



Bericht zur

„Ökologischen Vertretbarkeit“ der mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen einschließlich deren Ablagerung

INHALTSVERZEICHNIS:

Vorbemerkungen	3
1 Anlaß, Sachstand	4
1.1 Unterschiedliche Zielsetzungen bei der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung	4
1.1.1 Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung vor Ablagerung der gesamten Abfallmenge	4
1.1.2 Stoffstromspezifische Behandlung	4
1.1.3 Trockenstabilat	5
1.2 Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung und TA Siedlungsabfall	5
1.3 Aktuelle Situation bei der Umsetzung der TA Siedlungsabfall	8
2 Grenzen sachgerechter Vergleichbarkeit	9
2.1 Verfahrenswege	10
2.2 Gleichwertiges und Ungleichwertiges	12
3 Vertretbarkeit der Ablagerung mechanisch-biologisch behandelter Abfälle	14
3.1 Vorschläge für alternative Parameter und Grenzwerte zur Charakterisierung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen	14
3.1.1 Alternative Parameter zur Beurteilung der Ablagerbarkeit	14
3.1.2 Abtrennung von heizwertreichen Fraktionen	15
3.1.3 Einbaudichte und Wassergehalt.....	16
3.1.4 Zusammenfassung.....	17
3.2 Erforderliche Änderungen der Anforderungen der TA Siedlungsabfall an die Deponieabdichtungssysteme und den Deponiebetrieb	19
3.2.1 Deponiestandort, Untergrund und geologische Barriere	19
3.2.2 Basisabdichtung	19
3.2.3 Oberflächenabdichtung und Gasfassung	19
3.2.4 Anforderungen an den Deponiebetrieb	20
3.2.5 Zusammenfassung.....	21

3.3 Bewertung des Gleichwertigkeitsnachweises für die Deponie Lübben-Ratsvorwerk (L-R)	21
3.3.1 Methodischer Ansatz im Gleichwertigkeitsnachweises (L-R).....	22
3.3.2 Deponiegasemissionen	22
3.3.3 Organische Sickerwasserbelastung	23
3.3.4 Setzungen.....	24
3.3.5 Zusammenfassung und Bewertung.....	25
3.4 Anforderungen an Luftreinhaltung, Gewässerschutz und Arbeits- sowie Gesundheitsschutz	29
3.4.1 Vorschläge für Grenzwerte und Anforderungen an die Ablufferfassung und -reinigung ...	29
3.4.2 Schadstoffgehalte der Abluft	31
3.4.3 Abwasser.....	37
3.4.4 Arbeits- und Gesundheitsschutz.....	37
3.5 Vergleich der Klimarelevanz/des CO₂-Minderungspotentials von thermischen und mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsverfahren	38
3.6 Kosten und Preise der Restabfallbehandlungsverfahren	39
3.6.1 Kosten und Preise der MBA	39
3.6.2 Kosten und Preise der thermischen Abfallbehandlung:.....	41
3.6.3 Zusammenfassung.....	41
4 Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Vorbehandlung von zu deponierenden Abfällen“	43
4.1 Weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf	43
5 Zusammenfassung und Votum	44
5.1 Zusammenfassung	44
5.2 Votum	49
5.2.1 Kombinationsverfahren ohne unmittelbare Ablagerung	49
5.2.2 Unmittelbare Ablagerung aller MBA-Rückstände	49
5.2.3 Kombinationsverfahren mit stoffstromspezifischer Abfallbehandlung	49
5.2.4 Erweiterter Vergleich	50
5.2.5 Empfehlung	51
6 Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	52
6.1 Verzeichnis der Tabellen.....	52
6.2 Verzeichnis der Abbildungen.....	52
7 Literaturverzeichnis	53
7.1 Allgemeine Literatur zur MBA.....	53
7.2 Parameterdiskussion	55
7.3 Deponieverhalten und deponiebezogene Anforderungen	55
7.4 Gleichwertigkeitsnachweis	57
7.5 Luftreinhaltung, Gewässerschutz sowie Arbeits- und Gesundheitsschutz	57
7.5.1 Luftreinhaltung	57
7.5.2 Gewässerschutz	59
7.5.3 Arbeits- und Gesundheitsschutz	59
7.6 Klimarelevanz, Verfahrensvergleiche und Verfahrenskombinationen	59
7.7 Kosten der Restabfallbehandlungsverfahren	60
7.8 Gesetze und Rechtsvorschriften	60
8 Anlagenverzeichnis:	62

