

# **Das Dombelüftungsverfahren – ein vielseitig einsetzbares Belüftungsverfahren für offene Rottemieten auch nach 2005**

**Joachim Brummack; Andreas Polster**

Technische Universität Dresden, Institut für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik

## **1 Das Verfahren**

### **1.1 10 Jahre Dombelüftungsverfahren**

Fast auf den Monat genau vor 10 Jahren wurde die erste Miete nach dem Dombelüftungsverfahren im Rahmen eines großtechnischen Versuches auf der Deponie Zobes des Entsorgungsverbandes Vogtland (EVV) in Sachsen errichtet. Deshalb sollte es gestattet sein, diesen Beitrag mit einer kurzen Beschreibung der Verfahrensentwicklung zu beginnen.

Es begann mit der Aufgabenstellung, eine Technologie zu entwickeln, die eine sehr kostengünstige, aber dennoch effektive Behandlung von Restabfällen vor der Deponierung ermöglicht. Grundsätzlich kam dafür nur eine auf einem offenen aeroben Rotteverfahren basierende Technologie in Frage. Folgenden Anforderungen sollte die Technologie genügen:

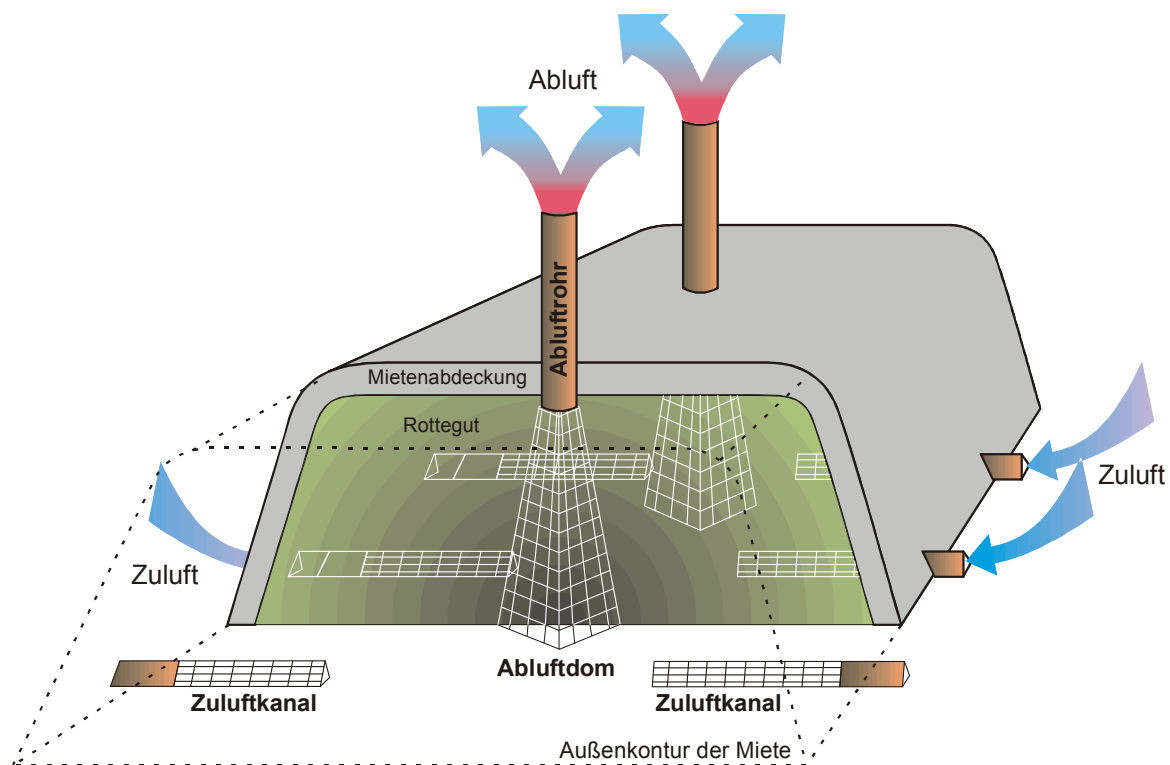
- Minimierung von Geruchsemissionen durch strikt aeroben Prozess
- umsetzungsfreier Betrieb zur Vermeidung von Emissionsspitzen
- Sickerwasserfreiheit
- keine ortsfesten Einrichtungen für die Rotte, fremdenergiefreie Rotte
- maschinelle Ausführbarkeit ohne Einsatz von Spezialmaschinen
- hohe Durchsatzleistung
- Witterungsunabhängigkeit
- Überwachbarkeit von Emissionen
- Minimierte Kosten, minimaler Energiebedarf
- Exakte technologische Vorgaben für reproduzierbare Ergebnisse
- Gewährleistung Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz

Bereits die theoretische Analyse der existierenden Verfahren führte zu dem Ergebnis, dass selbst das verbreitetste Rotteverfahren, das Kaminzugverfahren nach SPILLMANN und COLLINS, die gestellten Anforderungen sowohl aus funktionellen als auch aus anwendungstechnischen Gründen nicht erfüllen konnte [PAAR 2000]. Aus diesen Gründen wurde eine Verfahrensentwicklung begonnen, die sich konsequent an den oben formulierten Anforderungen orientierte. Im Ergebnis entstand ein Verfahren, das flexibel an die verschiedensten Einsatzbedingungen anpassbar ist, in vielen Positionen geschlossenen Verfahren ebenbürtig ist, aber nur minimale Kosten verursacht.

## 1.2 Aufbau und Funktion des Dombelüftungsverfahrens

### 1.2.1 Belüftungsprinzip

Ausgangspunkt der Überlegungen zur Realisierung der Belüftung war, dass nur die biochemisch freigesetzte Wärme als Energiequelle nutzbar ist, wenn die Option der Ortsunabhängigkeit erfüllt werden soll. Für eine weitgehende Witterungsunabhängigkeit musste ein funktionsbestimmender Stofftransport durch die Mietenoberfläche ausgeschlossen werden. Zur Lösung der Aufgabe wurden zwei apparative Elemente entwickelt, die der Initiierung einer definierten Durchströmung des Mietenkörpers dienen. Der Abluftdom (Dom), Gebrauchsmuster 295 18852.9, verlängert durch ein Abluftrohr, sammelt die Mietenluft und der Zuluftkanal (Kanal) dient dem Zutritt von Frischluft in den Mietenkörper und deren Verteilung. Abbildung 1 zeigt die Anordnung der Elemente.



