möglichkeiten zur Geruchsfrachtermittlung des Biofilters empfohlen:

- Der Filterwirkungsgrad des Biofilters wird über olfaktometrische Messungen bestimmt oder abgeschätzt und zur Geruchsfrachtermittlung herangezogen. Ausgangswert für die Berechnung ist die Geruchsstoffkonzentration des Abluftgemisches vor dem Biofilter. In SCHADE (1993) wird dabei von einem mittleren Filterwirkungsgrad von 95 % ausgegangen.
- JAGER & KUCHTA (1992) gehen bei der Planung eines Kompostwerkes davon aus, daß sich die Geruchsemissionen des Bio- oder Kompostfilters aus dessen Eigengeruch ($0,2 \text{ GE}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) und einem als realistisch bezeichneten 95 %-igen Wirkungsgrad zusammensetzt.
- MÜSKEN & BIDLINGMAIER (1993) hingegen erwarten, daß bei Biofiltern (Biofilter nach dem Stand der Technik, evtl. mit vorgeschaltetem Biowäscher) Abluftkonzentrationen von 150 GE/m^3 bzw. 250 GE/m^3 [BIDLINGMAIER & MÜSKEN, 1994] als realistisch anzusehen sind.

Für die Berechnung der Geruchsfracht wird von einer Mindestgeruchskonzentration von 100 GE/m^3 und einem maximalen Wirkungsgrad von 98 % ausgegangen. Dabei soll die Mindestgeruchskonzentration solange maßgebend sein, wie der maximale Wirkungsgrad nicht überschritten wird (Tabelle 8.15).

Tab. 8.15: Bestimmung der maßgebenden Reingaskonzentration nach dem Biofilter

Inputmenge [Mg/a]	Mischkonzentration im Rohgas [GE/m ³]	Mischkonzentration im Reingas nach 98 % Wirkungsgrad [GE/m ³]	Mindestgeruchsstoffkonzentration im Reingas [GE/m ³]	Maßgebende Geruchsstoffkonzentration im Reingas [GE/m ³]
12.500	5.475	110	100	110
20.000	6.685	134	100	134
25.000	7.595	152	100	152

Danach ergeben sich unter Zugrundelegung der maßgebenden Geruchsstoffkonzentration im Reingas und der Abluftvolumenströme der einzelnen Orte/-Aggregate die Geruchsfrachten des Biofilters in Tabelle 8.16 wie folgt.

Tab. 8.16: Geruchsfrachten des Biofilters

Inputmenge [Mg/a]	Annahmebereich /Bunker (10.000 m ³ /h) [GE/s]	Rotttrommel (6.000 m ³ /h) [GE/s]	Inputaufbereitung /Konfektionierung /Siebtrommel [GE/s]	Geruchsfrachten nach Biofilter [GE/s]
12.500	5.475	110	100	110
20.000	6.685	134	100	134
25.000	7.595	152	100	152

3.2.8 Emissionsabschätzung von diffusen Quellen

Unter diffusen Quellen werden Geruchsemitenten eines Kompostwerkes zusammengefaßt, die nicht oder nur bedingt vermeidbar sind und keinem speziellen Anlagenteil zugeordnet werden können. Dies sind vorwiegend Platzverunreinigungen durch Fahrverkehr, Oberflächenwasser und Anlieferverkehr, ungenügend gewartete Biofilter, Kompostverladung, offene Restcontainer und Emissionen aus geöffneten Hallentoren. Nach JAGER & KUCHTA (1992) wird in den meisten Fällen mit einem Aufschlag bis zu 10% auf die Gesamtfracht an Geruchsstoffen nach dem Biofilter ausgegangen.

Der Radladerbetrieb beschränkt sich in der Anlage im wesentlichen auf die Rotteflächen, da der Transport des Materials, mit Ausnahme der Strukturmaterialien, ausschließlich über Förderbänder erfolgt. Die Verbindungs- und Zufahrtsstraßen machten bei der Begehung einen sehr sauberen Eindruck, der auf eine regelmäßige Reinigung sowie auf eine Trennung zwischen dem Anlieferungsbereich und dem eigentlichen Kompostierbereich zurückzuführen ist, so daß hier nur ein geringer Aufschlag gerechtfertigt scheint. Zusätzlich sollen unter den diffusen Quellen die Emissionen des außerhalb der Halle gelagerten Grünabfalls mitberücksichtigt werden, dessen Menge mit steigendem Input zunimmt.

Für die Beispielanlage wurde statt des prozentualen Aufschlags für diffuse Quellen die Geruchsfracht pauschal zu 50 GE/s bei 12.500 Mg/a, 100 GE/s bei 20.000 Mg/a und 150 GE/s bei 25.000 Mg/a angesetzt.

3.3 Zusammenstellung der Geruchsfrachten der Ist-Situation

Wie aus der Emissions-Ist-Situation in Tabelle 8.17 zu erkennen ist, wurden die Mietenflächen als Hauptemittenten festgestellt. Der mit Abstand größte Anteil von knapp 60 % der Geruchsfracht wird dabei von Rottefläche 1 emittiert. Folglich ist gerade hier ein enormes Potential für eine Minderung der Geruchsfrachten vorhanden, um gegebenenfalls die Emissionssituation zu verbessern. Mit ca. 20 % der Geruchsfrachten ist Rottefläche 2 an den Gesamtemissionen beteiligt, während die Emissionen der am Biofilter angeschlossenen Anlagenteile nur ca. 14 %

der Gesamtfracht ausmachen. Die Frachten der Kompostlagerung und der diffusen Quellen mit insgesamt 6,6 % fallen aufgrund der hohen Emissionen von Rottefläche 1 kaum ins Gewicht.

Tab. 8.17: Geruchsfrachten der Ist-Situation

Ort/Aggregat	Geruchsfracht [GE/s]					
	Inputmenge (12.500 Mg/a)	Emissionsbeitrag [%]	Inputmenge (20.000 Mg/a)	Emissionsbeitrag [%]	Inputmenge (25.000 Mg/a)	Emissionsbeitrag [%]
Annahmebereich / Bunker	310	7,3	370	5,6	420	5,1
Rottetrommel (t = 1d)	180	4,2	220	3,3	250	3,0
Inputaufbereitung / Siebtrommel / Konfektionierung	120	2,8	150	2,3	170	2,1
Rottefläche 1 (t = 4 Wo.)	2.500	58,5	3.980	60,2	4.990	60,9
Rottefläche 2 (t = 12 Wo.)	880	20,6	1.410	21,3	1.760	21,5
Kompostlager (t = 16 Wo.)	230	5,4	380	5,7	460	5,6
Diffuse Quellen	50	1,2	100	1,5	150	1,8
Summe	4.270	100	6.610	100	8.200	100

4 Geruchsimmissionsbetrachtung an der Beispielanlage

4.1 Geruchsvorbelastung am Standort der Kompostierungsanlage

In Abbildung 8.4 wird die Aufteilung der Emissionen auf die verschiedenen Anlagenteile nochmals deutlich.

Ob eine Rasterbegehung zur Ermittlung der Vorbelastung am Standort in den vergangenen 4 Jahren stattfand, war aus den vorhandenen Unterlagen nicht zu entnehmen. Ältere Messungen sind nach GIRL Abs. 4.4.1 und TA Luft Abs. 2.6.2.1 für eine Immissionsprognose nicht zulässig und können somit ebenso nicht verwendet werden.

Eine mögliche Geruchsvorbelastung soll deshalb anhand des vorliegenden Kartenmaterials abgeschätzt werden. In einem Umkreis von ca. 3 km konnten folgende größere Emittenten festgestellt werden:

- Kleinere Fabrikgebäude in einer Entfernung von ca. 1,3 km westlich vom Anlagenstandort.
- Ein größeres Industriegebiet im Tal ca. 1,5 km nördlich der Kompostierungsanlage.
- Ca. 2 km südlich des Standortes eine Kleinkläranlage.
- In einem Abstand von 2,5 km befindet sich im Nordosten eine Deponie und ein großes Metallwerk

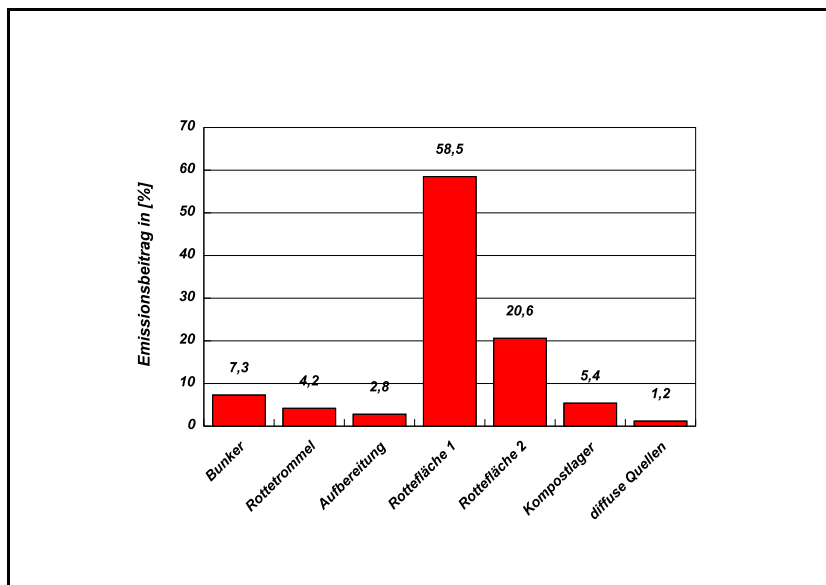


Abb. 8.4: Emissionsbeitrag der Orte/Anlagenteile bei 12.500 Mg/a (Ist-Situation)

Die für Mitteleuropa vorherrschende südwestliche Windrichtungskomponente und die großen Entfernungen der einzelnen Emittenten zum Anlagenstandort schließt wahrscheinlich eine Geruchsvorbelastung aus. Mögliche kleinere Geruchsemittenten im direkten Umfeld der Anlage aus Tierhaltung in Ställen, offenen Güllebehältern oder andere sind ebenso ausgeschlossen, da hier vorwiegend extensive Viehwirtschaft betrieben wird.

Die oben genannten Gründe führen zu dem Schluß, daß mit keiner Geruchsvorbelastung am Standort und in der näheren Umgebung zu rechnen ist. Die Gesamtbelastung IG ergibt sich somit lediglich aus den Immissionen der Kompostierungsanlage (Zusatzbelastung IZ).

4.2 Bestimmung der Immissionszusatzbelastung (Ist-Situation)

Gemäß TA Luft Abs. 2.6.1.1 ist die durch Ausbreitungsrechnung zu bestimmende Zusatzbelastung definiert als der Immissionsbeitrag, der durch ein beantragtes Vorhaben hervorgerufen wird. Die Ausbreitungsrechnung hat entsprechend den Vorgaben der GIR, in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3782 Blatt 4, auf der Basis einer Zählschwelle von 1 GE/m^3 zu erfolgen (siehe auch Kapitel 3.2.3).

Da sich die Gesamtbelastung IG lediglich aus der Zusatzbelastung IZ der Kompostierungsanlage ergibt, kann sofort zur Darstellung und Bewertung der Immissions-Ist-Situation übergegangen werden.

4.3 Bewertung der Immissionssituation (Ist-Situation)

Die Bewertung der Immissionssituation erfolgt sowohl nach den Vorgaben der Geruchsimmissions-Richtlinie, als auch nach denen des Runderlasses zur Durchführung der TA Luft. Hierdurch soll dem Betreiber und auch der Genehmigungsbehörde die Möglichkeit gegeben werden, die Geruchsimmissionen anhand der beiden derzeit gültigen Rechtsgrundlagen zu beurteilen.

Laut GIR kann von den Abmessungen der Beurteilungsflächen (Kantenlänge 250 m) dann abgewichen werden, wenn es für eine sachgerechte Beurteilung erforderlich ist. Aufgrund des geringen Abstandes zur nächstbenachbarten Wohnbebauung wurden für den hier vorliegenden Fall Beurteilungsflächen mit einer Kantenlänge von 150 m gewählt. Es entstehen somit in jeder Beurteilungsfläche 9 Aufpunkte mit einem Abstand von 75 m.

Für die entsprechende Isolinien-Darstellung des Runderlasses zur Durchführung der TA Luft, wurde über das Beurteilungsgebiet ein mit den Beurteilungsflächen der GIR deckungsgleiches Raster (Schrittweite 75 m) gelegt. In jeder Beurteilungsfläche der GIR liegen folglich 4 Rasterflächen des Runderlasses mit ebenfalls 9 Aufpunkten. Bedingt durch das kleinere Raster, liegen alle Aufpunkte der GIR und des Runderlasses direkt übereinander und vereinfachen somit den Vergleich.

Der geschätzte Emissionsschwerpunkt (R: 259535 , H: 56840) liegt in der Mitte der inneren Beurteilungsfläche.

Da sich die Kenngröße IZ durch Mittelwertbildung der neun Gitterschnittpunkte ergibt, hat die Wahl der Abmessungen einer Beurteilungsfläche direkten Einfluß auf die Größe der Zusatzbelastung bei der GIR. Um die Auswirkungen unterschiedlicher Größen der Beurteilungsflächen auf die Immissionshäufigkeiten der Ist-Situation zu verdeutlichen, wird sowohl eine Geruchsimmissionsprognose für die hier gewählten kleineren Beurteilungsflächen (150*150 m) vorgenommen, als auch für Beurteilungsflächen mit einer Kantenlänge von 250 m.

Die Darstellung und Bewertung der Immissionsituation erfolgt zunächst nur für die Jahresinputmenge von 12.500 Mg (Abbildungen 8.5 und 8.6). Die Prognosen für die Inputmengen 20.000 Mg/a und 25.000 Mg/a können Anhang B entnommen werden.

Abbildung 8.5 zeigt die Überschreitungshäufigkeit in Prozent der Jahresstunden bzgl. 3 GE/m³ der Ist-Situation (12.500 Mg/a). Anhand der 4 %-Isolinie läßt sich erkennen, daß die Gebiete nordnordöstlich und südsüdwestlich vom Anlagenstandort vermehrt von hohen Geruchsimmissionskonzentrationen betroffen sind. Die angenommene Windsituation führt in ca. 7 - 8 % der Jahresstunden zu einer Überschreitung der vom Regierungspräsidium festgelegten Immissionskonzentration von 3 GE/m³.

Durch die Verwendung der Ausbreitungsklassenstatistik ist mit einer Überschreitung der festgelegten Immissionskonzentration in ca. 6 - 7 % der Jahresstunden zu rechnen.