Vorbemerkung

Vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) wurde ein Verbundforschungsvorhaben im Umfang von ca. 15 Mio. DM gefördert, in dem offene Fragen zur MBA untersucht werden sollten. Das BMBF-Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Vorbehandlung von zu deponierenden Abfällen“ soll in der zweiten Hälfte 1999 abgeschlossen sein. Die Abschlußberichte der einzelnen Vorhaben liegen zwar größtenteils noch nicht vor, doch sind die voraussichtlichen Ergebnisse aufgrund von Veröffentlichungen und Erfahrungsaustauschen - zumindest in ihrer Tendenz - mehrheitlich erkennbar und bekannt und in diesen Bericht eingeflossen.

In den bestehenden Veröffentlichungen, Stellungnahmen und Beschlüssen zu dem Thema dieses Berichtes, sind die zugrundeliegenden Begriffsdefinitionen zur „Gleichwertigkeit“ nicht immer identisch. Auch im vorliegenden Bericht wird der Begriff „Gleichwertigkeit“ mit unterschiedlichem Sinngehalt verwendet. Dies ist in der Regel gekennzeichnet oder durch einen zusätzlichen Bezug näher erläutert, damit die Randbedingungen dieser Vergleiche erkennbar werden.

1 Anlaß, Sachstand

In der Koalitionsvereinbarung zwischen SPD und Bündnis 90 / Die Grünen für die 14. Legislaturperiode wird davon ausgegangen, daß „ökologische Ziele in der Abfallwirtschaft durchgesetzt werden sollen, die mechanisch-biologische Verfahren einschließen“. Es ist deshalb zu prüfen, unter welchen Randbedingungen mechanisch-biologische Abfallbehandlungsverfahren umweltverträglich sind.

Die Umweltminister von Bund und Ländern waren auf der 51. UMK der Auffassung, daß es auch im Fall einer Novellierung der TA Siedlungsabfall an den ökologischen Standards der TA Siedlungsabfall keine Abstriche geben darf und am Ziel der emissionsarmen und weitgehend nachsorgefreien Deponie uneingeschränkt festgehalten werden muß. Die Umsetzung dieser Anforderungen soll innerhalb der bestehenden Übergangsregelungen (bis 01.06.2005) abgeschlossen werden. Zur Vorbehandlung von Abfällen dürfen - nach dem Beschluß der Umweltminister - nur Verfahren eingesetzt werden, die die Anforderungen des Umweltschutzes (insbesondere der Luftreinhaltung und des Gewässerschutzes) und des Arbeits- und Gesundheitsschutzes erfüllen sowie Vorbehandlungsprodukte liefern, die den Anforderungen der TA Siedlungsabfall entsprechen.

1.1 Unterschiedliche Zielsetzungen bei der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung

Derzeit werden in Deutschland etwa 20 mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlagen (MBA) betrieben (Tabelle: „Übersicht der MBA'n in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: Dezember 1998)“ **Anlage 1**). Die technische Ausstattung dieser Anlagen ist sehr unterschiedlich. Die Mehrzahl der überwiegend älteren Anlagen verfügt über eine einfache Verfahrenstechnik (einfache mechanische Aufbereitung und offene Mietenrotte ohne Abluffassung). Einige neuere Anlagen haben ein höheres verfahrenstechnisches Niveau. Unabhängig von der Zielsetzung, dem Behandlungserfolg und dem technischen Ausstattungsgrad werden alle diese Anlagen heute unter dem Begriff „MBA“ geführt.