**Abbildung 1** Aufbau einer Miete nach dem Dombelüftungsverfahren

Wie in Abbildung 1 erkennbar, sind beide Elemente nicht miteinander verbunden. Zwischen ihnen befindet sich das Rottegut. Ein sich durch die Miete bewegendes Gasstrom muss damit das Rottegut durchströmen. Folgende Teilprozesse laufen ab:

- a) Bei Prozessbeginn sammelt sich spontan freigesetzte warme Mietenluft im Dom. Ihre Dichte ist geringer, als die der Umgebungsluft.
- b) Durch die Kanäle liegt in der Mietenbasis sauerstoffreiche und kalte Frischluft an.
- c) Zwischen Mietenbasis und Austrittsfläche des Abluftrohres bildet sich eine Dichtedifferenz aus, die einen Druckunterschied zur Folge hat.
- d) Der Druckunterschied zwischen Miete und Umgebung wird ausgeglichen, d.h. kalte frische Umgebungsluft tritt in die Miete ein, verdrängt dabei die warme Mietenabluft und versorgt zugleich das Rottegut mit Sauerstoff.
- e) Solange im Mietenkörper eine Wärmeproduktion stattfindet, wird der Durchströmungsprozess aufrechterhalten.
- f) Frischluftzufuhr und Wärme- bzw. Abluftabfuhr schaffen die Voraussetzungen für einen stabilen aeroben biologischen Prozess, dessen kontinuierliche Wärmefreisetzung wiederum die Durchströmung in Abhängigkeit von der jeweils freigesetzten Wärmemenge aufrecht erhält.

Gleichung 1, die „Schnornsteingleichung“, beschreibt die grundsätzliche Abhängigkeit des triebkraftwirksamen Drucksprungs  $\Delta p$  von der temperaturbedingten Dichtedifferenz zwischen Miete (Index M) und Umgebung (Index U) und der Austrittshöhe des Abluftrohres (H).

$$\Delta p = [\rho_U(t_U) - \rho_M(t_M)] \cdot g \cdot H \quad \text{Gleichung 1}$$

Der Zusammenhang gilt nur für Windstille. Beim Überströmen der Abluftrohre durch Wind ab ca. 2 m/s entsteht eine zusätzliche Triebkraft, mit der Gleichung 1 ergänzt wird.

$$\Delta p_{ges} = [(\rho_U - \rho_M) \cdot g \cdot H] + \left(\frac{\rho_U}{2} \cdot v_{wind}^2 \cdot F\right) \quad \text{Gleichung 2}$$

Für den Wirkungsfaktor F wird üblicherweise ein Wert von 0,25 verwendet.

Der vom Drucksprung  $\Delta p$  tatsächlich hervorgerufene Gasstrom hängt vom Druckverlust im Rottegut ab. Dieser wird entweder experimentell in einem Durchströmungsreaktor oder indirekt im Feldversuch ermittelt. Für den tatsächlichen Zusammenhang zwischen

Durchströmungsgeschwindigkeit und Temperaturdifferenz wurde eine Gleichung entwickelt, die die rein konvektiven Randbedingungen mit den Strömungsverhältnissen und mit der Wärmeproduktion in einer Miete verbindet. Dies erfolgt durch Einführung eines Faktors  $f$ . Für Restabfallgemische hat  $f$  einen Wert von ca. 30 K s/m.

$$v_{Abluft} = \frac{(t_{Abluft} - t_U)}{f} \quad \text{Gleichung 3}$$

Die Einführung dieses Proportionalitätsfaktors  $f$  erlaubt eine komfortable Anwendung in der Praxis, da er alle weiteren und überwiegend nicht explizit beschreibbaren Einflussgrößen erfasst. Bei der praktischen Anwendung von Gleichung 3 ist zu berücksichtigen, welche Strömungsform im Abluftrohr herrscht. In der Praxis ist dabei eine voll ausgebildete turbulente Strömung anzustreben. Für bisher noch nicht untersuchte Einsatzstoffe kann dieser Faktor, der durch eine Vielzahl von Feldversuchen abgesichert wurde, zur Bewertung herangezogen werden. Liegt der aktuelle Wert deutlich über dem abgesicherten Faktor, müssen Veränderungen am energetischen Potenzial des Rottegutes und/oder an seinem Durchströmungswiderstand vorgenommen werden. Wie die Vielzahl erfolgreicher Anwendungsfälle gezeigt hat, handelt es sich dabei um eine anwendungsgerechte Vorgehensweise zur Optimierung der Rottegeuteigenschaften.

Eine detaillierte theoretische Betrachtung bzw. die Darstellungen der entwickelten Berechnungsmethoden sind in [PAAR 2000] enthalten.

### 1.2.2 Temporäre Einhausung durch Mietenabdeckung

Die beim Dombelüftungsverfahren ablaufenden Strömungsprozesse erfordern keinen Stoff- oder Wärmeaustausch über die äußere Oberfläche einer Miete. Dies ist eine Eigenschaft, die gleich eine ganze Reihe von signifikanten Vorteilen eröffnet. Die gesamte Mietenoberfläche kann mit einer praktisch stoffdichten und wärmeisolierenden Abdeckung versehen werden (Abbildung 1). Belüftungsprinzip und Abdeckung bilden dabei eine funktionelle Einheit.

Mit der Abdeckung der Mieten wird eine maximal mögliche Witterungsunabhängigkeit erreicht. Niederschlagswasser wird von der Abdeckung zunächst gespeichert und anschließend wieder verdunstet. Durch die isolierende Wirkung der Abdeckung wird der Temperaturgradient zwischen Miete und Umgebung in die Abdeckung verlegt. Damit herrschen im gesamten Mietenkörper rottetypische Temperaturen, die einen positiven Einfluss auch auf die Hygienisierung des Rottegutes haben. Der Einfluss von Sonne und Wind, der zur Austrocknung der Randbereiche führt, wird ausgeschlossen. Die diffusen Flächenemissionen üblicher offener Rotten, die eine realistische Erfassung von Emissionen bestenfalls mit großem Aufwand ermöglichen, werden vollständig ausge-

schlossen. Als optimales Abdeckmaterial hat sich bei den verschiedensten Einsatzfällen abgeseibtes Rotteprodukt, Siebschnitt ca. 80 mm, aus den vorhergehenden Rotten erwiesen. Es erfüllt alle Anforderungen, die an ein Abdeckmaterial zu stellen sind, wie Verfügbarkeit, Verträglichkeit mit dem Rottegut, Dichtwirkung, Wasseraufnahmevermögen, geringe Eigenemissionen und Schütffähigkeit. Eine Abdeckung der Rottemieten mit Material, das die beschriebenen Eigenschaften besitzt, entspricht einer ebenso kostengünstigen wie zuverlässigen temporären Einhausung einer Miete.