In beiden Fällen kann die Auflage des Planfeststellungsbeschlusses ("Die Geruchsbelästigungen sind unerheblich, wenn an den nächst benachbarten Wohnhäusern an weniger als 4 % der Jahresstunden 3 Geruchseinheiten (GE/m³) auftreten.") nicht eingehalten werden, so daß die Kompostierungsanlage mit der augenblicklichen Rottetechnik und den dazugehörigen Geruchsfrachten nicht genehmigungsfähig ist.

In den später folgenden Immissionsprognosen der Szenarien konnte jedoch beobachtet werden, daß bei Verwendung der beiden unterschiedlichen Ausbreitungsklassenstatistiken Grenzfälle auftraten, bei denen die Anlage durch Gebrauch der modifizierten Wetterdaten genehmigt wäre, wohingegen die Benutzung der unmodifizierten Wetterdaten zu einer Überschreitung der Immissionshäufigkeit führte. Im Hinblick auf eine exakte Beurteilung der lokalen immissionsseitigen Auswirkungen sollte der Betreiber eine eigenständige Erhebung meteorologischer Daten am Anlagenstandort vornehmen, um auf diese Weise den Ungenauigkeiten bei der Übertragung von Ausbreitungsklassenstatistiken entgegenzuwirken.

Abb. 8.5: Immissionsprognose der Ist-Situation (12.500 Mg/a), Ausbreitungsklassenstatistik [SCHLOSSER, 1995]

In den folgenden beiden Abbildungen sind Immissionsprognosen der Ist-Situation (12.500 Mg/a) für die Kompostierungsanlage nach der Geruchsimmisions-Richtlinie dargestellt. Die Abbildungen stellen die Überschreitungshäufigkeit in Prozent der Jahresstunden bzgl. 1 GE/m³, in Abhängigkeit von der gewählten Größe der Beurteilungsflächen dar. Hierbei wurden Beurteilungsflächen mit Kantenlängen von 250 m (siehe GIR, Abs. 4.4.3) und 150 m gegenübergestellt. Dabei wurden für das nächstgelegene Wohnhaus Häufigkeiten bei der Geruchswahrnehmung zwischen 13,6 und 26,5 % der Jahresstunden (1191 bis 2321 h/a) festgestellt.

Die Gründe für diese enormen Unterschiede sind offenbar Folge der unterschiedlichen Entfernung einzelner Gitterschnittpunkte zu den Emissionsquellen der Kompostanlage, der Lage der Wohnbebauung innerhalb einer Beurteilungsfläche (am Rand, in der Mitte oder in einer Ecke) sowie eine ungleichmäßige Verteilung der Immissionen. Werden in Gebieten mit ungleichmäßiger Verteilung der Immissionskonzentration kleine Beurteilungsflächen gewählt, dann kann es zu einer Überschätzung der Immissionshäufigkeit kommen. Als Beispiel hierfür sollen die Immissionshäufigkeiten der Gitterschnittpunkte der westlich und nördlich von der Kompostierungsanlage gelegenen Beurteilungsflächen mit einer Kantenlänge von 150 m untersucht werden. Abbildung 8.8 bietet hierfür die Grundlage.

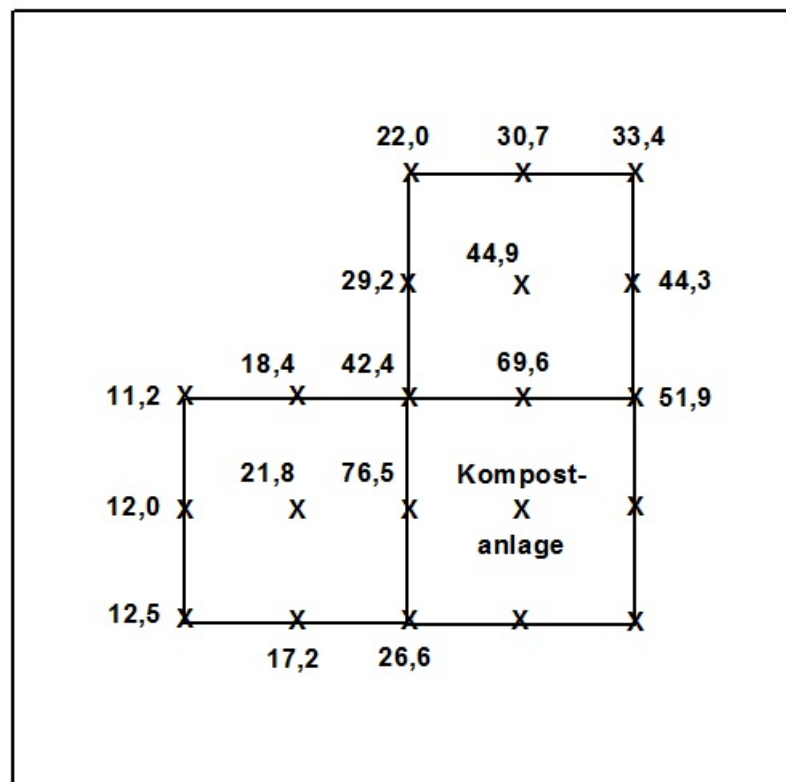


Abb. 8.8: Überschreitungshäufigkeit in % der Jahresstunden der neun Gitterschnittpunkte einzelner Beurteilungsflächen (15 x 150m) [SCHLOSSER, 1995]

Abb. 8.6: Immissionsprognose der Ist-Situation (12.500 Mg/a) mit Beurteilungsflächen 150 x 150 m gemäß GIR [SCHLOSSER, 1995]

Abb. 8.7: Immissionsprognose der Ist-Situation (12.500 Mg/a) mit Beurteilungsflächen 250 x 250 m gemäß GIR [SCHLOSSER, 1995]

Bei der westlichen Beurteilungsfläche kommt es im Hinblick auf die Ecklage einer Wohnbebauung am Löherhof durch die Mittelwertbildung einzelner, sehr unterschiedlicher Werte, zu einer Überschätzung der Überschreitungshäufigkeit (26,5 %), während dies bei der homogeneren Verteilung in der nördlichen Beurteilungsfläche (41,0 %) nicht zu erwarten ist. Beurteilungsflächen mit einer Kantenlänge von 250 m hingegen weisen ein deutliches Übermaß an kleinen Werten auf, so daß es zu einer Unterschätzung der Immissionshäufigkeit kommen kann.

Es ist offensichtlich, daß die Wahl einer falschen Größe der Beurteilungsflächen zu einer erheblichen Fehleinschätzung der Immissionsprognose bei der Beurteilung durch die Geruchsimmissions-Richtlinie führen kann, weshalb letztendlich nur der Genehmigungsbehörde die Auswahl der Beurteilungsfläche vorbehalten bleiben sollte.

Bei der Beurteilung der Immissionssituation mit Hilfe der GIR wird in den folgenden Prognosen die Kenngröße IG der nordwestlich der Kompostierungsanlage gelegenen Beurteilungsfläche (Kantenlänge 150 m) verwendet. Obwohl diese Beurteilungsfläche nur wenige Bereiche der Wohnhäuser am nordöstlichen Rand der Wohnbebauung einschließt, so beschreibt sie dennoch die unmittelbare Nähe einzelner Wohnhäuser und die Häufigkeiten der Geruchswahrnehmung in ca. 19 % der Jahresstunden mit einer ausreichenden Genauigkeit. Ein Vergleich mit den Immissionswerten der GIR zeigt, daß die Geruchsimmissionen in den Wohnbebauungen (0,19; 0,21) als schädlich anzusehen sind und die Kompostierungsanlage bereits bei einer Jahresinputmenge von 12.500 Mg, auch nach der Geruchsimmissions-Richtlinie, nicht genehmigungsfähig ist. Der Betreiber muß somit weitere emissionsmindernde Maßnahmen vornehmen.

5 Zusammenfassende Darstellung der Ist-Situation

Nachdem die Akzeptoren in einem gewählten Immissionseinwirkungsbereich um den Anlagenstandort näher beschrieben und der Verfahrensablauf der Kompostierungsanlage erläutert wurde, konnte in der folgenden Emissionsprognose die Rottefläche 1, mit ca. 60 % der Gesamtfracht als Hauptverursacher für die hohen Geruchsfrachten festgestellt werden.

Verantwortlich hierfür sind der zu geringe Anteil stabiler Strukturstoffe, der geringe Umsetzrhythmus, nur einmal im Monat und die Mietenhöhe von 2,5 m. Um die Sauerstoffversorgung der Mikroorganismen trotz der ungünstigen Rottebedingungen gewährleisten zu können, werden vertikale Bohrungen in die Mieten niedergebracht, die jedoch eine Erhöhung der Geruchsfrachten um den Faktor 1,9 verursachen. Darüber hinaus verhindert der zu geringe Umsetzrhythmus einen gleichmäßigen Rottefortschritt des Kompostrohstoffes und eine weitergehende Zerfaserung der Kompostbestandteile, so daß auch in späteren Phasen der Rotte erhöhte Geruchsfrachten vermutet werden können. Die Ausbildung von feuchten und trockenen Zonen im Mietenkörper wird durch den geringen Umsetzturnus begünstigt und bietet keine optimalen Verhältnisse für eine optimale mikrobiologische Aktivität.

Ein 200 m² großer Flächenfilter reinigt die teilweise überdimensionierten Abluftströme der Annahmehalle (Luftwechsel 5,6 h⁻¹), der Rottetrommel (Luftwechsel 27,1 h⁻¹) sowie der Vor- und Nachbehandlungshalle und führt somit auch hier zu überdurchschnittlich hohen Geruchsemissionen. Die Summierung der Frachten aller Einzelquellen ergab für die Ist-Situation, je nach Inputmenge, Geruchsfrachten in einer Größenordnung von 4.300 bis 8.200 GE/s (Tabelle 8.17 in Kapitel 8.3.3). Nach der Emissionsabschätzung wurden die Flächenquellen in eine angemessene Anzahl von Punktquellen zerlegt und deren Lage auf den geschätzten Emissionsschwerpunkt bezogen.

Als nächstes mußte die Geruchsvorbelastung im Beurteilungsgebiet, durch Beschreibung vorhandener Emittenten abgeschätzt (eine Geruchsvorbelastung ist in diesem Fall nicht vorhanden) und die Immissionszusatzbelastung durch Ausbreitungsrechnung, sowohl nach den älteren Vorgaben der Genehmigungsbehörde (Auflage), als auch nach denen der neuen Geruchsimmissions-Richtlinie bestimmt werden. Um mögliche Auswirkungen auf die Immissionssituation zu bewerten, wurden die entsprechenden Immissionsprognosen gegenübergestellt. In beiden

Fällen zeigten sich deutliche Abweichungen der Immissionswerte, die somit mögliche Ergebnisverfälschung und Manipulationsmöglichkeiten beider Bewertungsgrundlagen offenbarten. Zur endgültigen Bewertung der Immissionshäufigkeiten wurden die Ausbreitungsklassenstatistik der Beurteilungsf lächen mit einer Kantlänge von 150 m zur Beurteilung nach der Geruchsimmisions-Richtlinie verwendet.

Es wurde festgestellt, daß bei Verwendung beider Beurteilungsgrundlagen, (Auf-lage und GIR), die vorgeschriebenen Überschreitungshäufigkeit der Geruchsimmisionskonzentrationen (3 GE/m³ und 1 GE/m³) um nahezu das Doppelte überschritten werden.

6 Vorschläge zur Emissionsminderung an der Beispielanlage

Eine Minderung der Geruchsemissionen kann mit verschiedensten Mitteln erreicht werden. Die Potentiale der Geruchsminderungsmaßnahmen sind dabei ebenso unterschiedlich, wie die dazu notwendigen Investitionen und verlaufen nicht proportional zueinander. Als Hinweis sei hier nochmals auf die Tatsache verwiesen, daß die menschliche Nase den Geruch in einem logarithmischen Maßstab nach ihrer Stärke erfaßt. Für den Planenden und den Gesetzgeber sollte dies in erster Linie bedeuten, daß nicht die teuren emissionsmindernden Maßnahmen im Vordergrund stehen sollten, sondern der Abstand zwischen bewohnter Bebauung und Emittenten.

Ob eine Immissionsminderung auch mit anderen Mitteln, als der Kapselung der Rottefläche 1 möglich ist, die sich zudem durch ein ausgeglichenes Aufwand/Ertrag-Verhältnis realisieren läßt, soll in den folgenden, nach dem Investitionsaufwand gegliederten zwei beispielhaften Szenarien untersucht werden. Auf eine Verringerung der Abluftvolumenströme im Annahmehereich und in der Rottetrommel soll in den nachfolgenden Untersuchungen verzichtet werden, da dies nach Aussage des Betreibers aufgrund der nicht regelbaren Abluftaggregate unmöglich ist.

6.1 Szenario

- I **Vorgeschlagene Maßnahmen:**
- Erhöhung des Strukturstoffanteils
- Geruchsbezogener Umsetzungsrhythmus

Die einfachste Möglichkeit der Emissionsminderung ergibt sich aus einer geruchs-bezogenen Rottesteuerung, die sich nach den von FRICKE et al. (1989) gemachten Untersuchungen bei der offenen Mietenkompostierung insbesondere auf den Strukturanteil und den Umsetzungsrhythmus beziehen.

Umsetzungshäufigkeit

Vermehrtes Umsetzen der Mieten führt zu einem besseren Luftaustausch und einem höheren Luftporenvolumen im Mietenkörper und trägt somit zur Optimierung und Beschleunigung des Rotteprozesses bei. Positiv auf den Rotteverlauf wirkt sich insbesondere das Mischen der Materialien aus den feuchten Zonen des Mietenkörpers, wie dem Mietendach (Kondensationszone) und dem Mietenfuß, mit den trockenen Materialien des Mietenkerns und dem Mietenrand aus. Hierdurch wird sichergestellt, daß das gesamte Mietenmaterial mit den für die Mikroorganismen optimalen Wassergehalten benetzt ist und immer neue Substratoberflächen zum Abbau zur Verfügung stehen. Darüber hinaus kann die Bildung geruchsintensiver Verdichtungs-zonen zumindest teilweise verhindert werden. FRICKE et al. (1989) schlägt weiterhin vor, daß während der ersten 6 Wochen ein 14-tägiger Umsetzungsrhythmus eingehalten werden soll, der sich danach auf einen 21-tägigen Rhythmus verlängert. Von besonderer Bedeutung ist dabei der erste Umsetzzeitpunkt, der nicht vor den ersten 14 Tagen der Mietenrotte vorgenommen werden sollte. Während bei einem früheren Umsetzzeitpunkt der Rotte insbesondere der Eigengeruch des Materials vorherrschend war, so wurden beim Umsetzen nach 3 Wochen die typischen Faulgerüche wahrgenommen. KEHRES & VOGTMANN (1989) fanden zudem heraus, daß ein vielfach unterschätzter Zusammenhang zwischen Umsetzhäufigkeit und erzielbarem Rottegrad besteht. Ihren Untersuchungen zufolge genügt ein ausreichendes Sauerstoffange-

bot nicht, um nach einer bestimmten Rottedauer einen akzeptablen Rottegrad zu erreichen. In der zur Verdeutlichung folgenden Abbildung 8.9 ist die Selbsterhitzungsfähigkeit zweier Komposte dargestellt. Bioabfallkompost 1 (BAK1) entstammt dabei einer unbelüfteten Mietenkompostierung, wobei das Material während einer Rottedauer von 14 Wochen viermal umgesetzt wurde und den Rottegrad V erreichte. BAK2 ist der Kompost einer zwangsbelüfteten Mietenrotte, der nach 16-wöchiger Rotte nur einmal umgesetzt wurde und den Rottegrad II erreichte.