MBA'n wurden und werden mit unterschiedlichen Zielsetzungen geplant und errichtet. Der Abfall soll entweder vor der Ablagerung in seiner Gesamtheit behandelt, für eine nachfolgende thermische Behandlung/Verwertung aufbereitet oder in verschiedene Stoffströme für verschiedenartige weitergehende Behandlungen aufgeteilt werden.

1.1.1 Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung vor Ablagerung der gesamten Abfallmenge

Bei der Mehrzahl der gegenwärtig betriebenen MBA'n wird der Restmüll mit einfacher Verfahrenstechnik zerkleinert und homogenisiert, in offenen Mieten gerottet und anschließend in den Deponiekörper eingebaut. Besondere Fraktionen werden in der Regel nicht abgetrennt, die Abluft wird nicht gefaßt.

1.1.2 Stoffstromspezifische Behandlung

Heizwertreiche Leicht-/Grobfraktionen (ca. 20.000-30.000 kJ/kg) für eine thermische Behandlung/Verwertung, Metalle und teilweise auch Mineralstoffe werden abgetrennt. Eine stoffstromspezifische Behandlung erfolgt derzeit in fünf Anlagen, wobei die Abtrennung der heizwertreichen Fraktion mit unterschiedlichem Aufwand betrieben wird. Alle Anlagen weisen einen vergleichsweise hohen verfahrenstechnischen Standard auf. Die biologische Behandlung erfolgt insgesamt vollständig oder zumindest während der Intensivrotte in eingehausten Anlagen mit Abluftreinigung (über Biofilter). Die biologisch behandelte Fraktion wird - abhängig von der Dauer der eingehausten Intensivrotte - entweder sofort oder nach einer offenen Nachrotte in den Deponiekörper eingebaut. Der Mengenfluß einer stoffstromspezifischen MBA ist in Bild 1.2 beispielhaft dargestellt.

1.1.3 Trockenstabilat

In einer technisch aufwendigen, d.h. weitgehend automatisierten Anlage, wird der Abfall in der biologischen Behandlungsstufe mit Luftmehrfachnutzung unter Nutzung der Wärmeentwicklung des biologischen Prozesses getrocknet. Nach Zerkleinerung werden Metallteile und mineralische Anteile maschinell abgetrennt. Der verbleibende heizwertreiche Rest (12.000-18.000 kJ/kg) ist im so getrockneten Zustand - solange ein ausreichend geringer Wassergehalt beibehalten wird - biologisch inaktiv, über begrenzte Zeiträume lagerfähig und soll als Ersatzbrennstoff vermarktet werden.

1.2 Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung und TA Siedlungsabfall

Ein Ziel der TA Siedlungsabfall besteht darin, die Behandlung und Ablagerung der nicht verwertbaren Abfälle umweltverträglich zu gestalten und deshalb den Schadstoffgehalt der und die Schadstofffreisetzung aus den abgelagerten Abfällen so gering wie möglich zu halten. Es wird vorausgesetzt, daß dieses gegeben ist, wenn die Zuordnungskriterien des Anhangs B eingehalten sind. Diese Kriterien beziehen sich hauptsächlich auf die Eluierbarkeit der Schadstoffe und auf den organischen Anteil der Restabfälle (bestimmt als Glühverlust oder TOC*), der durch Umsetzungsprozesse maßgeblich zu den Emissionen beitragen kann. Die Gesamtorganikgehalte im Anhang B sind so niedrig angesetzt, wie sie bei vielen Abfällen nur durch eine thermische Abfallbehandlung erreichbar sind.

Vor Erlass der TA Siedlungsabfall lagen Betriebserfahrungen nur aus wenigen und verfahrenstechnisch sehr einfachen MBA'n, sogenannten Rottedeponien, vor. Diese sind vom Entwicklungsstand her keine akzeptable Alternative zur thermischen Behandlung. Aufgrund kontroverser Diskussionen über den „besten Weg“ der Restabfallbehandlung wurden von mehreren Bundesländern und von der Bundesregierung* verschiedene Forschungsvorhaben vergeben (**Anlage 2**). Unterstützt durch Fördermittel einiger Bundesländer wurden mehrere MBA'n mit zum Teil hohem technischen Entwicklungsstand[†] errichtet und werden nun mit wissenschaftlicher Beglei-

* Gesamtkohlenstoffgehalt (Total Organic Carbon)

** Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF)

* z.B. RABA Bassum, Kreis Diepholz; MBV Lüneburg; MBV Wiefels, Kreis Friesland

tung betrieben.