### **1.2.3 Überwachbarkeit des Dombelüftungsverfahrens – neue TA Luft**

Beim Dombelüftungsverfahren führen Kombination von Belüftungsprinzip und Abdeckung dazu, dass mit sehr einfachen Methoden eine exakte Beschreibung der Emissionen erfolgen kann, da Abluft aus den Mieten nur über die Abluftrohre, also über Punktquellen, austritt. Über Probenahmebohrungen in den Abluftrohren können absolut repräsentative Proben zur Bestimmung der Mikro- und Makrogaszusammensetzung sowie der Geruchsemissionen eines Dombereiches entnommen und Strömungsgeschwindigkeit sowie Ablufttemperatur gemessen werden.

Analysiert man die Vorgaben der TA Luft 2002, so ergeben sich durch den Einsatz des Dombelüftungsverfahrens Ansatzpunkte im Zusammenhang mit zu erlassenden nachträglichen Anordnungen zumindest für Anlagen mit einem Durchsatz zwischen 3.000 und 9999 t/a. Dies könnte den zulässigen Abstand von offenen Anlagen zur nächsten Wohnbebauung betreffen. Darüber hinaus kann nur eine intensive Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden weitere Möglichkeiten der Erfüllung von Festlegungen durch Einsatz des Verfahrens erschließen. Diese zurückhaltende Einschätzung muss getroffen werden, da Möglichkeiten z. B. einer sinngemäßen Einhaltung von Anforderungen bisher nicht bekannt geworden sind und auch nicht klar ist, ob es diese geben wird. [BRUMMACK 2003] Das Dombelüftungsverfahren stellt diesbezüglich ein potenzielles Angebot zur Ertüchtigung offener Kompostierungsanlagen dar.

### **1.2.4 Anwendungstechnische Aspekte des Dombelüftungsverfahrens**

Die theoretischen Vorteile des Dombelüftungsverfahrens sind selbstverständlich nur nutzbar, wenn sie auch mit praxistauglichen Methoden umgesetzt werden können. Dies ist eigentlich selbstverständlich, sieht man sich allerdings Verfahrensvorschläge der letzten Jahre, wie die Belüftung durch manuell eingebrachte Sauglanzen an, scheint es doch wichtig, darauf hinzuweisen.

Alle erforderlichen Arbeitsschritte werden ausschließlich mit üblichen Standartmaschinen ausgeführt. Dazu gehören Radlader und Mobilbagger. Als besonders vorteilhaft in Kompostanlagen hat sich der Einsatz von Teleskopladern erwiesen, die sich wegen ihrer universellen Einsatzmöglichkeiten wachsender Akzeptanz erfreuen. Der Vorteil,

den Teleskoplader bei der Ausführung des Dombelüftungsverfahrens bieten, liegt vor allem beim problemlosen maschinellen Aufbringen der Abdeckung beim Mietenaufsetzen. Abbildung 2 vermittelt einen Eindruck von der Arbeitsweise. Für große Durchsätze, typisch beim Einsatz des Dombelüftungsverfahrens innerhalb einer mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung direkt auf einem Deponiekörper, wird eine Maschinenkombination aus Radlader und Mobilbagger mit Böschungsschaufel die optimale Ausführungsvariante darstellen.

Alle Arbeitsschritte wurden so konzipiert, dass sie von Maschinenführern nach kurzer Anleitung selbständig ausgeführt werden können. Diese Anlernphase wird jeweils in die vor Ort erforderlichen Einführungsuntersuchungen integriert. Dies spielt bei einem Verfahren, dessen Erfolg in hohem Maß vom richtigen Handeln der Ausführenden bestimmt ist, eine besonders große Rolle.



**Abbildung 2** Mietenaufsetzen mit einem Teleskoplader

Für den Einsatz zur Behandlung von Rottegut aus Substraten mittlerer biologischer Aktivität wie Restabfall, Klärschlamm und Baum- und Strauchschnitt haben sich die Konstruktionen der Lüftungselemente vielfach bewährt. Sie bestehen aus preiswertem Bau Stahl, sind Robust, mehrmals wieder verwendbar, leicht Instandsetzbar und nach Nutzungsende problemlos als Eisenschrott entsorgbar Hinzugekommen sind Einsatzfälle

für Rottegut aus Substraten, die zu einer starken Versäuerung neigen bzw. diese bereits aufweisen. Dafür ist eine Ausführung aus Baustahl ungeeignet, da durch die auftretende Korrosion eine mehrfache Wiederverwendung nicht möglich ist. Für solche Einsatzfälle wurde eine Ausführung entwickelt, die aus einem Verbund von Edelstahl, Holz und Baustahl besteht. Da der Einsatz von Edelstahl nur dort erfolgt, wo ein unmittelbarer Kontakt mit dem Rottegut bzw. der Abluft stattfindet, bleiben die oben genannten Vorteile weitestgehend erhalten.

### **1.2.5 Verfahrensmodifikationen**

Das Dombelüftungsverfahren ist an eine Vielzahl von Einsatzfällen anpassbar, von denen sich bereits im großtechnischen Einsatz befinden:

- Gesamttrotte von Klärschlamm – Holzgemischen
- Gesamttrotte von Parkabfällen sowie Baum- und Strauchschnitt
- Nachrotte von Bioabfall
- Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung (MBA)

Bei den vorstehend genannten Einsatzfällen handelt es sich um Prozesse, die das Ziel haben, einen möglichst weitgehenden Abbau biogener Substanz zu realisieren. Dafür wurden jeweils Aufbereitungsverfahren für das Rottegut entwickelt, die mit ihren maschinentechnischen Anforderungen dem Dombelüftungsverfahren angepasst sind, also den Einsatz von Spezialtechnik nicht zwingend erfordern.

Neben einer gezielten Rottegutaufbereitung steht die Variation der Mietengeometrie als ergänzende Anpassungsmöglichkeit zur Verfügung. Verändert wird nur die Mietenbreite, womit sich eine Variierbarkeit der Länge der Strömungswege und der aus einem Dombereich abzuführenden Wärmemenge ergibt. Die Abstände von 5 m zwischen den Systemkomponenten Dome und Kanäle bleiben aus ausführungstechnischen Gründen stets erhalten. Die maximale Aufsetzhöhe des Rottegutes von 2,5 m ist durch dessen mechanische Belastbarkeit (Setzungsverhalten) bestimmt und bleibt unverändert.