Die Autoren begründen ihre Ergebnisse damit, daß durch den Umsetzungsvorgang der Materialaufschluß und die Vermischung des Materials besonders stark gefördert werden und somit den Mikroorganismen ein hoher Anteil an innerer Oberfläche zur Verfügung steht, der die Rotteintensität erhöht.

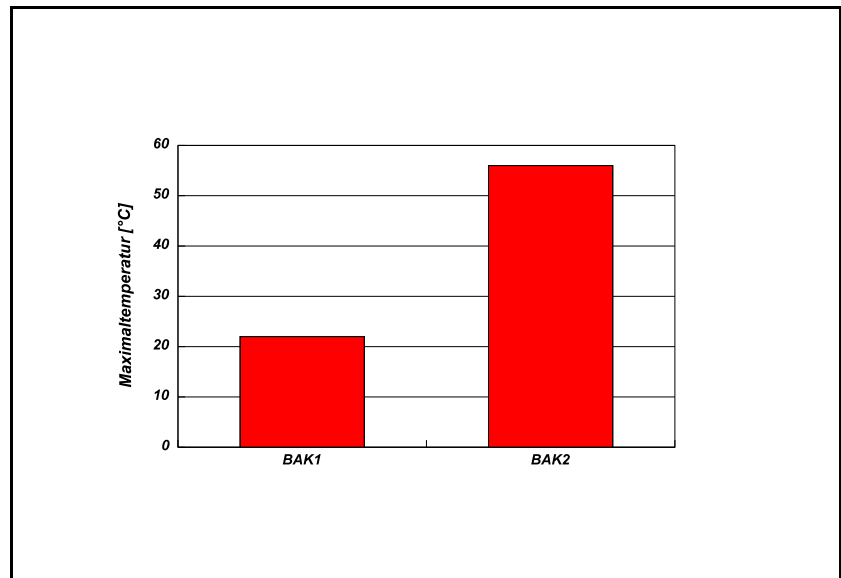


Abb. 8.9: Selbsterhitzungsfähigkeit und Rottegrad von Komposten aus unterschiedlichen Anlagen [KEHRES & VOGTMANN, 1989]

Strukturstoffgehalt

Als wesentliche Voraussetzung für die notwendige Sauerstoffversorgung des Rottegutes gilt die Struktur des Kompostrohstoffes. Der Anteil stabiler Strukturbildner steht im direkten Zusammenhang mit der Höhe des tolerierbaren Wassergehaltes und dem sich daraus ergebenden Luftporenvolumen im Kompost. Verfügt der zu kompostierende Bioabfall nicht über ausreichend Strukturstoffe, kommt es infolge Sauerstoffmangel verstärkt zur Bildung von anaeroben Zonen in der Miete. Hiervon betroffen ist insbesondere der Mietenfuß, da sich hier das Material durch die hohe Druckbeanspruchung der oberen Kompostschichten verdichtet und dem Luftaustausch einen hohen Widerstand entgegengesetzt.

In der Regel ist der Strukturstoffanteil im Bioabfall, ebenso wie der Wassergehalt und die Schüttdichte, jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen und liegt insbesondere im Sommer und Winter weit unterhalb optimaler Werte. Folglich ist die Speicherung von Strukturstoffen im Frühjahr und Herbst sinnvoll oder aber die Zugabe von externen Strukturbildnern bzw. Zuschlagstoffen.

FRICKE et al. (1989) fanden in ihren Untersuchungen heraus, daß sich die Geruchsemissionen durch Zumischung von Holzhäcksel deutlich reduzierten und sich damit auch der Rotteprozeß erheblich verbesserte. Die geringen Schüttdewichte und die verbesserte Struktur führten zur Optimierung des Luftporenvolumens und konnten die Bildung von anaeroben Zonen weitgehend verhindern und damit der Gefahr der Geruchsstoffbildung wirksam entgegentreten. Der Wirkungsgrad, bezogen auf den Sickerwasseraustritt und die Geruchsemissionen, ließ sich zudem durch die Verwendung von biogen vorgerottetem Holzhäcksel erheblich verbes-

sern, so daß bei einer 30 %-igen Holzhäckselzugabe Mietenhöhen bis 2,2 m akzeptabel erschienen.

6.1.1 Verbesserungsvorschläge zur Emissionsituation der Anlage

a)

Erhöhung der Umsetzungsvorgänge:

In den ersten 6 Wochen der Mietenrotte sollte auf einen 14-tägigen Rhythmus umgestellt werden. Danach reicht ein 21-tägiger Umsetzungsrhythmus aus.

b)

Erhöhung der stabilen Strukturstoffe auf > 30 Gew. % :

Die 20 %-ige Zugabe von Grünabfällen als stabiler Strukturstoff sowie die 10 %-ige Papierzugabe als wasserbindender Zuschlagstoff sind, wie die hohen Schüttdichten vermuten lassen, zu gering. Diese Maßnahme ist insbesondere in Hinblick auf die Mietenhöhe von 2,5 m sinnvoll, da hier mit besonders hohen Drücken durch Auflast gerechnet werden muß. Eine Reduzierung der Mietenhöhe ist im Hinblick auf größere Inputmengen nicht möglich, da die Mietenflächen für die jetzige Rottetechnik zu klein bemessen wurden.

Sollten nicht genügend Strukturstoffe über das Jahr verteilt zur Verfügung stehen, so kann auch die Fraktion 20 - 80 mm ein relativ großes Potential an Strukturstoffen mit überaus günstigen Eigenschaften bieten. Dies sind insbesondere die ideale Korngrößenverteilung, der hier vermutlich vorhandene, relativ geringe Wassergehalt von etwa 30 - 40 % sowie ein stabiles biogen angerottetes Material. Negativ wirkt sich jedoch der hohe Anteil von Störstoffen in dieser Fraktion aus. Kritisch ist hierbei besonders der Anteil der Kunststoffolien zu bewerten, der größtenteils in dieser Fraktion zu finden ist und bei fehlender Abscheidung zu einer nachhaltigen Verschlechterung des Produktes führt. Um diesen Nachteil zu verhindern, sollte ein Windsichter nachgeschaltet werden, der die vorhandenen Hartstoffe und Folien vom Strukturmaterial trennen kann. Wird davon ausgegangen, daß ca. 70 % aller Störstoffe in der Fraktion 20 - 80 mm vorhanden sind, dann ließen sich ca. 8 Gew.% an Strukturstoffen zurückgewinnen.

6.1.2 Emissionsabschätzung der einzelnen Anlagenteile

Die Geruchsfrachten des Annahmebereiches, der Rottetrommel, der Inputaufbereitung, der Konfektionierung und der Kompostlagerung bleiben unverändert, da sich die Geruchsminderungen im wesentlichen auf die Mietenrotte bezieht. Obwohl mit einer Verringerung der Schüttdichten zu rechnen ist, können diese in die Berechnung nicht mit einbezogen werden. Eine mögliche Veränderung der Massenbilanz ist ebenfalls nicht zu prognostizieren, weil diese in erster Linie von der Art der zusätzlich eingesetzten Strukturmaterialien und dem veränderten Abbauverhalten durch die häufigeren Umsetzungen abhängig ist.

Rottefläche 1

Ausgangsdaten:

- Schüttdichte : 0,65 Mg/m³
- Standzeit : ca. 30 Tage
- Umsetzung : 14-tägig
- Rotteverlust : 23 Gew. %
- Mietenform: Tafelmieten (h = 2,5 m)

Wie in der Emissionsprognose der Rottefläche 1 deutlich wurde, sind in erster Linie die Bohrungen für die hohen Geruchsfrachten verantwortlich. Durch die Erhöhung des Strukturgehaltes und der häufigeren Umsetzungen ist die Notwendigkeit dieser Bohrungen nur noch bedingt gegeben und es sollte daher möglichst darauf verzichtet werden. Für den hier vorliegenden Fall soll davon ausgegangen werden, daß die Mieten nur noch während der ersten 14 Tage angebohrt werden, weil gerade in dieser Phase die höchste Sauerstoffnachfrage der Mikroorganismen besteht und die Mietenhöhe von 2,5 m nach den Untersuchungen in FRICKE et al. (1989) immer noch als zu hoch einzustufen ist. Die Ermittlung der emissionsrelevanten Oberfläche erfolgt analog zu den Ausführungen in Kapitel 8.3.2.4.

Tab. 8.18: Emissionsrelevante Oberflächen der Mieten von Rottefläche 1 (Szenario I)

Input [Mg/a]	Kompost- volumen Rottebeginn [m ³]	Kompost- volumen Rotteende [m ³]	Mittleres Kompost- volumen [m ³]	Mittlere Mietenober- fläche ohne Bohrungen [m ²]	Fiktive mittlere Mietenoberflä- che mit Boh- rungen [m ²]
12.500	1.420	1.180	1.300	1.040	1.510
20.000	2.260	1.900	2.080	1.660	2.41,
25.000	2.830	2.370	2.600	2.080	3.020

Durch die 14-tägige Umsetzung und den höheren Strukturstoffgehalt ist besonders während der Umsetzungvorgänge mit geringeren Geruchsabstrahlungen zu rechnen, die jedoch teilweise durch die größeren Mengen an zu bewegendes Kompostmaterial relativiert werden. Bei der 14-tägigen Umsetzung wird zusätzlich zum Aufsetzvorgang der Mieten auf Rottefläche 1 und dem Transport zu Rottefläche 2 ein weiterer Umsetzungsvorgang nach einer Standzeit von 14 Tagen erforderlich, so daß an einem Arbeitstag 15 % der Mietenoberfläche mit einer Geruchsabstrahlung von ca. 2,5 GE/(m²*s) bewegt werden muß.

Tab. 8.19: Geruchsfrachten bei der Umsetzung unbelüfteter Mieten der Rottefläche 1 (Szenario I)

Input [Mg/a]	Bewegte Mieten- oberfläche [m ²]	mittlere spezifische Ge- ruchsabstrahlung [GE/(m ² *s)]	Geruchsfracht [GE/s]
12.500	156	2,5	390
20.000	249	2,5	620
25.000	312	2,5	780

Tab. 8.20: Geruchsfrachten bei ruhenden und unbelüfteten Mieten der Rottefläche 1 (Szenario I)

Input [Mg/a]	Fiktive ruhende Mietenoberfläche [m ²]	spezifische Geruchs- abstrahlung [GE/(m ² *s)]	Geruchsfracht [GE/s]
12.500	1.510	0,9	1.360
20.000	2.410	0,9	2.170
25.000	3.020	0,9	2.720

Auch die Geruchsabstrahlung von ruhenden Mieten wird durch den schnelleren Rottefortschritt vermutlich geringfügig niedriger ausfallen als in der Emissionsprognose beschrieben, so daß der Ansatz von 0,9 GE/(m²*s) gerechtfertigt erscheint.

Die Gesamtgeruchsfracht ergibt sich aus der Summe der Geruchsfrachten für bewegte und ruhende Mieten und ist in Tabelle 8.21 dargestellt.

Tab. 8.21: Gesamtgeruchsfrachten der Rottefläche 1 (Szenario I)

Input [Mg/a]	Geruchsfracht aus bewegten Mieten [GE/s]	Geruchsfracht aus ruhenden Mieten [GE/s]	Geruchsfracht gesamt [GE/s]
12.500	390	1.360	1.750
20.000	620	2.170	2.790
25.000	780	2.720	3.500

Rottefläche 2

Ausgangsdaten:

- Schüttdichte : 0,60 Mg/m³
- Standzeit : ca. 90 Tage
- Umsetzung : nach den ersten 14 Tagen einmal, danach jeweils jede 3. Woche
- Rotteverlust : 38 Gew.%
- Mietenform: Tafelmieten (h = 2,5 m)

Bei Rottefläche 2 soll aus den oben genannten Gründen ebenfalls auf die Anbohrung der Mieten verzichtet werden, so daß sich folgende emissionsrelevante Oberflächen der Mieten ergibt.

Tab. 8.22: Emissionsrelevante Oberflächen der Mieten von Rottefläche 2 (Szenario I)

Input [Mg/a]	Kompost- volumen Rottebeginn [m ³]	Kompost- volumen Rotteende [m ³]	Mittleres Kompost- volumen [m ³]	Mittlere Mieten- oberfläche [m ²]
12.500	3.850	3.100	3.480	2.780
20.000	6.160	4.960	5.560	4.450
25.000	7.700	6.200	6.950	5.560

Bei den Geruchsfrachten während der Umsetzungvorgänge wird auch hier ein deutlicher Einfluß aufgrund der besseren Struktur zu verzeichnen sein. Bei dem oben beschriebenen Umsetzungsrhythmus müssen pro Arbeitstag ca. 6,7 % des gesamten Kompostvolumens und der dazugehörigen Oberfläche, mit einer angenommenen Oberflächenabstrahlung von 1,0 GE/(m²*s), bewegt werden.

Tab. 8.23: Geruchsfrachten bei der Umsetzung unbelüfteter Mieten der Rottefläche 2 (Szenario I)

Input [Mg/a]	Bewegte Mieten- oberfläche [m ²]	mittlere spezifische Ge- ruchsabstrahlung [GE/(m ² *s)]	Geruchsfracht [GE/s]
12.500	186	1,0	190
20.000	298	1,0	300
25.000	373	1,0	780

Die Geruchsfracht ruhender Mietenoberflächen wird durch den Verzicht auf Bohrungen erheblich sinken, eine Abminderung der Oberflächenabstrahlung ist jedoch kaum zu erwarten, so daß die Frachtermittlung erneut mit einem Wert von 0,15 GE/(m²*s) durchgeführt wird.

Tab. 8.24: Geruchsfrachten bei ruhenden und unbelüfteten Mieten der Rottefläche 2 (Szenario I)

Input [Mg/a]	Fiktive ruhende Mietenoberfläche [m ²]	spezifische Geruchs- abstrahlung [GE/(m ² *s)]	Geruchsfracht [GE/s]
12.500	2.780	0,15	420
20.000	4.450	0,15	670
25.000	5.560	0,15	830

Die Gesamtgeruchsfracht ergibt sich aus der Summe der Geruchsfrachten für bewegte und ruhende Mieten und ist in Tabelle 8.25 dargestellt.