Aufgrund konzeptioneller Weiterentwicklungen werden die Verfahren der MBA überwiegend nicht mehr als Alternative, sondern als Ergänzung (zum Beispiel mit stoffstromspezifischer Behandlung) zu thermischen Verfahren gesehen. Ein Ziel hierbei ist die Verringerung der thermisch zu behandelnden Abfallmengen.

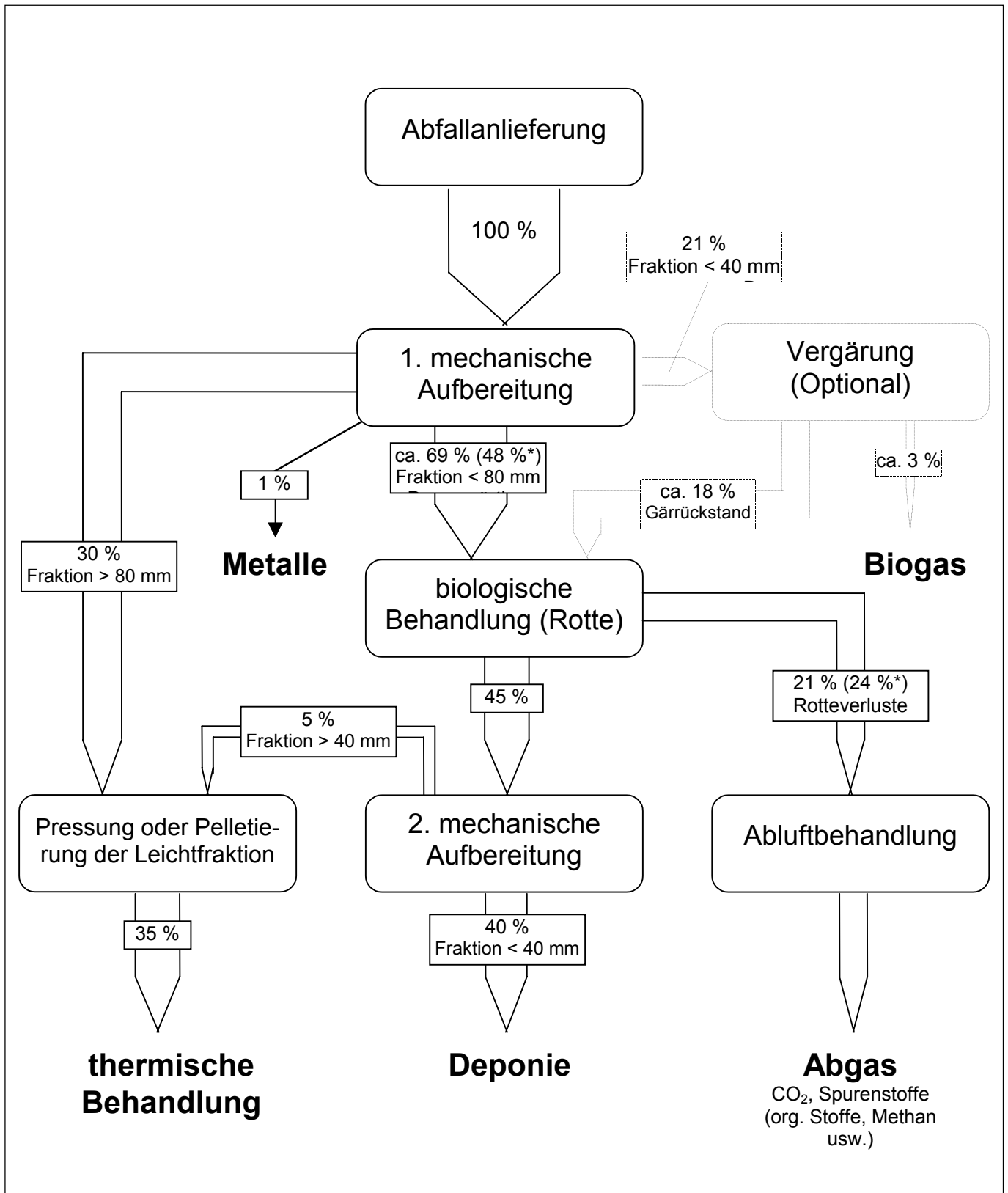


Bild 1.2 : Mengenfluß einer beispielhaften MBA mit stoffstromspezifischer Behandlung
(* Variante mit Vergärung, % - Masse-%)

1.3 Aktuelle Situation bei der Umsetzung der TA Siedlungsabfall

Die TA Siedlungsabfall trat 1993 mit Zustimmung des Bundesrates in Kraft. In den Beratungen wurden schon damals von mehreren Ländern Änderungsanträge eingebracht, die darauf zielten, die Option der sogenannten „kalten Restabfallbehandlung“ offen zu halten. Diese Änderungsanträge fanden keine Mehrheit. Mit der Zustimmung zur TA Siedlungsabfall wurde jedoch eine Entschließung verbunden, in der die Bundesregierung aufgefordert wurde, dem Bundesrat binnen zwei Jahren einen Bericht vorzulegen, in dem geprüft werden sollte, ob und unter welchen Voraussetzungen eine umweltverträgliche Ablagerung von Behandlungsrückständen aus der MBA möglich sei. In diesem 1996 erstellten und vom Bundesrat zur Kenntnis genommenen Bericht¹ vertrat die Bundesregierung die Meinung, daß bis dato keine neuen Erkenntnisse vorlägen, die eine Änderung der TA Siedlungsabfall in diesem Punkt rechtfertigen würden.

Aufgrund der Diskussion und der Ungewißheit über mögliche Änderungen der TA Siedlungsabfall haben viele öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger Investitionsentscheidungen für Abfallbehandlungsanlagen zurückgestellt. Ein Fortbestehen dieses Investitionsstaus bringt die Umsetzung der TA Siedlungsabfall bis zum Jahre 2005 in Gefahr. Die Koalitionsvereinbarung für die 14. Legislaturperiode, nach