Auf Grund der Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten können in den folgenden Abschnitten nur einige der Einsatzfälle vorgestellt werden.

## **2 Das Dombelüftungsverfahren im praktischen Einsatz**

### **2.1 Mechanisch-biologische Restabfallaufbereitung (MBA)**

Der Einsatz des Dombelüftungsverfahrens innerhalb einer MBA stellte den ersten Anwendungsfall dar. Angesichts der Tatsache, dass eine Ablagerung von Abfällen, die

nicht die Parameter nach Anhang 1 oder 2 der „Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen“ (AbfAbIV) erfüllen, nur noch bis zum 31. Mai 2005 möglich ist, soll dieser Einsatzfall auch hinsichtlich seiner zukünftigen Chancen betrachtet werden.

Die MBA auf der Deponie Cottbus-Saspow (Land Brandenburg) wurde 2000 mit einem Durchsatz von mehr als 50.000 t/a genehmigt. Einziges Ziel ist die biologische Stabilisierung vor der Deponierung. Das erzeugte Rottegut darf einen Gesamtgehalt an organischen Stoffen (TOC) im Eluat von 500 mg/l nicht überschreiten. Die emissionsrechtliche Genehmigung erfolgte nach TA Luft 1986. Dazu konnte in umfangreichen emissionstechnischen Untersuchungen die sichere Unterschreitung der Grenzwerte für Emissionskonzentrationen und der Bagatellmassenströme innerhalb der Klassen I bis III und Summe I bis III, sowie für krebserregende Stoffe nachgewiesen werden. Da die erreichten Werte nicht mehr den aktuellen Regelungen entsprechen, soll für weitere Details auf bisherige Veröffentlichungen bzw. Quellen verwiesen werden [MOLLEKOPF, BRUMMACK, PAAR, VORSTER 2002] [PAAR, BRUMMACK 2000] [PAAR, BRUMMACK, GEMENDE 1999] [BUX, KÜHNE 1999]. Interessant sind diese Ergebnisse aber auch noch aus heutiger Sicht, da dass das Verfahren funktionsbedingt völlig ohne Abluftreinigung arbeitet.

Die technische Umsetzung erfolgte unter strikter Berücksichtigung der Tatsache, dass es sich um einen zeitlich begrenzten Einsatz handelt. So kommt das Verfahren völlig ohne feste bauliche Einrichtungen sowohl für die mechanische Aufbereitung als auch für den Betrieb der Rotten aus. Dazu musste für die Sickerwasserfreiheit in umfangreichen Feldversuchen ein entsprechender Nachweis erbracht werden. Die mechanische Aufbereitung, Abbildung 3, besteht aus einem langsamlaufenden Zweiwellenbrecher, der mit einem Zusatztrichter ausgerüstet ist und von einem Mobilbagger beschickt wird. Dies ermöglicht die quasisimultane Zerkleinerung und Mischung von Haus- und Sperrmüll in einem vorgegebenen Massenverhältnis. Für die Aufrechterhaltung des viermonatigen Rotteprozesses erfolgt abschließend eine Wasserzugabe beim Abwurf des zerkleinerten Abfallgemisches in die Transportcontainer. Die Anlage wurde so konzipiert, dass sie auch unter winterlichen Bedingungen arbeitet. Das Mischungsverhältnis der Komponenten und die benötigte Wassermenge wurden durch Bilanzierung ermittelt. Für den Betrieb existiert eine umfassende Betriebsvorschrift, die auch die notwendigen Kontroll- und Überwachungsuntersuchungen umfasst. Der Mietenaufbau erfolgt direkt aus dem Transportcontainer mit Hilfe eines Radladers. Zur Verteilung der Abdeckung (Siebschnitt 80 mm, Rottegut) wird ein Mobilbagger mit Böschungsschaufel eingesetzt.





**Abbildung 3** Mechanische Aufbereitung MBA Deponie Cottbus- Saspow

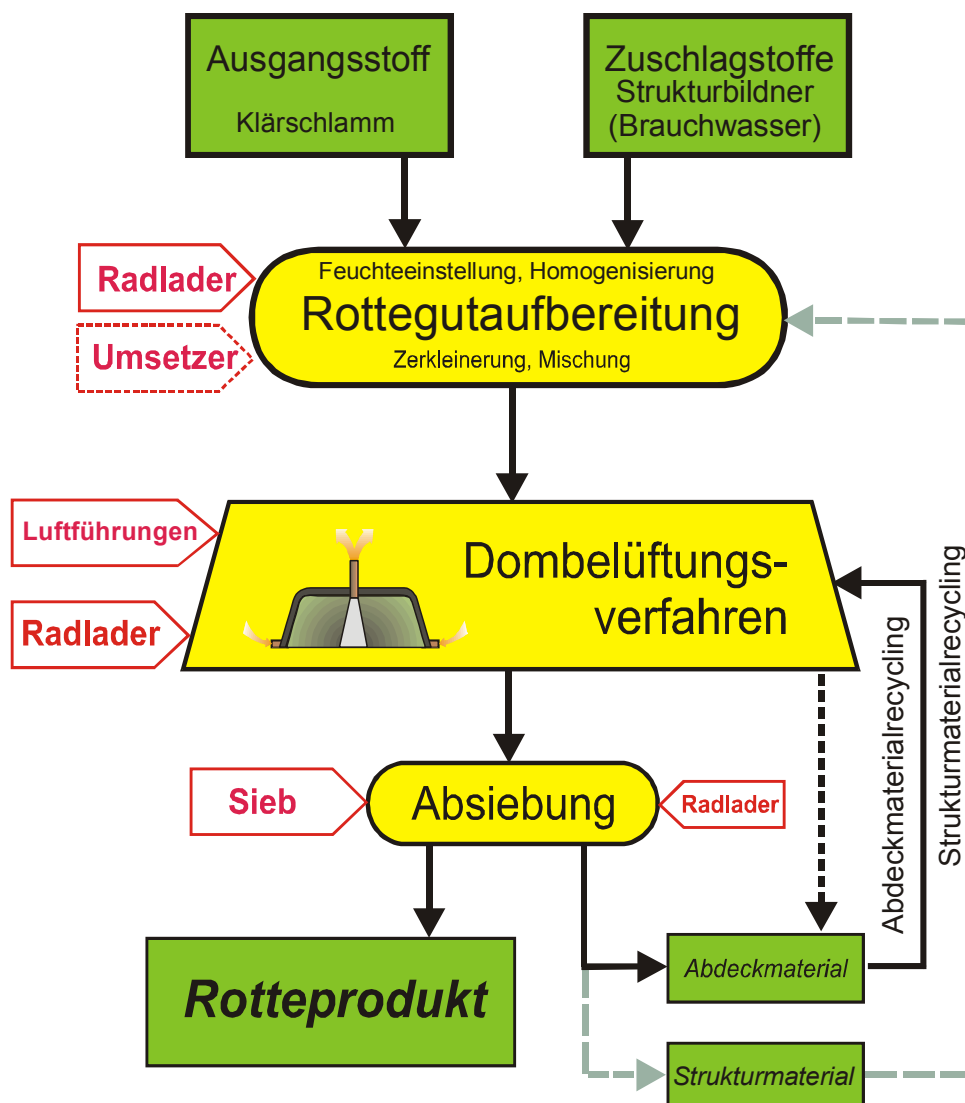
Die zukünftigen Chancen des Verfahrens für den Einsatz bei der Restmüllbehandlung sind in Deutschland in einer qualifizierten Nachrotte für vorbehandeltes Material zu sehen. Ein tatsächliches Interesse wird davon abhängen, welche Anforderungen an eine offene Nachrotte gestellt werden. Im Rahmen der Übergangsregelungen, die für EU-Beitrittskandidaten gelten, sollte das Verfahren ebenfalls interessant sein. Darüber hinaus bestehen Kontakte unter anderem in die Ukraine.