Tab. 8.25: Gesamtgeruchsfrachten der Rottefläche 2 (Szenario I)

Input [Mg/a]	Geruchsfracht aus bewegten Mieten [GE/s]	Geruchsfracht aus ruhenden Mieten [GE/s]	Geruchsfracht gesamt [GE/s]
12.500	190	420	610
20.000	300	670	980
25.000	380	830	1.210

Die zusammengestellten Frachten und ihr jeweiliger Emissionsbeitrag sind in Tabelle 8.26 und Abbildung 8.10 nachzuvollziehen.

Tab. 8.26: Geruchsfrachten des Szenarios I

Ort/Aggregat	Geruchsfracht [GE/s]					
	Input- menge (12.500 Mg/a)	Emissions- beitrag [%]	Input- menge (20.000 Mg/a)	Emissions- beitrag [%]	Input- menge (25.000 Mg/a)	Emiss- sions- beitrag [%]
Annahmehereich / Bunker	310	9,5	370	7,4	420	6,8
Rottetrommel (t = 1d)	180	5,5	220	4,4	250	4,1
Inputaufbereitung / Siebtrommel / Konfektionierung	120	3,7	150	3,0	170	2,8
Rottefläche 1 (t = 4 Wo.)	1.750	53,5	2.790	55,9	3.500	56,8
Rottefläche 2 (t = 12 Wo.)	610	18,8	980	19,6	1.210	19,6
Kompostlager (t = 16 Wo.)	230	7,1	380	7,6	460	7,5
Diffuse Quellen	50	1,5	100	2,0	150	2,4
Summe	3.250	100	4.990	100	6.160	100

Gegenüber der Ist-Situation können die Geruchsfrachten durch die Erhöhung des Strukturstoffanteils und den geruchsbezogenen Umsetzrhythmus um ca. 1.000 GE/s (12.500 Mg/a) gesenkt werden. Die Fracht der Rottefläche 1 verringerte sich bei einer Jahresinputmenge von 12.500 Mg um 30 % (750 GE/s), während sich die Geruchsfracht der Rottefläche 2 um ca. 31 % (270 GE/s) reduzierte.

Anhand der Emissionsbeiträge ist festzustellen, daß die Rottefläche 1, mit über 50 % an der Gesamtfracht, weiterhin der Hauptmittelpunkt ist.

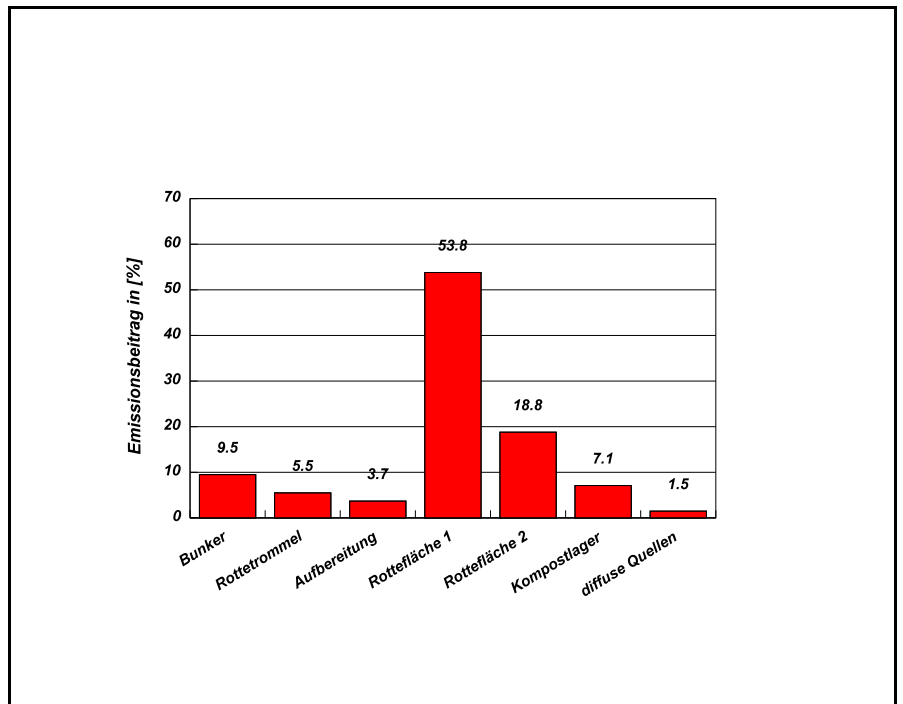


Abb. 8.10: Emissionsbeitrag der Orte/Anlagenteile bei 12.500 Mg/a (Szenario)

6.1.3 Immissionsprognose für Szenario I

Abbildung 8.11 zeigt beispielhaft die Immissionsprognose für Szenario I (12.500 Mg/a) in Form der Isolinien-Darstellung, gemäß der Auflage des Planfeststellungsbeschlusses. Im direkten Vergleich mit der Immissionsprognose der Ist-Situation fällt auf, daß hier bereits eine wesentlich kleinere Fläche des Beurteilungsgebietes vom Auftreten hoher Immissionskonzentrationen betroffen ist. Auffällig ist hierbei, daß sich die 4 %-Isolinie im Beurteilungsgebiet nicht gleichförmig zum Emissionsschwerpunkt zurückzieht. Während sich die Isolinie im nördlichen Teil um ca. 100 m nach Süden bewegt, läßt sich im westlichen Teil des Beurteilungsgebietes feststellen, daß hier lediglich eine Verschiebung um ca. 40 m in Richtung des Bezugspunktes stattgefunden hat. Verantwortlich hierfür sind vermutlich die ungünstigeren Ausbreitungsbedingungen (Relative Häufigkeit der Kombination Windgeschwindigkeit < 3 Knoten und stabile Ausbreitungsklasse I oder II) in westliche Richtungen, die einer Verdünnung der Geruchsstoffe entgegenwirken. Trotz einer Reduzierung der Geruchsfrachten um ca. 1.000 GE/s (12.500 Mg/a), sind die Wohnbebauungen in ca. 6 - 7 % bzw. 4,5 - 5 % der Jahresstunden von einer Überschreitung der Immissionskonzentration (3 GE/m³) betroffen.

Auch bei der entsprechenden Immissionsprognose nach den Vorgaben der Geruchsimmissions-Richtlinie (siehe Abb. 8.12), kommt es nur im Bereich der nördlichen Wohnbebauung zu einer Unterschreitung der geforderten Immissionshäufigkeit von etwa 10 % der Jahresstunden. Durch die Erhöhung des Strukturstoffgehaltes und den veränderten Umsatzrhythmus kann im Bereich der nordwestlichen Wohnbebauung eine deutliche Überschreitung (17,5 bzw. 17,7 %) der Immissionswerte nicht verhindert werden.

Die Kompostierungsanlage ist durch die emissionsmindernden Maßnahmen des Szenarios I weder nach den Vorgaben des Regierungspräsidiums, noch nach denen der Geruchsimmissions-Richtlinie zu genehmigen, so daß weitere Maßnahmen zur Verringerung der Emissionsfrachten erforderlich sind.

Abb. 8.11: Immissionsprognose des Szenarios I (12.500 Mg/a) gemäß Auflage [SCHLOSSER, 1995]

Abb. 8.12: Immissionsprognose des Szenarios I (12.500 Mg/a) gemäß GIR [SCHLOSSER, 1995]

6.2 Szenario II

Vorgeschlagene Maßnahme

- Abdecken der Mieten auf Rottefläche 1 mit Kompost
- Erhöhung des Strukturstoffanteils
- Geruchsbezogener Umsetzrhythmus

Als eine weitere Variante zur Minderung der Emissionen soll das Abdecken der Mieten mit Kompost untersucht werden. Voraussetzung hierfür sind jedoch die in 8.7.1 angeführten Veränderungen hinsichtlich der Umsetzhäufigkeit und des Strukturstoffgehaltes, da eine Abdeckung im jetzigen Verfahrensablauf wenig sinnvoll erscheint. Zurückzuführen ist dies in erster Linie auf das Abdeckmaterial, weil dessen Funktion durch die Bohrungen beeinträchtigt würde und somit eine ausreichende Sauerstoffversorgung ohne den geänderten Strukturgehalt und Umsetzrhythmus nicht mehr sichergestellt werden kann. Weitere Probleme ergäben sich zudem durch die geringfügige zusätzliche Auflast des Abdeckmaterials und dem höheren Diffusionswiderstand der Miete, so daß eine Abdeckung nur bei einem höheren Strukturstoffgehalt und verändertem Umsetzrhythmus zu empfehlen ist.

Als Abdeckmaterialien eignen sich grundsätzlich die Stoffe, die auch bei Biofiltern Verwendung finden, da hier ein identisches Funktionsprinzip vorliegt. Hierbei werden die von den Mieten abgestrahlten abbaubaren Geruchsstoffe durch Mikroorganismen oxidiert und / oder in Biomasse umgewandelt. Die Schichtdicke der Abdeckung liegt bei Verwendung von Kompost in der Regel zwischen 5 und 10 cm. Die geringe Schichtdicke ist in erster Linie auf die lange Kontaktzeit zwischen Geruchsstoffen und Substratoberfläche zurückzuführen, die sich aus dem nur auf der Thermik beruhenden Volumenstrom ergibt. Als eine wichtige Voraussetzung für eine optimale Geruchsneutralisierung muß jedoch der mögliche Eigengeruch der Abdeckschicht berücksichtigt werden, der durch fortschreitende Abbauprozesse des Abdeckmaterials entstehen kann. Werden die Mieten mit Kompost abgedeckt, dann sollten aus diesem Grund nur Reife- bzw. Fertigkomposte verwendet werden, die sich durch eine feste Substratoberfläche auszeichnen und nur noch geringen Abbauprozessen unterworfen sind.

In der ausgewerteten Literatur fanden sich zwei Untersuchungsergebnisse, die eine Abschätzung der Emissionsminderung möglich machen. MÜSKEN & BIDLINGMAIER (1993) fanden in ihren Untersuchungen bei der Abdeckung von Dreiecksmieten mit gehäckselten Strauchschnitt heraus, daß während der ersten 14 Rotte-tage tendenziell eine Minderung der Oberflächenabstrahlung von 75 % möglich ist. In Abbildung 8.13 sind die Ergebnisse dieser Untersuchung dargestellt.

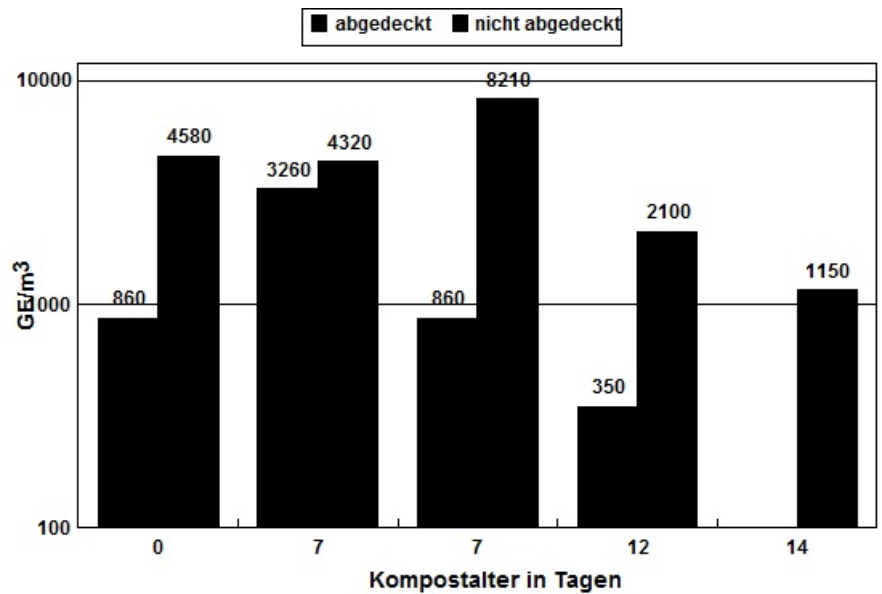


Abb. 8.13: Veränderung der Geruchsabstrahlung von unbelüfteten Dreiecksmieten aus Bioabfall durch Abdeckung mit Strauchschnitt [MÜSKEN & BIDLINGMAIER, 1993]

FRICKE et al. (1989) stellten in ihren Untersuchungen bei der Abdeckung der Mieten mit einer 5 cm mächtigen Schicht aus gesiebten Reifekompost fest, daß die Abstrahlintensität der Mieten nach einer Stunde um den 30-fachen Wert gegenüber den nicht abgedeckten Mieten abnahm. In Abbildung 8.14 sind die erzielten Ergebnisse dargestellt.

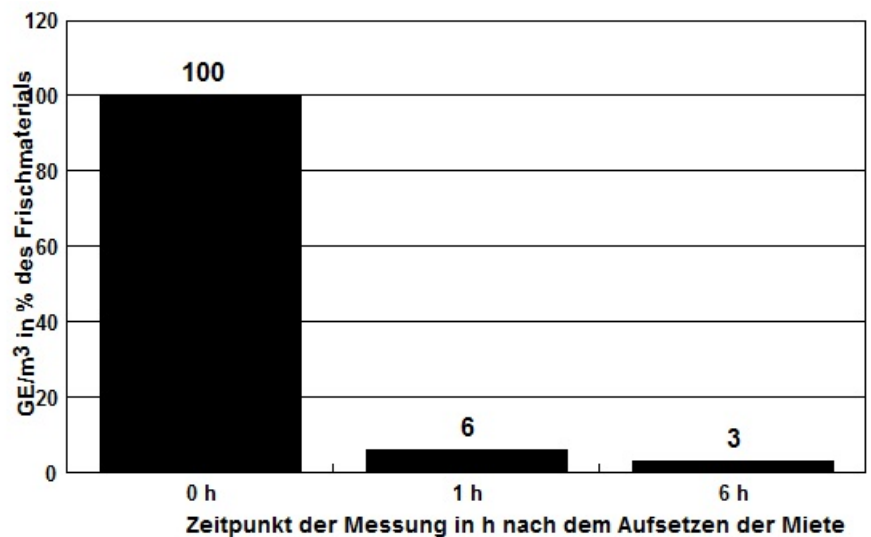


Abb. 8.14: Einfluß von gesiebtem (< 20mm) Reifekompost als Abdeckmaterial auf die Geruchsemissionen von frisch aufgesetztem Bioabfall [FRICKE et al., 1989]

6.2.1 Verbesserungsvorschläge zur Emissionssituation der Anlage

Im Beispiel bietet sich als Abdeckmaterial eine 5 cm mächtige Fertigungskompostschicht der Körnung 10 - 20 mm an. Die Verwendung des Fertigungskompostes führt jedoch zu einem nicht unerheblichen Mehraufwand, so daß aus Gründen der Kostenminimierung und Zweckmäßigkeit diese Maßnahme auf die Mieten der Rottefläche 1 beschränkt werden sollte. Der entstehende Mehraufwand, der durch das Aufsetzen der Abdeckung und den Transport des Materials vom Kompostlager zur Rottefläche 1 entsteht, ist nur auf diesen Mieten sinnvoll, da hier-

durch die größte Emissionsminderung bei gleichzeitig vertretbaren Kosten entsteht.