der den mechanisch-biologischen Verfahren größere Bedeutung zukommen soll, hat die Erwartungen nach einer Novellierung der TA Siedlungsabfall noch verstärkt. Gemäß Beschluß der 51. Umweltministerkonferenz (UMK) soll Planungssicherheit für die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger und die Länder gewährleistet werden und Ausnahmen für die Ablagerung unbehandelter Abfälle dürfen längsten bis 2005 erteilt werden.

Auch bei der derzeitigen Rechtslage (TA Siedlungsabfall) werden MBA'n errichtet und betrieben, die allerdings auch Erkenntnisse und Erfahrungen über den Anlagenbetrieb und erreichbare Behandlungsergebnisse vermitteln. Bereits jetzt verfügen mehrere Deponien über Genehmigungsbescheide für die Ablagerung von MBA-Rückständen über die Übergangsfristen der TA Siedlungsabfall hinaus, wobei an die abzulagernden Abfallfraktionen teilweise keine oder nur unzureichende Anforderungen gestellt sind. Die Begründungen für diese Ausnahmen sind bisher sehr unterschiedlich. So sind beispielsweise die Deponiefelder zur Ablagerung von MBA-Rückständen aus den niedersächsischen Demonstrationsanlagen in Lüneburg, Bassum und Wiefels als Versuchsanlagen genehmigt, die nach Nr. 1.2 nicht in den Anwendungsbereich der TA Siedlungsabfall fallen. Bei anderen Anlagen in Niedersachsen (z.B. für die Zentraldeponie Hannover und für Deponien in den Landkreisen Cloppenburg, Ammerland und Grafschaft Bentheim) wurden die Ausnahmen mit dem durch das Grundgesetz für das Verwaltungshandeln geforderten Verhältnismäßigkeitsgrundsatz begründet. Der Landkreis Neuwied und der Rhein-Lahn-Kreis konnten beim Verwaltungsgericht längere Übergangsfristen im Widerspruchsverfahren gegen die nachträglichen Anordnungen - mit denen die Anforderungen der TA Siedlungsabfall durch die Bezirksregierung Koblenz umgesetzt werden sollten - durchsetzen.