## 2.2 Klärschlammkompostierung

Die Kompostierung von kommunalen Klärschlämmen stellt für einen emissionsarmen Betrieb hohe Anforderungen an Rottegutaufbereitung und Rotteverfahren. Das Dombelüftungsverfahren hat sich beim Einsatz in der Klärschlammkompostierung bereits seit 1999 bewährt. Für die Rottegutaufbereitung konnte eine Lösung entwickelt werden, bei der allein durch Nutzung physikalischer Effekte ein optimales Rottegut aus mechanisch entwässertem Klärschlamm und zerkleinertem Holz hergestellt werden kann. Dazu wird zunächst frisch angelieferter Klärschlamm mit einer bestimmten Menge Holz, das eine Feuchte von ca. 35 Ma.-% und eine Porosität zwischen 60 und 75 % aufweist, im Volumenverhältnis Klärschlamm : Holz = 1:3...4 vorvermischt. Dazu kann ein Rad- oder Teleskopplader eingesetzt werden. Mit einem gegebenenfalls vorhandenen Mietenumsetz-

gerät kann die erforderliche Durchmischung besonders effektiv erfolgen, was sehr günstig ist, da das Gerät für den Betrieb der Rottemieten nicht mehr benötigt wird.

Signifikante Geruchsemissionen konnten bei frisch angeliefertem Klärschlamm nicht festgestellt werden. Das vorvermischte Material wird je nach Saugfähigkeit des Holzes 12 bis 24 Stunden „gereift“, dabei entzieht das saugfähige Holz dem Klärschlamm so viel Feuchte, dass ein ausreichend durchströmbares Rottegut entsteht. Nach Ablauf der Reifezeit erfolgt während des Aufsetzens eine abschließende Durchmischung des Rottegutes.



**Abbildung 4** Verfahrensfließbild für die Klärschlammkompostierung

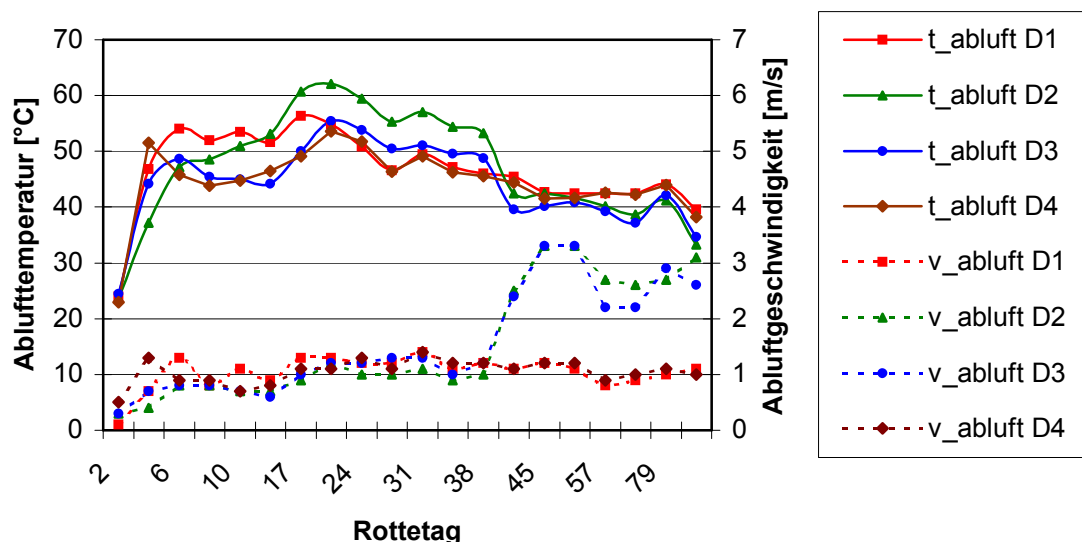
Abbildung 4 zeigt das Fließbild für eine Klärschlammkompostierung. Das für das Verfahren benötigte Abdeckmaterial wird mit dem Verfahrens selbst produziert. Das Struk-

turmaterial wird im Kreislauf gefahren. Nur die Rotteverluste müssen ergänzt werden. Die Saugfähigkeit des Strukturmaterials verbessert sich dabei durch die mehrfache Nutzung.