6.2.2 Emissionsabschätzung der einzelnen Anlagenteile

Mit Ausnahme der Rottefläche 1 bleiben die Geruchsfrachten der übrigen Orte bzw. Aggregate unverändert zu denen in 8.7.1.2.

Rottefläche 1

Ausgangsdaten:

- Schüttdichte : 0,65 Mg/m³
- Standzeit : ca. 30 Tage
- Umsetzung : 14-tägig
- Rotteverlust : 23 Gew.%
- Mietenform: Tafelmieten (h = 2,5 m) mit Fertigkompost abgedeckt

Zur Abdeckung der Mietenoberfläche müssen je nach Inputmenge an einem Arbeitstag theoretisch 5,2 m³ bei 12.500 Mg/a, 8,3 m³ bei 20.000 Mg/a und 10,4 m³ Fertigkompost bei 25.000 Mg/a vom Kompostlager zur Rottefläche 1 transportiert und dort von Radladern auf die frisch auf- bzw. umgesetzten Mieten verteilt werden, damit alle Mieten der Rottefläche 1 vollständig abgedeckt sind. Die zusätzlich auftretenden Emissionen durch den Transport des Materials werden wegen ihrer Geringfügigkeit nicht berücksichtigt.

Ob und inwiefern die Erhöhung und Rückführung der Strukturstoffe zur einer Rottegraderhöhung des fertigen Kompostes führen und somit zu einer geringeren Oberflächenabstrahlung der Abdeckschicht, kann nicht vorhergesagt werden.

Der zu erwartende Wirkungsgrad der Abdeckung ist nur sehr ungenau abzuschätzen, da der einzusetzende Fertigkompost nur über den Rottegrad III verfügt und somit weitergehende, die Eigenabstrahlung der Abdeckschicht erhöhende Abbauprozesse denkbar sind. Darüber hinaus kann nicht sicher vorhergesagt werden, inwieweit der Wirkungsgrad jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen ist und wie sich Änderungen des Wassergehaltes auf die desodorierende Wirkung der Schicht auswirken.

Nach den bisherigen Erfahrungen und den obengenannten Einschränkungen scheint jedoch eine 30 %-ige Abminderung der Oberflächenabstrahlung, auch unter schlechten Bedingungen, gegeben zu sein, so daß für die spezifische Geruchsabstrahlung ruhender Mieten ein Wert von 0,63 GE/(m²*s) angesetzt werden kann.

Tab. 8.27: Geruchsfrachten bei ruhenden, abgedeckten und unbelüfteten Mieten der Rottefläche 1

Input [Mg/a]	Ruhende Mieten- oberfläche [m ²]	spezifische Ge- ruchsabstrahlung [GE/(m ² *s)]	Geruchsfracht [GE/s]
12.500	1.040	0,63	660
20.000	1.660	0,63	1.050
25.000	2.080	0,63	1.310

Die Geruchsfrachten bei der Umsetzung der Mieten von Rottefläche 1 werden sich infolge der geringfügig schlechteren Sauerstoffversorgung vermutlich nur unwesentlich erhöhen, so daß die Werte aus Kapitel 8.7.1.2 übernommen werden.

Tab. 8.28: Geruchsfrachten bei der Umsetzung abgedeckter und unbelüfteter Mieten der Rottefläche 1

Input [Mg/a]	Bewegte Mieten- oberfläche [m ²]	mittlere spezifische Ge- ruchsabstrahlung [GE/(m ² *s)]	Geruchsfracht [GE/s]
-----------------	--	--	-------------------------

12.500	156	2,5	390
20.000	249	2,5	620
25.000	312	2,5	780

Die Gesamtgeruchsfracht ergibt sich aus der Summe der Geruchsfrachten für bewegte und ruhende Mieten und ist in Tabelle 8.29 dargestellt.

Tab. 8.29: Gesamtgeruchsfrachten der Rottefläche 1 (Szenario II)

Inputmenge [Mg/a]	Geruchsfracht aus bewegten Mieten [GE/s]	Geruchsfracht aus ruhenden Mieten [GE/s]	Geruchsfrachten ge- samt [GE/s]
12.500	390	660	1.050
20.000	620	1.050	1.670
25.000	780	1.310	2.090

Alle entstehenden Geruchsfrachten sind in Tabelle 8.30 zusammengestellt und anhand von Abbildung 8.15 dokumentiert.

Tab. 8.30: Geruchsfrachten des Szenarios II

Ort/Aggregat	Geruchsfracht [GE/s]					
	Input- menge (12.500 Mg/a)	Emis- ions- beitrag [%]	Input- menge (20.000 Mg/a)	Emissions- beitrag [%]	Input- menge (25.000 Mg/a)	Emis- ions-bei- trag [%]
Annahmebereich / Bunker	310	12,2	370	9,6	420	8,8
Rottetrommel (t = 1d)	180	7,1	220	5,7	250	5,3
Inputaufberei- tung / Siebtrom- mel / Konfek- tionierung	120	4,7	150	3,9	170	3,6
Rottefläche 1 (t = 4 Wo.)	1.050	41,2	1.670	43,2	2.090	44,0
Rottefläche 2 (t = 12 Wo.)	610	23,9	980	25,3	1.210	25,5
Kompostlager (t = 16 Wo.)	230	9,0	380	9,8	460	9,7
Diffuse Quellen	50	2,0	100	2,6	150	3,2
Summe	2.550	100	3.870	100	4.750	100

Gegenüber Szenario I konnten die Geruchsfrachten durch Abdeckung der Mieten von Rottefläche 1 mit Frischkompost um weitere 700 GE/s (12.500 Mg/a) reduziert werden.

Die Rottefläche 1 ist bei einer Jahresinputmenge von 12.500 Mg mit 41 % der Gesamtfracht zwar immer noch die Hauptquelle der Geruchsemissionen, sie verliert gegenüber dem Biofilter (ca. 24 %) und der Rottefläche 2 (ca. 24 %) jedoch zunehmend an Bedeutung.

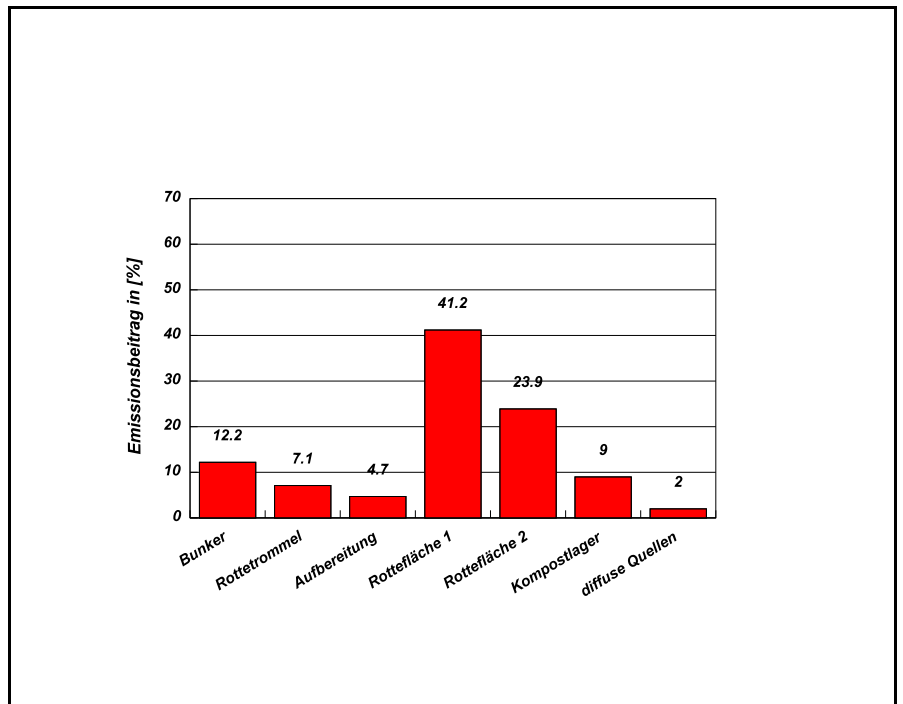


Abb. 8.15: Emissionsbeitrag der Orte/Anlagenteile bei 12.500 Mg/a (Szenario II)

6.2.3 Immissionsprognose für Szenario II

Anhand der in Abbildung 8.16 dargestellten Isolinien-Darstellung läßt sich erkennen, daß durch eine weitere Reduzierung der Geruchsfrachten des Szenarios II um ca. 700 GE/s große Teile der Wohnhäuser im Nordwesten und Südwesten der Anlage bereits Überschreitungshäufigkeiten $< 4\%$ der Jahresstunden bzgl. 3 GE/m^3 aufweisen. Lediglich die im Osten gelegenen Wohnhäuser der Wohnbebauung im Nordwesten, die in unmittelbarer Nachbarschaft zur Kompostierungsanlage liegen, weisen Immissionshäufigkeiten von bis zu 5% der Jahresstunden auf, während bei den Häuser im Norden fast ausnahmslos unerhebliche Geruchsbelästigungen auftreten.

Für die Gesamtbelastung IG der betreffenden Beurteilungsflächen in der Immissionsprognose nach der Geruchsimmissions-Richtlinie (Abbildung 8.17) sind die Geruchsbelästigungen hingegen weiterhin als erheblich zu bewerten. Für die nahegelegenen Wohnhäuser ist in ca. 16% der Jahresstunden mit Geruchsimmissionskonzentrationen 1 GE/m^3 zu rechnen, während bei der Bebauung im Norden in 1226 h/a (14%) erhebliche Geruchsbelästigungen auftreten. Es zeichnet sich bereits jetzt deutlich die Tendenz ab, daß die Bewertung von Geruchsimmissionen nach der GIRL in diesem speziellen Fall (Verwendung von Beurteilungsflächen mit Kantenlänge 150 m) höhere Anforderungen an die Reduktion der Geruchsfrachten stellt, als dies durch die Auflagen des Planfeststellungsbeschlusses erfolgt.

Durch das zusätzliche Abdecken der Mieten werden bei einer Inputmenge von 12.500 Mg/a die Anforderungen beider Bewertungsgrundlagen nicht erfüllt, so daß nur die emissionsmindernden Maßnahmen des Szenarios II nicht zu einer Genehmigung der Kompostierungsanlage führen.

Abb. 8.16: Immissionsprognose des Szenarios II (12.500 Mg/a) gemäß Auflage [SCHLOSSER, 1995]

Abb. 8.17: Immissionsprognose des Szenarios II (12.500 Mg/a) gemäß GIR [SCHLOSSER, 1995]

Kapitel IX

Geruchstechnische Schadensfälle in Kompostwerken

1 Sammlung und Auswertung konkreter Schadensfälle

Für den vorliegenden Bericht sind die Betriebserfahrungen aus insgesamt acht Kompostwerken mit Durchsatzleistungen zwischen 7.000 und 35.000 Mg/a, die massive Geruchsprobleme hatten, sowie die Erfahrungen diverser anderer Betriebsanlagen auf dem Gebiet der Emission von Geruchsstoffen ausgewertet worden. Die relevanten Daten wurden von den meisten Anlagenbetreibern allerdings nur unter der Bedingung zur Verfügung gestellt, daß der einzelne Anlagenstandort und dessen spezifische Probleme nicht offengelegt werden. Daher wird im folgenden eine anonymisierte Betrachtungsweise gewählt, bei der nur allgemeingültige Aussagen getroffen werden.

Neben der Auswertung der zur Verfügung gestellten Unterlagen, wie Genehmigungsbescheide, Emissionsmeßberichte, Gutachten zur Immissions-situation und zur Rotteführung etc., sind mit mehreren Anlagenbetreibern und mit Genehmigungs- und anderen Landesbehörden Hintergrundgespräche geführt worden, um ein abgerundetes Bild von der jeweiligen örtlichen Situation zu erhalten.

Die beim Betrieb von Kompostierungseinrichtungen unvermeidlich entstehenden Geruchsemissionen führten in der Vergangenheit bei einigen Kompostwerken zu erheblichen Belästigungen im Umfeld. Da ein Anlagenstandort auf Dauer nur dann gehalten werden kann, wenn sich die Nachbarn nicht über Gebühr benachteiligt fühlen, kommt der Vermeidung bzw. Beherrschung von geruchstechnischen Schadensfällen eine erhebliche Bedeutung zu. Nachdem es aber wegen der in Anlagen zur Kompostierung von Abfallstoffen stattfindenden mechanischen und biologischen Prozesse unmöglich ist, den Betrieb geruchsfrei zu gestalten, können nur entsprechende Planung, Ausrüstung und Betriebsführung zu einer akzeptablen Situation im Umfeld führen.

Die wesentlichen Einflußgrößen auf die Geruchsauswirkung 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 geruchsemitterenden Anlagenteilen,
- die erzielte Reinigungsleistung in Abluftströmen aus eingehaus-ten Anlagenteilen und
- die Betriebsführung.

Die Analyse der betrachteten Schadensfälle zeigt, daß folgende Problemkreise regelmäßig relevant sind:

- Unterschätzung der Geruchsemissionsstärke der gewählten Kompostierungstechnik bereits im Planungsstadium und entsprechend ungenügende Maßnahmen zum Emissionsschutz.
- Technische Probleme beim Betrieb der Kompostierungsanlage mit der Folge nicht eingeplanter Betriebszustände und entsprechend höheren Emissionen.
- 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.
- 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.
- Ungenügend ausgestattete bzw. falsch dimensionierte Abluftreinigungsanlagen sowie schlechtes Luftmanagement (Stichworte: Filtermaterial, Rohgaskonditionierung).

- Unzureichende Kontrolle und Wartung der Abluftreinigungsanlagen (Stichwort: Filterpflege).
- 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.

Meist kommen mehrere der angeführten Einzelprobleme zusammen, so daß bei einigen Anlagen bereits über eine Schließung des Betriebes am bestehenden Standort diskutiert worden ist.

An dieser Stelle soll nicht auf die bekannten Schwächen einer Ausbreitungsrechnung und Immissionsprognose für Geruchsstoffe nach TA-Luft abgehoben werden, sondern auf die Fehler, die bei der Zusammenstellung der Eingangsgrößen (i.e. der Quellstärke einzelner emissionsträchtiger Verfahrensteile) vorkommen, eingegangen werden. Hier werden oft recht ideale Betriebsbedingungen zugrunde gelegt, obwohl spätestens seit Anfang der neunziger Jahre genügend Geruchsmessungen vorliegen, die die ganze Bandbreite der möglichen Emissionsstärke einzelner Geruchsquellen dokumentieren.