¹ Bericht der Bundesregierung über die Bewertung der Ablagerung von mechanisch-biologisch behandelten Abfällen; veröffentlicht als Bundesrats-Drucksache 38/96 vom 17. Januar 1996.

In neueren Genehmigungsanträgen versuchen einige Deponiebetreiber die Gleichwertigkeit der Ablagerung von MBA-Rückständen nachzuweisen und so auf der Grundlage der Nr. 2.4 der TA Siedlungsabfall eine Genehmigung für die Ablagerung von MBA-Rückständen über die Übergangsfristen hinaus zu erhalten. Erteilt wurde eine Genehmigung nach solchem Gleichwertigkeitsnachweis (**Anlage 3**) für die Deponie Lübben-Ratsvorwerk (siehe 3.3 Gleichwertigkeitsnachweis).

Es ist zu erwarten, daß weitere mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlagen und damit die Ablagerung von MBA-Rückständen über das Jahr 2005 hinaus genehmigt werden, zumal der erste, für eine Anlage gefertigte Gleichwertigkeitsnachweis relativ einfach auf andere Standorte übertragen werden kann. Die für Ausnahmen vorgesehene Nr. 2.4, TA Siedlungsabfall, liefe dann Gefahr, zur Regel zu werden.

Wenn verhindert werden soll, daß sich aus offensichtlich rein ökonomischen Gründen Anlagen mit niedrigen ökologischem Anforderungsstand durchsetzen, ist es unerlässlich, ökologische Mindestanforderungen an die MBA'n und deren Behandlungsrückstände festzulegen.

Zur Zeit werden auch MBA-Konzepte verwirklicht, bei denen keine Deponiefractionen anfallen (z.B. Trockenstabilat, MBA vor der thermischen Behandlung). Deshalb sind Anforderungen für MBA'n selbst dann erforderlich, wenn keine Novellierung der TA Siedlungsabfall für die Ablagerung von MBA-Rückständen erfolgen sollte.

2 Grenzen sachgerechter Vergleichbarkeit

Ziel der Vorbehandlung von Abfällen vor der Ablagerung ist die Verringerung der Gefährdung, die von den Abfallinhaltsstoffen oder von Reaktionen des Abfalls ausgehen kann. Zur Verminderung des stofflichen Gefährdungspotentials werden im wesentlichen zwei Wege verfolgt:

- Passive Gefährdungsminderung

Die Stoffe werden der Biosphäre entzogen und an Orten abgelagert, an denen sie praktisch nicht mehr bioverfügbar sind (z. B. geschlossene Deponie mit Deponiegas und Sickerwasserbehandlung, Untertagedeponie, Bergversatz). Dabei werden Transportwege für Schadstofffreisetzungen unterbrochen (Abdichtungen, geologische Barriere) und Transportmedien reduziert oder vollständig ausgeschlossen (Wasser, Gasbildung).

- Aktive Gefährdungsminderung

Die Stoffe werden über chemische, physikalische oder biologische Reaktionen in weniger gefährliche Stoffe umgewandelt, die ein verringertes oder ein deutlich verringertes bis kein ökotoxikologisches Potential (inhärent sicher) aufweisen (z.B. mechanisch-biologische Abfallbehandlung, thermische Abfallbehandlung bis zu Hochtemperaturverfahren mit schmelzflüssigem Schlackenabzug)

Die Stoffumwandlung der Abfälle zur Verringerung des Gefährdungspotentials (aktive Gefährdungsminderung) kann durch

– **biochemischen Abbau oder Umwandlung** bei niedrigeren Temperaturen

(20 - 80°C) in **MBA'n** oder

- **physikalisch-chemische Umwandlung** bei höheren Temperaturen erfolgen (z.B. Verbrennung bei Temperaturen über 800 °C in MVA).