**Tabelle 1** Materialeigenschaften Klärschlammkompostierung

Rottegut	Ausgangsgemisch		38. Rottetag		Rotteprodukt 93. Tag	
	Feuchte	OTS	Feuchte	OTS	Feuchte	OTS
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
<b>Substrat 1</b>	41	56	38	49	30	29
<b>Substrat 2</b>	46	60	43	52	38	23

Die Tabelle 1 zeigt, welche Ergebnisse sich mit dem Dombelüftungsverfahren bei der Klärschlammkompostierung erreichen lassen. Das Substrat 1 stellt ein Volumenmischungsverhältnis Klärschlamm : Holz = 1:3 dar. Das Substrat 1 mit einer Restfeuchte von 30 Ma.-% ist problemlos absiebbar. Das Substrat 2 wurde 1:2 gemischt. Die Konsequenzen sind erkennbar. Das Strukturmaterial kann nicht im Kreislauf geführt werden, womit die gesamte Technologie nicht funktioniert. Der Versuch mit dem Substrat 2 wurde auf Wunsch eines Anwenders durchgeführt, dem die bilanzierte Strukturmaterialzugabe von 3 Teilen als zu hoch erschien, was ein typisches Problem in der Praxis ist.

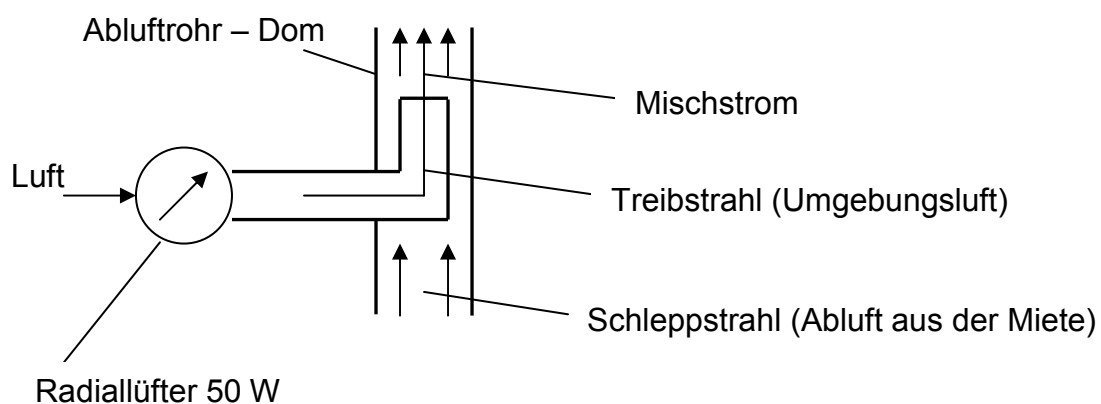


**Abbildung 5** Betriebsverhalten einer Klärschlammkompostierung

Abbildung 5 zeigt den Verlauf der Abluftgeschwindigkeiten und –temperaturen von 4 Dombereichen einer Versuchsmiete zur Klärschlammkompostierung. Die gemessenen Abluftgeschwindigkeiten entsprechen Volumenströmen zwischen 40 und 75 m<sup>3</sup>/h. Zu

erkennen ist, dass die prinzipbedingt unabhängig voneinander arbeitenden Mietenbereiche gemessen an den Bedingungen gleichmäßig arbeiten. Trotzdem der eingesetzte Klärschlamm im untersuchten Fall bereits mehr als 14 Tage gelagert wurde und anaerob gefallen war, dominierte bereits nach ca. 5 Tagen der aerobe Prozess. Dies spricht deutlich für die Leistungsfähigkeit des Verfahrens.

Im Zusammenhang mit dem beschriebenen Versuch wurde erstmals eine Option getestet, mit der die Leistungsparameter des Dombelüftungsverfahrens auch extern beeinflusst werden können. An den Domen 2 und 3 der Versuchsmiete wurde eine Stützbelüftung getestet, die so in das Verfahren eingebunden ist, dass am Mietenaufbau selbst nichts geändert werden muss (Abbildung 6).



**Abbildung 6** Stützbelüftung mittels Treibstrahl

Als Lösung wurde eine Variante mittels Treibstrahl gefunden, die mit einer installierten Leistung von lediglich 50 W pro Abluftrohr arbeitet. Die Vorrichtung wurde so ausgeführt, dass ein Lüfter parallel jeweils 2 Dome versorgt. Der Treibstrahlkrümmer ist nur in das Abluftrohr eingehangen, kann also ohne Aufwand nach Ablauf der Startphase wieder entfernt werden. Der Effekt, den diese geringfügige Unterstützung hervorruft, ist in Abbildung 5 ab dem 42. Rottetag deutlich erkennbar. Leider konnten innerhalb des vorgestellten Projektes aus technischen Gründen keine vergleichenden Untersuchungen zum Startverhalten durchgeführt werden.

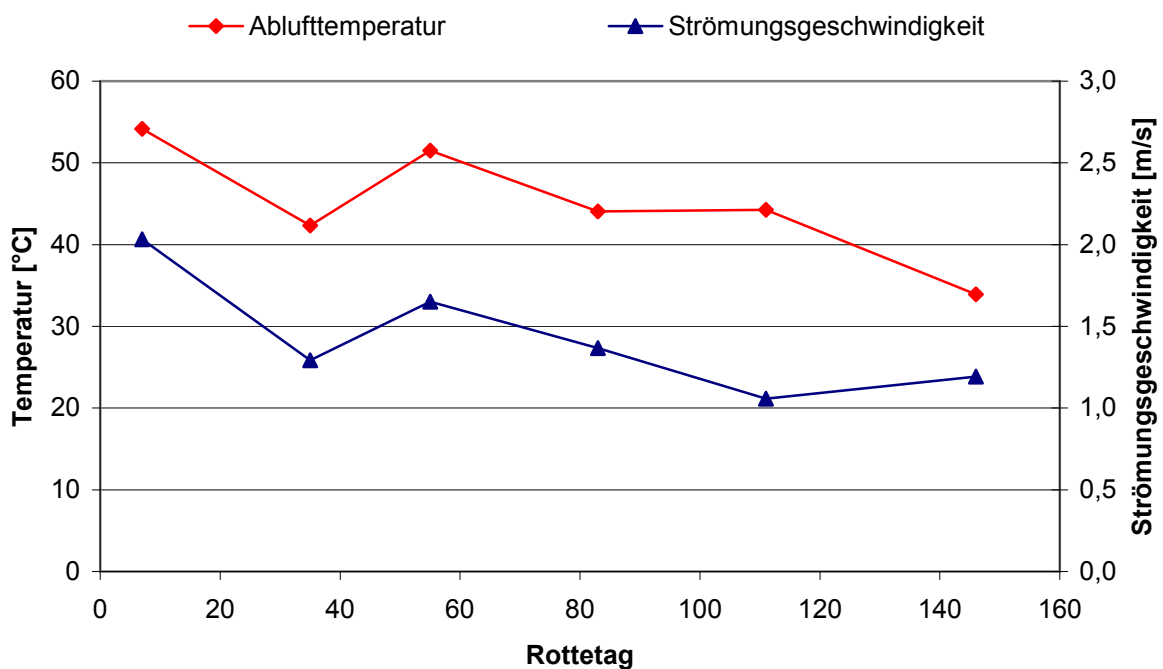
### 2.3 Kompostierung von Baum- und Strauchschnitt