Zudem werden Emissions-/Immissionsprognosen für Geruchsstoffe i.d.R. bereits zusammen mit der Genehmigungsplanung erstellt, d.h. daß exakte Angaben über die später ausgeführte Lüftungstechnik und das umgesetzte Luftmanagement meist noch nicht vorliegen. Die oft unangenehme Aufgabe des Emissions-/Immissionsgutachters besteht dann darin, dem Anlagenplaner und dem Bauherrn Randbedingungen zur Einhaltung der zulässigen Immissionswerte in der Umgebung des Standortes vorzugeben, die unter Umständen das Bauvorhaben nicht unerheblich verteuern oder sogar bestimmte Anlagenkonfigurationen, wie z.B. offen betriebene Mieten o.ä., ganz ausschließen.

Die Folge einer zu einem verfrühten Zeitpunkt im Planungsablauf oder auf der Basis noch nicht geklärter Betriebsspezifika erstellten Emissions-/Immissionsprognose kann dann entweder die Festlegung von im Dauerbetrieb mit der vorgesehenen Technik nicht einhaltbaren Emissionsgrenzwerten durch die Genehmigungsbehörde oder die Emission wesentlich höherer Geruchsfrachten als der in der Prognose angenommenen sein. In beiden Fällen sind aufwendige Nachrüstungen oder Betriebsumstellungen infolge von Grenzwertüberschreitungen oder von Geruchsbeschwerden aus der Nachbarschaft unausweichlich (s.a. Kapitel 9.3).

Zu diesem Problemkreis gehört auch die gewissenhafte Untersuchung der meteorologischen Bedingungen am geplanten Anlagenstandort, z.B. die Einbeziehung von Kaltluftabflüssen oder die Häufigkeiten von Inversionswetterlagen. Im Zweifelsfalle sind die Ausgaben für eine detaillierte Erfassung des Kleinklimas am Standort deutlich geringer, als nachträgliche Maßnahmen zum Emissionsschutz in einer bestehenden Anlage.

Der Vollständigkeit halber sei auch noch darauf hingewiesen, daß zur Untersuchung des status quo vor Inbetriebnahme des neuen Kompostwerkes natürlich auch die vollständige Erfassung bereits vorhandener Geruchsquellen gehört. Dies kann entweder durch Begehungen im Sinne der Geruchsimmissionsrichtlinie (GIR) oder durch Messungen bzw. gewissenhafte Abschätzung der Quellstärke dieser Emittenden und Einarbeitung in die Immissionsprognose geschehen. Die Erhebung der Vorbelastung des Anlagenumfeldes im Sinne der GIR schützt den Betreiber der Kompostierung auch vor später ungerechtfertigt erhobenen Beschwerden.

Anlagenbetrieb allgemein

Natürlich kann auch ein optimaler Anlagenbetrieb Planungsfehler nur unvollständig oder gar nicht kompensieren. Die Analyse der untersuchten Schadensfälle zeigt jedoch, daß unabhängig von der Ausstattung eines Werkes bestimmte emissionsrelevante Fehler immer wieder auftauchen. Im einzelnen sind hier zu nennen:

- Anlieferung von bereits geruchsintensiven Abfällen, z.B. wenn auch im Sommer längere Abfuhrintervalle für Bioabfälle gefahren werden (alternierender, meist 14-tägiger Sammelrhythmus).
- Längere Zwischenlagerung von Abfällen vor der Verarbeitung im Bunker- bzw. Anlieferungsbereich, z.B. wegen eines Anlagenstillstandes.
- Verarbeitung von nassen Materialien (z.B. aus dem Bereich der Gastronomie oder von Märkten) bei gleichzeitigem Mangel an Strukturgut.
- Fehlende Auffangeinrichtungen für Preßwässer aus den Sammelfahrzeugen im Bunkerbereich.
- Offenstehen lassen von eigentlich geschlossen konzipierten Anlagenteilen v.a. im Aufbereitungs- und Rotteteil und dadurch stark erhöhte diffuse Geruchsemissionen.
- Vernachlässigung der regelmäßigen Reinigung aller Verkehrswege zur Verhinderung diffuser Geruchsemissionen.
- Bewegung von geruchsintensivem Material bei ungünstigen Windrichtungen (z.B. zum Nachbarn hin) oder bei entsprechenden Wetterlagen (z.B. Inversion), v.a. bei offenen Mieten, aber auch im Lagerbereich relevant.
- Überlastung der Anlage durch zu hohen Abfalldurchsatz. In diesem Fall kommt es oft zu sich addierenden Effekten bzgl. der Emissionsstärke, wie z.B. zu hohe Mieten (v.a. offene Anlagen), absinkender Rottegrad im Fertigprodukt (Folge: höhere Emissionen bei der Nachrotte, bei der Feinaufbereitung und im Lager), Überlastung des Kompostlagers (Folge: zu hohe und/oder nicht bewirtschaftete Lagermieten, erneute Selbsterhitzung des Kompostes und damit höhere Geruchsemissionen), Überlastung der Abgasreinigungsanlagen wegen der erhöhten Geruchsfrachten aus allen stärker beanspruchten Anlagenteilen, generell unpräzisere Arbeitsweise wegen Zeitmangel (Folge: fällige Reinigungs-, Kontroll- und Wartungsarbeiten werden zu spät und/oder mangelhaft ausgeführt).
- Vernachlässigung der regelmäßigen Kontrolle und Wartung der Abluftreinigungsanlage (s.a. Abschnitt "Abluftreinigung" in diesem Kapitel) bzw. sonstiger emissionsmindernder Maßnahmen (z.B. Abdeckung von offenen Mieten mit Häckselgut oder extra hierfür vorgesehener Planen).
- Ungenügende Reaktion auf Störfälle, wie z.B. Ausfall von Ventilatoren oder von einzelnen Aggregaten (Beispiel: Eintrag Rottehalle liegt still, daher Überlastung bzw. zu lange Lagerzeit unbehandelte Abfälle im Bunkerbereich).
- Nichtbeachtung von Vorgaben zum Luftmanagement (z.B. Mehrfachnutzung von Luftströmen) und dadurch höhere Abluftvolumina im Reingasstrom mit entsprechender Steigerung der emittierten Geruchsfracht (nur bei teilweise oder ganz geschlossenen Anlagen).
- Falsch konzipierte oder mangelhaft ausgeführte Materialübergabestellen zwischen einzelnen Aggregaten, dadurch z.B. dauernde Verunreinigungen am Boden (v.a. Grob- und Feinaufbereitung) (Folge: Diffuse Geruchsquellen).

Abluftreinigung

Der Betrieb von Abluftreinigungsanlagen, die in (teilweise) eingehausten Kompostwerken praktisch immer aus einem Biofilter bestehen, eventuell in Kombination mit einem Biowäscher, setzt einen guten Ausbildungsstand und Erfahrung des Betriebspersonals voraus, wie der Rottebetrieb selbst. Wie alle biologischen Systeme bedürfen auch biologische Abluftreinigungen einer dauernden Überwachung und Pflege, wenn Sie mit optimalem Wirkungsgrad gefahren werden sollen (s.a. Kapitel 6 und 9.3).

Wenn nun Geruchsbelästigungen, die ihre Ursache in Fehlfunktionen der Abluftreinigung haben, in der Umgebung eines Kompostwerkes auftreten, so hat dies meist folgende Gründe:

- Das Biofiltermaterial ist verbraucht, weshalb die Reinigungsleistung fortschreitend nachläßt.
- Das eingesetzte Filtermaterial genügt den Anforderungen nicht und neigt z.B. zu Verdichtungen, baut sich nicht gleichmäßig ab oder hat einen hohen Wartungsaufwand (Stichworte: Hoher Druckverlust, Durchbrüche, häufiges Auflockern).
- Der Wasserhaushalt des Biofilters ist nicht ausgeglichen, es bilden sich Trockenzone, die zu Filterdurchbrüchen führen.
- Der Biofilter wird rohgasseitig nicht gleichmäßig angeströmt (z.B. Verstopfungen im Spaltenboden), es bilden sich Präferenzkanäle bzw. Zonen mit erhöhter Raumbelastung, die Folge sind erhöhte Emissionswerte oder sogar Filterdurchbrüche.
- Die Filterkontrolle und -pflege wird vernachlässigt, weshalb sich ankündigende Probleme, wie z.B. ungleichmäßiges Abströmverhalten, Trockenzone etc., nicht rechtzeitig bemerkt werden.
- Die Auslegung der Abgasreinigung ist fehlerhaft. So treten vor allem bei Saugbelüftungen bei der Abgasfilterung infolge hoher Abgaskonzentrationen und -temperaturen Probleme auf, die nur über eine vorgeschaltete Abgaskonditionierung bzw. einen vorgeschalteten Biowäscher beherrscht werden können.
- Das Luftmanagement der Kompostierungsanlage ist fehlerhaft bzw. der vorgeschaltete Wäscher oder die Abluftkonditionierung arbeiten nicht einwandfrei, weshalb der Biofilter mit zu hohen Rohgaskonzentrationen und/oder -temperaturen beaufschlagt wird, was bei intaktem Filter i.d.R. sogar zu einer Steigerung der Reinigungsleistung (Wirkungsgrad in [%]) führt, aber ein deutliches Ansteigen der Reingaskonzentration und damit eine Steigerung der abgegebenen Geruchsfracht verursacht.
- Die Konstruktion des Filters ist fehlerhaft (Stichworte: Gleichmäßige Rohgasverteilung, einfache Reinigungsmöglichkeit der Zuluftführung, Zugänglichkeit der unterirdischen Filterbauteile).

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 Umsetzungsvorgängen die frisch aufgesetzten Mieten nicht sofort wieder abgedeckt werden oder die Deckschichten bzw. Planen nicht ordnungsgemäß aufgebracht werden.

Umgang mit Beschwerdeführern

Das Betriebspersonal von Rotteanlagen für Bioabfälle ist normalerweise nicht für den behutsamen Umgang mit Menschen geschult, die sich in ihren Rechten oder sogar in ihrer körperlichen Unversehrtheit bedroht fühlen. Dabei ist es gerade beim Auftreten von deutlichen Geruchsimmissionen in der Nachbarschaft eines Kompostwerkes dringend notwendig, einem Beschwerdeführer mit etwas psychologischem Geschick und vor allem Einfühlungsvermögen nicht das Gefühl zu geben, seine Sorgen seien völlig unberechtigt. Im Gegenteil sollte die Gelegenheit sofort dazu genutzt werden, eventuelle Schwachstellen im eigenen Betrieb zu erkennen und wenn möglich zu beseitigen.

In allen Fällen, in denen es zu Beschwerden wegen Geruchsbelästigungen gekommen ist und in denen nur eine Hinhalte- und Beruhigungstaktik angewandt wurde, eskalierte der Konflikt mit der Nachbarschaft deutlich. Eine schlechte Presse, politische Auseinandersetzungen und die Gründung von Bürgerinitiativen erlauben dann im Endeffekt nur noch eine Flucht nach vorn, mit entsprechend großem Aufwand an Personal und Geld. Der Grund der Auseinandersetzung, das Auftreten von Geruchsbelästigungen, mußte in jedem Fall beseitigt werden. Natürlich gibt es auch nach den Regeln des Immissionsschutzrechtes unzulässige Beschwerden, bei denen z.B. besondere Empfindlichkeiten oder sogar finanzielle Interessen eine Rolle spielen. In diesen Fällen bleibt als Möglichkeit der Konfliktbereinigung oft nur der Wegzug des Beschwerdeführers, was sicher mit nicht unerheblichen Kosten verbunden ist, oder eine Einigung auf der Basis eines finanziellen "Ausgleiches". In beiden Fällen sollte die für die Betriebsgenehmigung der betroffenen Kompostierungsanlage zuständige Behörde eng in die Entscheidungsfindung eingebunden werden.

3 Sanierungsvorschläge und deren Bewertung

Ausgehend von den im Kapitel 8.1 beschriebenen Schadensfällen und den in Tabelle 8.1 dargestellten Quellen für vermeidbare Geruchsemissionen werden nachfolgend die Möglichkeiten zu deren Sanierung bzw. zur generellen Vorsorge diskutiert. Prinzipiell kann davon ausgegangen werden, daß je nach Standort mit fortschreitender Einhausung von Anlagenteilen die insgesamt emittierte Geruchsfracht reduziert werden kann (s.a. Kapitel 6, Tab. 6.1). Dies soll nicht bedeuten, daß offen arbeitende Kompostierungseinrichtungen generell abzulehnen bzw. nicht betreibbar sind, sofern keine gesetzlichen Regelungen greifen (s.a. TA-Siedlungsabfall, GIR). Vielmehr ist davon auszugehen, daß v.a. aus Kostengründen nur der Einhausungsgrad gewählt wird, der dem Anlagenstandort angepaßt ist.

Prognose der Geruchsimmissionen

Aus den in Kapitel 8.1 im Abschnitt "Prognose der Geruchsemission" dargestellten Vorgehensweise im Planungsprozeß ist abzuleiten, daß die für die Genehmigungsplanung erstellte Emissions-/Immissionsprognose für Geruchsstoffe bis zum Ende der Ausführungsplanung, eventuell sogar bis zur Inbetriebnahme der geplanten Anlage fortgeschrieben werden muß. Nur so kann gewährleistet werden, daß sämtliche Änderungen bzw. Präzisierungen der Emissionssituation in die Prognose der zu erwartenden Geruchsimmissionen im Anlagenumfeld eingehen und damit eine dauernde Rückkoppelung zwischen Anlagenplanung und voraussichtlicher Außenwirkung des fertigen Werkes stattfindet. Unliebsame Überraschungen nach Inbetriebnahme der Kompostierung, die vorhersehbar gewesen wären, werden so vermieden.

Innerbetriebliches Konzept

Aufbauend auf der Sensibilisierung des Anlagenplaners für die Belange des Emissionsschutzes müssen dem zukünftigen Betreiber des Kompostwerkes entsprechende Handlungsanweisungen an die Hand gegeben werden. 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.

Ein innerbetriebliches Konzept zur Verhinderung von über das zulässige Maß hinausgehenden Geruchsemissionen sollte daher 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.
- 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) 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, Neubelegung von Filtersegmenten, Mindestluftwechselzahlen etc.), so daß die vorgegebenen Randbedingungen zur Minimierung von Geruchsemissionen eingehalten werden können,
- in den abgesaugten Anlagenteilen dauernd ein leichter Unter-

druck erzeugt wird, um diffuses Austreten von Geruchsstoffen zu verhindern,

- die Vorgaben zur Filterpflege und zum Filterbetrieb (siehe Abschnitt Abluftreinigung) vorrangig erfüllt werden.