Die Intensität und die Resultate dieser Stoffumwandlung sind aufgrund der Temperaturunterschiede verschieden. Hohe Temperaturen bewirken schnelle Stoffumwandlungen einschließlich der Zerstörung (Oxidation) auch biologisch schwer oder nicht abbaubarer Organik. Durch biologische Verfahren wird die Reaktionsfähigkeit der Abfälle, die auf der Deponie abgelagert werden sollen, vermindert (Stabilisierung), jedoch ohne Zerstörung der biologisch schwer oder nicht abbaubaren Organik.

2.1 Verfahrenswege

Die Verfahrenswege

- „MBA mit anschließender Abfallablagerung“ und
- „MVA mit anschließender Abfallablagerung“

können hinsichtlich der aktiven Gefährdungsminderung nicht als gleichwertig bezeichnet werden, weil persistente organische Stoffe in biologischen Behandlungsanlagen prinzipiell nicht abgebaut werden können (z.B. POP^{*}). Das biologische Behandlungsverfahren hat hier eine **prinzipielle methodische Grenze**. Die der MBA heute zugrundeliegende Abfallbehandlungstechnik mit biologischer Abluft- und Abwasserreinigung ist – ohne eine Kombination mit anderen Verfahren - wegen dieses prinzipiellen Mangels für die Auslegung der Behandlungsanlage selbst nicht ausreichend. Hier sind zusätzliche, nichtbiologische Abluftbehandlungsmaßnahmen notwendig. Solche werden in anderen Bereichen der Abluftreinigung eingesetzt und stehen zur Verfügung.

Die von der UMK geforderte „gesicherte Gleichwertigkeit der Vorbehandlungsprodukte“ ist deshalb hinsichtlich des verbleibenden Schadstoffgehaltes der abzulagernden Abfälle (aktive Gefährdungsminderung) prinzipiell nicht gegeben. Allerdings kann die Bioverfügbarkeit von Emissionen auch durch zusätzliche Maßnahmen der passiven Gefährdungsminderung bei der Ablagerung auf Deponien weitestgehend unterbunden werden. Es ist deshalb zu untersuchen, ob die Emissionsminderung (infolge aktiver plus passiver Maßnahmen) durch zusätzliche technische und organisatorische Maßnahmen nach einer mechanisch-biologischen Abfallbehandlung eine ähnliche Größenordnung aufweist, wie nach einer thermischen Behandlung.

Die technische Entwicklung bei den thermischen Abfallbehandlungsanlagen läßt erkennen, daß inzwischen Anlagen angeboten und im Einzelfall errichtet werden, die zu **vollständig sicheren inhärenten Stoffen** führen (schmelzflüssiger Schlackenabzug). Diese Stoffe können gefahrlos stofflich verwertet werden oder ohne wasser- oder luftseitige Nachsorgemaßnahme gelagert/abgelagert werden. Die inzwischen mögliche Überwindung der scheinbar zwangsläufigen Restabfallgerung würde eine Verschärfung der TA Siedlungsabfall in Richtung auf eine nachsorgefreie Ablagerung erlauben.

* POP - persistent organic pollutant

Hierfür gehen die vorhandenen technischen Möglichkeiten schon über die in der TA Siedlungsabfall erhobenen Anforderung hinaus.