Bei der Kompostierung von Baum- und Strauchschnitt lässt sich das Dombelüftungsverfahren auf Grund dessen, dass eine sich eine Rottegutaufbereitung bei frischem Material auf das in jedem Fall nötige Zerkleinern beschränkt, besonders einfach anwenden. Der technologische Ablauf entspricht bis auf die Rottegutaufbereitung dem in Abbildung 4 dargestellten. Der Siebüberlauf der Rotteproduktabsiebung wird zur Minimierung zu entsorgender Reste dem Rottegut der folgenden Miete zugegeben. Die folgenden Ver-

suchsdaten stammen von einem Einsatzort, an dem das Dombelüftungsverfahren zur Vermeidung von Geruchsbelästigungen der Anlieger eingeführt wurde. Tabelle 2 zeigt, dass mit dem Dombelüftungsverfahren außer dem emissionsarmen Betrieb auch ein feuchteoptimiertes Rotteprodukt durch den permanenten Austrag feuchtegesättigter Abluft erzeugt werden kann. Dies ist beim unbelüfteten Rotteprozess nur durch wiederholtes Umsetzen möglich.

**Tabelle 2** Materialfeuchte bei der Baum- und Strauchschnittkompostierung

Parameter	Start	114. Tag	140. Tag
Feuchte Ma.-%	53	31	26s



**Abbildung 7** Typischer Prozessverlauf für eine Baum- und Strauchschnittkompostierung

Die Abbildung 7 zeigt, wie mit fallender Temperatur auch die Durchströmung der Miete abnimmt. Der Prozess verläuft auf Grund der vergleichsweise geringen biologischen Aktivität völlig problemlos, wobei sich die Selbstregulierung der Belüftung sehr positiv auswirkt und nicht zum vorzeitigen Auskühlen der Miete führt.

Neben einer Anlage in Deutschland (Abbildung 8), wird die Baum- und Strauchschnittkompostierung nach dem Dombelüftungsverfahren auch in Ungarn betrieben.





**Abbildung 8** Miete einer Baum- und Strauchschnittkompostierung

## 2.4 Einsatz unter subtropischen Bedingungen

Aufgrund der günstigen klimatischen Wachstumsbedingungen fallen in den Küstenregionen Südafrikas große Mengen Grünschnitt an, die derzeit auf Hausmülldeponien abgelagert werden. Eine Kompostierung brächte entscheidende Vorteile hinsichtlich einer Volumenreduktion, Abfallstabilisierung sowie der Produktion von Kompost zur Bodenverbesserung und Erosionsbekämpfung. Wegen seiner günstigen Eigenschaften ist das Dombelüftungsverfahren für die Anwendung in den Ländern der 3. Welt besonders geeignet. Die Zielstellung der durchgeführten Untersuchungen bestand im Nachweis der technischen Anwendbarkeit vor Ort unter subtropischen klimatischen Bedingungen, die sich prinzipbedingt negativ auf die Belüftungsleistung auswirken. Dafür wurde eine Testmiete bestehend aus 5 Dombereichen mit jeweils 50 Mg Kiefernrinde errichtet und sowohl die Gaszusammensetzung als auch die Strömungs- und Temperaturverhältnisse messtechnisch erfasst [POLSTER 2003]. Es zeigte sich, dass das Dombelüftungsverfahren für die Anwendung vor Ort sehr gut geeignet ist. Strikt aerobe Zustände und ausgeglichene Mietentemperaturen ließen sich über den gesamten Untersuchungszeitraum messtechnisch nachweisen (Abbildung 9). Die erwartungsgemäß für den Belüftungsprozess ungünstigen Umgebungstemperaturen wurden durch sehr günstige Windverhältnisse kompensiert. Bei der Überströmung der Abluftrohre entsteht ein zusätzlicher Sog, der maßgeblich zur Erhöhung des durch die Miete durchgesetzten Luftvolumenstroms beiträgt. Die Bilanzierung der Abbauprozesse in der Testmiete ergab einen regelgerechten Rotteverlauf, die Gesamtproduktion von  $\text{CO}_2$  lag in dem erwarteten Bereich von ca.  $1600\text{m}^3_{\text{CO}_2 \text{ i.N.}}$ .

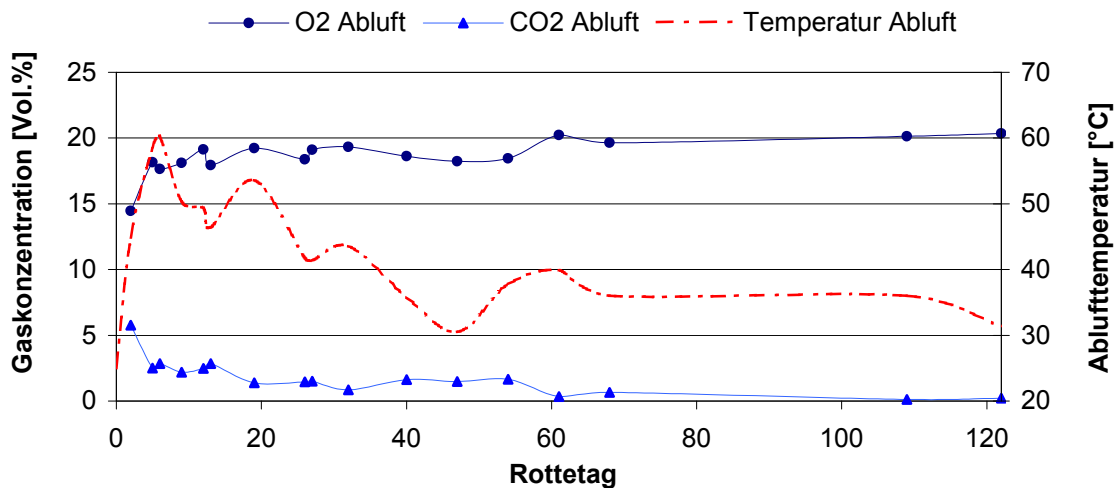


Abbildung 9 Mietenparameter windbelüftete Miete

### 3 Kostenbetrachtungen

Speziell für das Dombelüftungsverfahren wurden in [Richter 2003] für alle wichtigen Einsatzvarianten detaillierte Kostenuntersuchungen durchgeführt. Ausgewählt wurde dafür ein Teilkostenrechnungssystem auf Plan- und Einzelkostenbasis. Das System gewährleistet die Erfassung aller relevanten Kostenpositionen. Durch einen modularen Aufbau kann der allgemeine Kostenartenplan und die Erfassung sowie die Bewertung der einzelnen Kostenarten an die jeweiligen Rahmenbedingungen angepasst werden. Die flexiblen Berechnungsschemata können problemlos für jeden in- und ausländischen Einsatzfall Anwendung finden.