Abluftreinigung

Tabelle 8.1 zeigt eine Übersicht über die oft auftretenden Fehlfunktionen in Anlagen zur Abluftreinigung (v.a. Biofilter), deren Auswirkungen auf die Emissions-situation und mögliche Ansätze zur Problemlösung. Beim Betrieb eines Biofilters ist v.a. darauf zu achten, daß

- beim vorgesehenen Filtermaterial die maximal zulässige Raumbelastung des Biofilters im Regelbetrieb nicht überschritten wird,
- ein segmentweiser Wechsel des Filtermaterials bei den verbleibenden Filtersegmenten kein zu starkes Absinken der Reinigungsleistung hervorruft (Redundanz),
- die Einhaltung des genehmigten Abluftwertes bei der vorgesehenen maximalen Raumbelastung zu gewährleisten ist,
- das Filtermaterial durch geeignete Maßnahmen (Zuluftbefeuchtung, Bewässerungsmöglichkeit) auf einem Wassergehalt > 40 % gehalten wird.
- für die Auslegung und den Betrieb der Filteranlagen die Anforderungen der VDI-Richtlinie 3477 beachtet werden,
- die Abluftventilatoren in ihrer Leistung so ausgelegt sind, daß auch bei einer Verdichtung des Filtermaterials und steigendem Gegendruck die Filterfunktion nicht beeinträchtigt wird,
- die relative Feuchte der Filterzuluft möglichst im Bereich der Wasserdampfsättigung gehalten wird (evtl. Einbau einer Befeuchtungseinrichtung),
- die Zulufttemperatur im Biofilter im Bereich zwischen + 10 und + 40 °C liegt,
- der Filterkörper so gestaltet wird, daß v.a. im Randbereich keine Durchbrüche auftreten können,
- die Filterzuluft möglichst weitgehend entstaubt ist, um ein Zusetzen der Luftverteilungseinrichtungen und der unteren Filterschichten zu vermeiden,
- der pH-Wert im Biofiltermaterial im neutralen Bereich gehalten wird,
- ein rechtzeitiger Wechsel des Filtermaterials vor der völligen Erschöpfung der Reinigungsleistung erfolgt.

Darüber hinaus sind die folgenden Filterpflege- und Kontrollmaßnahmen zu empfehlen:

- Möglichst arbeitstägliche visuelle Kontrolle der Filteroberfläche (Feststellung von Durchbrüchen und Verdichtungen im Filtermaterial), am besten früh morgens (Wasserdampfbildung).
- Mindestens arbeitstägliche Messung der Zulufttemperaturen und der Luftvolumenströme.
- Eine kontinuierliche Überwachung der Zuluftfeuchte wird ange-raten, um einer Austrocknung des Filters schnellstmöglich entgegenwirken zu können.

Tab. 9.1: 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 arbeitstäbliche 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 Annahmebereich 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

Anlagenteil	Probleme	Folgen	mögliche Abhilfen
alle	zu hoher Durchsatz	absinkender Rottegrad, Überlastung aller Anlagenteile, erhöhte Geruchsemissionen	strikte Begrenzung der verarbeiteten Tagesmenge, evtl. Ausfallverbund mit anderen Werken
	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 Anlagen-teilen	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)

- Regelmäßige Messung des Filtergegendruckes (Luftzuleitung zum Filter) zur Feststellung von Verdichtungen im Filtermaterial.
 - Während Trockenperioden möglichst häufige Bestimmung des Wassergehaltes im Filtermaterial, sonst nach Augenschein bzw. in längeren regelmäßigen Abständen.
 - Auflockerung der Filteroberfläche bei ungleichmäßigem Abströmverhalten bzw. bei Bewuchs.
 - Regelmäßige Probenahme aus dem Filtermaterial und Bestimmung von pH-Wert und Glühverlust.
 - Regelmäßige Funktionskontrolle der Beregnungseinrichtung zur Materialbefeuchtung und der Zuluftbefeuchtung (falls vorhanden).
 - Untersuchung des Filtermaterials auf seinen Nährstoffgehalt (C, N, P) in regelmäßigen Intervallen.
 - In regelmäßigen Abständen Reinigung der Gebläse, der Zuluftkanäle und der Luftverteilung in den Filterfeldern sowie der Einrichtungen zur Zuluftbefeuchtung (falls vorhanden).

Wird ein Biowäscher dem Filter vorgeschaltet, so muß dieser ebenfalls in regelmäßigen Abständen auf seine einwandfreie Funktion hin kontrolliert und gewartet werden.

Bei großen Abluftmengen (mehrere zehntausend Kubikmeter je Stunde) haben sich auf Flächenfiltern gerissenes Wurzelholz und Siebüberstand aus der Grünabfallkompostierung (40 - 120 mm Korngröße) am besten bewährt. Als Abdeckmaterialien kommen für diese Filtertypen Fichtenrinde o.ä.

Tab. 9.2 Auswirkungen und Behebung von Fehlfunktionen der Abluftreinigung

Probleme	Folgen	mögliche Abhilfen
hohe Geruchsstoffkonzentration im Rohgasstrom (z.B. aus saugbelüfteten Mieten)	Überbelastung des Filters, hoher Reinigungsleistung, erhöhte Reingaskonzentrationen	Konditionierung bzw. Vorschaltung eines Wäschers
stark wechselnde Geruchsstoffkonzentrationen und/oder hohe Temperaturen im Rohgas	Wechsel des Nährstoffangebotes und des Milieus für die im Filter aktiven Mikroorganismen	verschiedener Abluftströme, evtl. Konditionierung von Teilströmen
schneller und/oder ungleichmäßiger Abbau des Filtermaterials	Erhöhung des Druckwiderstandes im Filter, ungleichmäßige Reinigungsleistung, evtl. Filterdurchbrüche	regelmäßige Aufarbeitung und evtl. Wechsel des Filtermaterials, Einsatz von Filtermaterialien mit hoher Standzeit
Austrocknung des Filtermaterials	Abnahme der Reinigungsleistung zu Filterdurchbrüchen	Rohgasbefeuchtung, Bewässerungseinrichtung für die Filteroberfläche
ungleichmäßige Anströmung des Filters	Abnahme der Reinigungsleistung zu Filterdurchbrüchen	regelmäßige Kontrolle und bei Bedarf Reinigung der Zuluftführung
ungleichmäßiges Abströmverhalten	Abnahme der Reinigungsleistung zu Filterdurchbrüchen	regelmäßige Kontrolle, Aufarbeitung des Filtermaterials, Beseitigung von Austrocknungszonen
Nährstoffmangel im Filtermaterial	Abnahme der Reinigungsleistung zu Filterdurchbrüchen	regelmäßige Kontrolle, evtl. Aufarbeitung des Filtermaterials
verbrauchtes Filtermaterial	Abnahme der Reinigungsleistung zu Filterdurchbrüchen	regelmäßige Kontrolle, Aufarbeitung bzw. Ersatz des Filtermaterials

mit ca. 80 mm Korngröße in Frage. Mit den genannten Filtermaterialien lassen sich Standzeiten von ca. drei Jahren (Material aus der Grünabfallkompostierung) bis über fünf Jahre (gerissenes Wurzelholz) erreichen.

Zur Konditionierung des in den Biofilter eingeleiteten Rohgases werden heute meistens Abluftbefeuchter eingesetzt, die jedoch zur Regulierung wechselnder Abgastemperaturen nur eine beschränkte Wirkung aufweisen. Im letzteren Fall kann nur ein Wärmetauscher wirksame Abhilfe schaffen.

Zusammenfassung und Ausblick

Bei der Planung von Kompostwerken spielen derzeit die Emissionen einer biologischen Anlage eine große Rolle. Im Planfeststellungsverfahren steht und fällt eine Anlage heute mit den zu erwartenden Emissionen und der Bereitschaft der Abfallproduzenten, den Bioabfall getrennt zu sammeln.

Für die Bearbeitung und Bewertung der zu erwartenden Emissionen im Rahmen der Planung einer Anlage war es wichtig, einheitliche Grundlagen zu schaffen. Mit den vorliegenden Bemessungsblättern ist eine erste Grundlage dafür vorbereitet worden.

Die Bemessungsblätter sind nicht in allen Punkten vollständig, was an der Schwierigkeit der Datenbeschaffung bzw. an Datenlücken liegt. Die Datengrundlagen waren einerseits die Ergebnisse der Literaturrecherche aus Teilvorhaben 1 (Zusammenhänge zwischen der Rotteführung und der Geruchsemission bei der Kompostierung von Siedlungsabfällen) und eigene Literaturrecherchen, die aus öffentlich zugänglichen Materialien, aber vor allem aus unveröffentlichten Meßberichten (anonymisiert) stammen.

Als schwierig stellte sich heraus, unveröffentlichte Meßberichte einfließen zu lassen, da Geruchsdaten, wie auch Hygienedaten, als sehr sensibel betrachtet werden. Außerdem bestehen bei einigen Verfahrenstypen zu wenig detaillierte Messungen, um sie in die Bemessungsblätter einfließen zu lassen. Dies gilt für die Verfahren der Tunnel- und Zeilenkompostierung sowie der Turm- und Brikollaren Kompostierung. Bei der Tunnel- und Zeilenkompostierung konnte vorübergehend aufgrund der Ähnlichkeit einiger Verfahrensabläufe auf einige Daten der Boxen- und Containerkompostierung zurückgegriffen werden.

Die Datenlücken sowie die Ausleihe von Meßdaten sollten anhand von neuen Messungen ständig aktualisiert werden. Nur so kann jeweils der neueste Stand der Geruchsmeßtechnik repräsentiert werden.

Nach Auswertung aller zur Verfügung stehenden Meßdaten hat sich ein System herauskristallisiert, welches folgende Schwerpunkte beinhaltet:

- Einteilung aller auf dem Markt zur Zeit angebotenen Verfahren in 6 Baumuster zur Vereinfachung des Systems
- Einteilung der einzelnen Baumuster in zwei Arten von Verfahrensschritten (allgemeingültige und spezifische)
- Zuordnung der recherchierten Geruchsdaten auf einzelne Verfahrensschritte
- Ermittlung von Einflußgrößen auf die Höhe der Geruchsstoffkonzentrationen innerhalb der einzelnen Verfahrensschritte.

Die Vereinfachung des Systems war unumgänglich, da zur Zeit zu viele verschiedene Anbieter auf dem Markt sind. Die Zweiteilung der Baumuster wiederum erscheint sinnvoll, da es sehr viele Verfahrensschritte innerhalb der Kompostierung gibt, die in nahezu allen Verfahrenstypen gleich ablaufen, hier allgemeingültige Verfahrensschritte genannt. Ebenso die Einteilung in die spezifischen Verfahrensschritte, welche vor allem die verschiedenen Rottesysteme umfassen.

Die Geruchsdaten liegen in großen Schwankungsbreiten vor, was zum einen an verschiedenen Meßmethoden der Labors (siehe Kap. 4) und zum anderen an den jeweils unterschiedlichen Voraussetzungen für die einzelnen Messungen, die oft nicht bekannt waren, liegt. Um den Anwender der Bemessungsblätter die Auswahl der Geruchsdaten zu erleichtern, wurden bekannte Einflußgrößen in die Bemessungsblätter mit aufgenommen, um die Schwankungsbreiten zu relativieren.

Von Bedeutung ist das Wissen um die Geruchsstoffkonzentrationen an bestimmten Anlageteilen vor allem für offene oder teilweise offene Anlagen, da hier mit entsprechenden Maßnahmen den Geruchsemissionen entgegengewirkt werden kann. Für vollständig geschlossene Anlagen kann das Wissen der Geruchsstoffkonzentrationen innerhalb der einzelnen Verfahrensschritte zu einem besseren Luftmanagement der Anlage führen wird. Eine Abluftreinigung nach Stand der Technik vorausgesetzt, beeinflusst nur noch die emittierte Luftmenge die Quellstärke der Anlage und damit die Immissionsprognose.

Damit der Umgang mit den hier recherchierten und zu den Bemessungsblättern zusammengestellten Geruchsdaten noch besser und schneller genutzt werden

kann, sollte ein PC-Programm auf dieser Grundlage entwickelt werden. Der Vorteil eines solchen Programmes wäre die Möglichkeit, mit den vorher gewählten Geruchsstoffkonzentrationen und den selbst eingegebenen Luftmengen der geplanten Anlage die Geruchsfrachten unter bestimmten Randbedingungen errechnen zu können. So könnte das Luftmanagement der Anlage optimiert und/oder worst-case-Betrachtungen angestellt werden.

Literaturverzeichnis

- ANEMÜLLER, M. (1993):** Genehmigungsgrundlagen und -voraussetzungen. In: Biologische Abfallbehandlung, S. 377 - 403, Hrsg.: Wiemer, Kern
- ANONYM (1975):** Verwaltungsvorschriften zum Genehmigungsverfahren nach § 6, 15 Bundes Immissionsschutzgesetz (BImSchG) für Mineralölraffinerien und petrochemische Anlagen zur Kohlenwasserstoffherstellung. Runderlaß des Ministers für Arbeit, Gesundheit und Soziales vom 14.04.1975
- ANONYM (1986/a):** VDI-Richtlinie 3881, Blatt 1: Olfaktometrie, Geruchsschwellenbestimmung, Grundlagen. S. 5, VDI-Verlag Düsseldorf
- ANONYM (1986/b):** Geruchsmessungen in einer Mietenkompostierung. Meßbericht, unveröffentlicht Witzenhausen
- ANONYM (1991/a):** VDI-Handbuch zur Reinhaltung der Luft, Band 1, Bestimmung der Geruchsmission durch Begehung, VDI 3940
- ANONYM (1991/b):** VDI-Handbuch zur Reinhaltung der Luft, Bd. 1, Ausbreitung von Geruchsstoffen in der Atmosphäre, VDI 3782, Bl. 4 E
- ANONYM (1992):** VDI-Richtlinie 3882, Bl. 1: Olfaktometrie, Bestimmung der Geruchsintensität; VDI-Verlag Düsseldorf
- ANONYM (1993/a):** VDI-Richtlinie 3940, Bestimmung der Geruchsstoffmission durch Begehungen; VDI-Verlag Düsseldorf
- ANONYM (1993/b):** Geruchsmessungen an einer Mietenkompostierungsanlage mit Umsetzgerät, unveröffentlicht
- ANONYM (1993/c):** Geruchsmessungen an einer Mietenkompostierungsanlage mit Umsetzgerät, unveröffentlicht
- ANONYM (1994/a):** VDI-Richtlinie 3882, Bl. 2: Olfaktometrie, Bestimmung der hedonischen Geruchswirkung. VDI-Verlag Düsseldorf
- ANONYM (1994/b):** Geruchsmessungen an einer Mietenkompostierungsanlage mit Umsetzgerät, unveröffentlicht
- ANONYM (1994/c):** Geruchsmessungen an einer Mietenkompostierungsanlage mit Umsetzgerät, unveröffentlicht
- ANONYM (1994/d):** Geruchsmessungen an einer Mietenkompostierungsanlage mit Umsetzgerät, unveröffentlicht
- BARTSCH, U. (1988), WIEGEL, U.:** Geruchsemissionen der Boxenkompostierung. In: Meßbericht im Auftrag des Lahn-Dill-Kreises; unveröffentlicht
- BIDLINGMAIER, W. (1991), MÜSKEN, J.:** Emissions- und Immissionsgutachten für eine Grün-gut-Kompostierungsanlage. Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart, unveröffentlicht
- BIDLINGMAIER, W. (1992), MÜSKEN, J.:** Zusammenhänge zwischen der Rotteführung und den Geruchsemissionen bei der Kompostierung von Siedlungabfällen. Verbundvorhaben "Neue Techniken zur Kompostierung", Endbericht Teilvorhaben 1, Umweltbundesamt Berlin
- BIDLINGMAIER, W. (1993), MÜSKEN, J.:** Emissionsgeschehen in Behandlungsanlagen für Bio- und Restabfall. In: BMFT-Statusseminar "Neue Techniken zur Kompostierung" vom November 1993; Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin
- BIDLINGMAIER, W. (1994), MÜSKEN, J.:** Emissionen aus aeroben und anaeroben Verfahren - Ein Vergleich. In: Schriftenreihe WAR, Bd. 81, Umweltbeeinflussung durch biologische Abfallbehandlungsverfahren, S. 73 - 98, Hrsg.: Verein zur Förderung des Instituts WAR der TH Darmstadt
- BIMSCHG (1990):** Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 15.3.1974 in der Novellierung vom 14.5.1990, Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge
- BOTH, R. (1992):** Ermittlung und Bewertung von Geruchsmissionen. In: Emissions- und Immissions-situation bei Kläranlagen -Gerüche, Hrsg.: Haus der Technik e.V. Essen
- BOTH, R. (1993), OTTERBECK, K., PRINZ, B.:** Die Geruchsmissions-Richtlinie. Kommentar und Anwendung in der Praxis. In: Staub - Reinhaltung der Luft 53, S. 407 - 412.
- BOTH, R. (1993):** Qualitätssicherung bei der Geruchsmessungstechnik. In: Schriftenreihe WAR Bd. 68, Bewertung von Geruchsemissionen und -immissionen, S. 27 - 38, Hrsg.: Verein zur Förderung des Instituts WAR der TH Darmstadt
- COOPERATIVE (1992):** Geruch - Grundlagen; Ermittlung - Bewertung - Vermeidung. Hrsg.: Infrastruktur und Umwelt, Eigenverlag
- EITNER, D. (1986):** Entstehung und Vermeidung von Gerüchen bei der Kompostierung. In: Schriftenreihe ANS, Heft 10, S. 92 - 112, Wiesbaden
- ENGELHARDT, H. (1982):** Ausbreitung der Gerüche und Berechnungsverfahren. In: WAR, Bd. 9, Geruchsemissionen aus Abwasseranlagen, S. 49 - 66; Hrsg.: Verein zur Förderung des Instituts WAR der TH Darmstadt
- ESSERS, K.-H. (1992):** Praxiserfahrungen mit dem LIS-Olfaktometer MEO5. In: LIS Bericht Nr. 102; Hrsg.: Landesanstalt für Immissionsschutz Essen
- FISCHER, K. (1989):** Geruchsgutachten des Instituts für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart, unveröffentlicht
- FISCHER, K. (1991/a):** Geruchsgutachten des Instituts für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart, unveröffentlicht
- FISCHER, K. (1991/b):** Geruchsmessungen am Biofilter eines Kompostwerkes. Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart, unveröffentlicht
- FISCHER, K. (1992):** Die Bedeutung von Geruchsemissionen bei der Kompostierung. In: Schriftenreihe ANS, Heft 23, S. 137 - 146, Wiesbaden
- FRECHEN, F.-B. (1988):** Geruchsemissionen aus Kläranlagen. In: GWA 108, Hrsg.: Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Rhein.-Westf. Techn. Hochschule Aachen

- FRICKE, K. (1989) et al:** Rottesteuerung und Qualitätssicherung. In: I. Witzenhäuser Abfalltage: Grundlagen zur Kompostierung von Bioabfällen. S. 75 - 182, Hrsg.: K. Fricke, T. Turk, H. Vogtmann
- GIR (1993):** Geruchsimmissions-Richtlinie NRW (Entwurf). Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes NRW
- HABENICHT, E. (1992):** Das Detektorproblem in der Olfaktometrie: Probanden oder "Fragrance Sensor"? In: Wasser, Luft und Boden 11 -12, S. 51 - 58
- HARKORT, W. (1989):** Meßplanung und -durchführung an Biofiltern und Biowäschern - Olfaktometrie. In: Biologische Abgasreinigung, VDI-Berichte Nr. 735, S. 41 - 46
- HARKORT, W., JUERGENS, C.:** Geruchsemissionen - Entstehung, Minderungsmaßnahmen, Ausbreitung. In: VDI-Seminar 43-69-03: Planfeststellung und Betrieb von Kompostwerken, VDI Bildungswerk
- HENSLER, F. (1995), SCHWARZ, R.:** Olfaktometrische Untersuchungen von Geruchsminderungsmaßnahmen an der Kompostierungsanlage, Diplomarbeit an der FH Gelsenkirchen, unveröffentlicht
- HOMANS, W.J. (1993):** Erfassung und Bewertung von passiven Geruchsemissionen aus der Mietenkompostierung. In: BMFT-Statusseminar "Neue Techniken zur Kompostierung", Umweltbundesamt Berlin
- ITU (1992):** Geruchsmessung bei einer Boxenkompostierung. In: Meßbericht, unveröffentlicht
- JAGER, J. (1980), JÄGER, B.:** Ermittlung und Bewertung von Geruchsemissionen bei der Kompostierung von Siedlungsabfällen: In: Müll und Abfall 1/1980, S. 22 - 28
- JAGER, J. (1991):** Kompostierung von getrennt erfaßten organischen Haushaltsabfällen. In: Kumpf, Maas, Straub. Müllhandbuch, KZ 5620, Berlin
- JAGER, J. (1992), KUCHTA, K.:** Geruchsemissionen von Kompostwerken. In: Abfallwirtschaft 9 - Gütesicherung und Vermarktung von Bioabfallkompost, S. 99 - 122, Hrsg.: Fachgebiet Abfallwirtschaft und Recycling, Universität Kassel
- JAGER, E. (1993) et al:** Geruchsgutachten der Mess- und Prüfstelle Technischer Umweltschutz GmbH; unveröffentlicht
- JAGER, J. (1993), KUCHTA, K.:** Bewertung von Geruchsemissionen und -immissionen. In: Schriftenreihe WAR Bd. 68, Bewertung von Geruchsemissionen und -immissionen, Hrsg.: Verein zur Förderung des Instituts WAR der TH Darmstadt
- JAGER, J. (1995) et al:** Geruchsemissionen bei der Kompostierung In: Kumpf, Maas, Straub. Müllhandbuch, KZ 5330, Berlin
- JÄGER, B. (1995), EMBERGER, J.:** Die hauptsächlichen Verfahren der Kompostierung. In: Kumpf, Maas, Straub. Müllhandbuch, KZ 5410, Berlin
- KEHRES, B. (1989), VOGTMANN, H.:** Einfluß von Kompostrohstoffen und Verfahrenstechnik auf die Qualität erzeugter Komposte. In: I. Witzenhäuser Abfalltage: Grundlagen zur Kompostierung von Bioabfällen. S. 253 - 266, Hrsg.: K. Fricke, T. Turk, H. Vogtmann
- KETTERN, J.T. (1992), KÖSTER, W.:** Geruchsemissionen aus Abfallbehandlungsanlagen am Beispiel von Abfalldeponien. In: Müll und Abfall 5/1992, S. 302 - 314
- KÖSTER, W. (1996):** Die Bedeutung von Geruchsemissionen und Geruchsimmissionen für die Planung und den Betrieb von Abwasser- und Abfallentsorgungsanlagen. Dissertation. In: GWA 154; Hrsg: Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Rhein.-Westf. Techn. Hochschule Aachen
- KRÄMER, H.-J. (1977), KRAUSE, G.:** Über die Ausbreitung gasförmiger Emissionen aus Kläranlagen. In: Korrespondenz Abwasser 2/1977, S. 44
- KRAUSE, K.-H. (1993), LUNG, T.:** Immissionsprognostik von Geruchsstoffeinträgen im Rahmen von Genehmigungsverfahren. In: Staub - Reinhaltung der Luft 53, S. 419 - 423
- KUCHTA, K. (1993), RYSER, C.:** Biofilter: Wirkung, Einsatzmöglichkeiten und Steuerung. In: Entsorgungspraxis 9/1993, S. 634 - 641
- KUCHTA, K. (1994):** Emissionsarten, Emissionsquellen und Ursachen ihrer Entstehung am Beispiel der Bioabfallkompostierung - Geruchsemissionen -. In: WAR Bd. 81, Umweltbeeinflussung durch biologische Abfallbehandlungsverfahren, S. 13 - 36; Hrsg: Verein zur Förderung des Instituts WAR der TH Darmstadt
- LEIBINGER, T. (1990), MÜSKEN, J.:** Emissionen bei der Biomüllkompostierung - Versuchskompostwerk Hechingen, Zollernalbkreis. Bericht am Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart
- MANIER, G. (1994):** Einführung in die Ausbreitungsrechnung und Immissionsprognose. In: WAR Bd. 81, Umweltbeeinflussung durch biologische Abfallbehandlungsverfahren, S. 129 - 137; Hrsg: Verein zur Förderung des Instituts WAR der TH Darmstadt
- MANNEBECK, H. (1992), PADUCH, M.:** Olfaktometer - Ein Geräte- und Verfahrensvergleich. In: Biotechniques for Air Pollution Abatement and Odour Control Policies; Eds.: A.J. Dragt, J. von Ilam, Elsevier Science Publishers B.V. S. 403 - 408
- MÜLLER, U. (1989), OBERMEIER, T.:** Emissionsproblematik, Geruch und Problemstoffe bei der Biomüllkompostierung. In: Abfallwirtschaft 2, Kompostierung International, S. 177 - 192; Hrsg.: Fachgebiet Abfallwirtschaft und Recycling der Universität Kassel, K. Wiemer
- MÜSKEN, J. (1989):** Emissionsbetrachtung für die Biomüllkompostierung. In: Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft, Bd. 34, S. 205 - 214; Hrsg.: Forschungs- und Entwicklungsinstitut für Industrie- und Siedlungswasserwirtschaft sowie Abfallwirtschaft e.V., Stuttgart
- MÜSKEN, J. (1991):** Emissionen verschiedener Kompostierungsverfahren - Gerüche, Sickerwasser. In: Umsetzung neuer Abfallwirtschaftskonzepte, FH Münster Bd. 3; Hrsg.: Labor für

Abfallwirtschaft, Siedlungswirtschaft und Umweltchemie der Fachhochschule Münster

MÜSKEN, J. (1993), BIDLINGMAIER, W.: Geruchsemissionen aus Behandlungsanlagen für Bioabfall. In: 3. Münsteraner Abfallwirtschaftstage - Vermeidung und Verwertung in Betrieb und Kommune, Hrsg.: Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswirtschaft und Umweltchemie der Fachhochschule Münster

MÜSKEN, J. (1994), BIDLINGMAIER, W.: Vergärung und Kompostierung von Bioabfällen - Methodenvergleich. In: Handbuch Abfall der Landesanstalt für Bodenschutz, Karlsruhe

MÜSKEN, J. (1994): Emissions- und Immissionsgutachten einer Grünabfall-Kompostierungsanlage; unveröffentlicht

NITHAMMER, F. (1995): Ermittlung und Minderung von Gerüchen aus Bioabfall-Kompostieranlagen. In: Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 188; Hrsg.: Hessische Landesanstalt für Umwelt

PÖHLE, H. (1993) et al: Zusammenhang zwischen mikrobieller Besiedlung und Geruchsemissionen bei der Bioabfallkompostierung. In: BMFT- Statusseminar "Neue Techniken zur Kompostierung", Umweltbundesamt Berlin

RETHMANN (1994): Brikollare Kompostierung. In: Abfallwirtschaft - Neues aus Forschung und Praxis, Referenzhandbuch Bioabfall 1994/95; Hrsg.: K. Wiemer und M. Kern, Witzzenhausen

SCHADE, B. (1993): Ermittlung von Kennwerten verfahrensspezifischer Geruchsemissionen und Bewertung von Ausbreitungsrechnungen zur Erstellung von Immissionsprognosen, Diplomarbeit TH Darmstadt, unveröffentlicht

SCHILDKNECHT, H. (1979), JAGER, J.: Zur chemischen Ökologie der biologischen Abfallbeseitigung. In: Forschungsbericht 10302407 des Bundesministeriums des Innern

SCHLOSSER, M. (1995): Berechnung der Geruchsemissionen eines Kompostwerkes unter Berücksichtigung verschiedener Randbedingungen; Diplomarbeit an der Universität GH Essen; unveröffentlicht

SCHULTZ, H. (1986): Grundzüge der Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre. Verlag TÜV Rheinland

TA-LUFT (1996): Die neue TA-Luft. Aktuelle immissionschutzrechtliche Anforderungen an den Anlagenbetreiber; WEKA Verlag, Augsburg

TÜV (1992): Gutachtliche Stellungnahme für die geplante Kompostierungsanlage in Marburg-Cyriaxweimar. Rheinisch-Westfälischer TÜV

WELLER, G. (1978): Ausgewählte Kapitel zu gasförmigen, schallförmigen und anderen Emissionen aus Kläranlagen. Lehrgang zur Wasserwirtschaftsbildung 13, Ministerium für Ernährung und Umwelt Baden - Württemberg

WIEGEL, U. (1989): Emissions- und prozeßtechnische Optimierung der Boxenkompostierung. In: Abfallwirtschaft 2 - Kompostierung International, S. 275 - 285; Hrsg.: Fachgebiet Abfallwirtschaft und Recycling, Universität Kassel

WIEMER, K. (1996), KERN, M.: Kompost-Atlas 1996/97. In: Abfall-Wirtschaft - Neues aus Forschung und Praxis; Hrsg.: K. Wiemer und M. Kern, Witzzenhausen

WINNEKE, G. (1994): Geruchsstoff. In: Handbuch Umweltmedizin, Hrsg.: Wichmann, Schlipkötter, Fülgraff

Anlage

Baumuster: Bemessungsblätter