Auf der Basis realer Kosten wurden für den Einsatz des Dombelüftungsverfahrens in der MBA, wie sie in 2.1 beschrieben ist 30 – 33 €/t ermittelt. Anlagen mit vergleichbarer Zielstellung und Durchsatz liegen bei etwa 85 €/t. Für eine Grünabfallkompostierung wurde für das Dombelüftungsverfahren im Vergleich mit anderen Mietenverfahren eine Kostenersparnis von mindestens 45 % gegenüber herkömmlichen Behandlungskosten von 70 €/t bei 2.400 t/a bzw. 45 €/t bei einem Durchsatz von 12.000 t/a ermittelt.

### 4 Zusammenfassung

Innerhalb von 10 Jahren konnte das Dombelüftungsverfahren an eine Vielzahl von Einsatzfällen adaptiert werden. Das Verfahren ist das Ergebnis einer zielgerichteten Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Durch die konsequente Gestaltung aller mit dem Verfahren selbst und der erforderlichen Peripherie verbundenen Operationen konnte eine für offene Verfahren bisher nicht verfügbare Effektivität erreicht werden. Durch eine weitgehende Mechanisierung trägt das Verfahren auch den Belangen des Arbeitsschutz-

zes Rechnung. Die durch die komplette Abdeckung der Dombelüftungsmieten realisierbare temporäre Einhausung bietet die Möglichkeit, das Verfahren in die Umsetzung der TA Luft 2002 einzubeziehen.

Die größte mit dem Dombelüftungsverfahren betriebene Abfallbehandlungsanlage ist die MBA Deponie Cottbus-Saspow im Bundesland Brandenburg. Mit ihr konnte, begünstigt durch die bei der Anlagenplanung einzuhaltenden Randbedingungen, ein Beispiel für eine kostenminimierte Realisierung einer MBA demonstriert werden. Bei der mehrjährigen wissenschaftlichen Begleitung des Verfahrens konnte ein umfassender Datenbestand aufgebaut werden, der für weitere Anwendungsfälle etwa in Osteuropa zur Verfügung steht. Als Gesamttrotteverfahren innerhalb einer MBA ist das Dombelüftungsverfahren vor allem als Interimslösung geeignet. Prinzipiell geeignet ist das Dombelüftungsverfahren als Nachrotteverfahren wegen seiner Überwachbarkeit auch nach 2005.

Gerade angesichts der über die stoffliche Verwertung von kommunalem Klärschlamm laufenden Diskussionen und die damit verbundene unklare Zukunft der Klärschlammkompostierung bietet sich das Dombelüftungsverfahren wegen seiner minimalen Kosten zur Nutzung an.

Die ersten durchgeführten Untersuchungen zur Stützbelüftung zeigen, dass das im Verfahren enthaltene Potenzial noch nicht vollständig erschlossen ist. Mit dem Einsatz der nur minimal Energie verbrauchenden Stützbelüftung kann im Bedarfsfall eine weitere Annäherung an das Leistungsvermögen geschlossener Verfahren angenommen werden.

## 5 Literatur

- |   |      |  |
|---|------|--|
| Brummack, J.  | 2003 | Preiswert und flexibel. Mit der Dombelüftung wird der TA Luft Rechnung getragen. Entsorga Magazin, 22(2003)9, S.134-135.   |
| Bux, K.; Kühne, H.  | 1999 | Schlussbericht zur Durchführung von Emissionsmessungen an der BMA-Messmiete auf der Deponie Nauen-Schwanebeck. Bericht B99/0386. ERGO Umweltinstitut GmbH Dresden, 1999, unveröffentlicht.                   |
| Mollekopf, N.;<br>Brummack, J.;<br>Paar, S.;<br>Vorster, K. | 2002 | Use of the Dome Aeration Technology for Biochemical stabilization of waste prior to landfilling, in: Wastecon 2002-40th Annual International Solid Waste Exposition Proceedings (WT/a/1), Durban, RSA, 2002. |



- |               |      |   |
|---------------|------|---|
| Paar, S.;     | 1999 | Advantages of Dome Aeration in Mechanical-Biological Waste Treatment. 7th International Waste Management and Landfill Symposium, Cagliari, 4.-8. Oktober 1999.  |
| Brummack, J.; |      |   |
| Gemende, B.   |      |   |
| Paar, S.      | 2000 | Das Dombelüftungsverfahren. Ein Verfahren zur Belüftung offener Rottemieten unter Nutzung des thermischen Auftriebs. Dissertation. Dresdner Forschungen: Maschinenwesen; Bd. 6 Dresden: w.e.b., 2000. |
| Paar, S.;     | 2000 | Großtechnische Ergebnisse zum Dombelüftungsverfahren. Müll und Abfall, 09/00, S. 541- 546, Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. Berlin   |
| Brummack, J.  |      |   |
| Polster, A.   | 2003 | Dombelüftungsverfahren zur Baum- und Strauchschnittkompostierung unter subtropischen Bedingungen. Diplomarbeit. TU Dresden, 2003.   |
| Richter, A.   | 2003 | Kostenbetrachtungen Einsatz Dombelüftungsverfahren. Diplomarbeit. TU Dresden, 2003.   |

### **Anschrift der Verfasser**

Dr.-Ing. Joachim Brummack  
Technische Universität Dresden  
Institut für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik  
D 01062 Dresden  
+49 351 463 34430  
Joachim.Brummack@mailbox.tu-dresden.de

Dipl.-Ing. Andreas Polster  
Technische Universität Dresden  
Institut für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik  
D 01062 Dresden  
+49 351 463 33282  
Andreas.Polster@mailbox.tu-dresden.de

Internet: <http://www.tvt-uvt.tu-dresden.de>