Eine ähnliche Entwicklung ist bei der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung nicht erkennbar. Auch zukünftig werden die MBA-Behandlungsrückstände zur Verhinderung von Emissionen auf abgedichteten Deponien abgelagert werden müssen. Die diskutierte Novellierung der TA Siedlungsabfall, in Richtung auf biologisch vorbehandelte Abfälle“ erscheint vor diesem Hintergrund zumindest für neu zu errichtende Deponien obsolet. Bei der Ablagerung auf Altdeponien hingegen ist zu erwarten, daß der Beitrag der vorbehandelten Abfälle hinsichtlich des Schadstoffpotentials und der möglichen Emissionen - unabhängig vom Vorbehandlungsverfahren – gegenüber dem Beitrag des Altkörpers eher gering sein wird. (Es sollte nicht außer acht gelassen werden, daß heute in Deutschland nahezu ausschließlich Altdeponien betrieben werden und auf Deponien, die nach Inkrafttreten der TA Siedlungsabfall neu errichtet wurden, wegen fehlender Abfallbehandlungskapazitäten überwiegend unbehandelte Abfälle abgelagert wurden. Die in Deutschland vorhandene Deponiekapazität reicht noch für mehrere Jahrzehnte aus, um anfallende Restabfälle aufzunehmen, insbesondere, wenn deren Volumen durch Vorbehandlungsmaßnahmen - ob mit MVA oder MBA - stark reduziert wird.)

Eine fachinhaltliche Änderung der TA Siedlungsabfall mit dem Ziel, die Ablagerung biologisch vorbehandelter Abfälle zu ermöglichen, ist aus oben genannten Gründen nicht zwingend erforderlich. Im Sinn der gestellten Fragen kann aber geprüft werden, welche zusätzlichen Anforderungen an die MBA, deren Anlagenbetrieb und die Errichtung sowie den Betrieb der Deponien gestellt werden müssen, um die Abluft- und Abwasseremissionen ähnlich gering werden zu lassen, wie bei der thermischen Vorbehandlung von Restabfällen mit anschließender Ablagerung. Bei ähnlich geringen Emissionen wäre es dann möglich, die TA Siedlungsabfall in Hinsicht auf die Ablagerung für biologisch vorbehandelte Abfälle zu novellieren.

Der **Vergleichsmaßstab** (Anforderungsniveau) für die Ablagerung ist das in Nr. 10.1 gegebene Ziel der TA Siedlungsabfall einer emissionsarmen und weitgehend nachsorgefreien Deponie (praktisch kein Deponiegas, geringe organische Sickerwasserbelastung, geringe Setzung des Deponiekörpers). Als Maßstab für die zu betrachtende „Gleichwertigkeit“ wird hierdie TA Siedlungsabfall herangezogen, die für die Abfallbehandlung einschließlich Ablagerung

- die heute geltende rechtliche Grundlage bildet,
- praktisch in vielen Fällen umgesetzt wird und damit einen Vergleich erlaubt und
- die Rechtsgrundlage bei gerichtlichen Auseinandersetzungen darstellt.

Daran orientierend sollen Emissionen (Konzentrationen und Frachten) aus MBA'n und deren Bioverfügbarkeit verglichen werden.

Es ist also erforderlich, die Emissionsfrachten auf dem gesamten Stoffweg - vom Eingang der Behandlungsanlage (MBA und MVA) einschließlich der Ablagerung - bilanzierend zu vergleichen. Das Anforderungsniveau sollte sich dabei an den hohen ökologischen Anforderungen des rechtlich vorgegebenen Verfahrensweges orientieren (17.BImSchV, TA Siedlungsabfall, Anhang 47 u. 51 der AbwV zu § 7 a WHG, VAWS

und VwVwS zu § 19 g WHG)* .

2.2 Gleichwertiges und Ungleichwertiges

Dem verständlichen Wunsch, quantifizierbare und verrechenbare ökologische Parameter für Gefährdungsvergleiche zu ermitteln, steht eine prinzipielle Unkenntnis entgegen (wie in allen anderen Umweltbereichen auch), die einen wissenschaftlichen Vergleich der von den Stoffen ausgehenden Gefährdung jetzt und in Zukunft nicht zuläßt. Bei dem ökologischen Vergleich der beiden Verfahrenslinien zur „Abfallvorbehandlung mit Ablagerung“ müssen Stoffe und Emissionen

- mit beliebig (nahezu unendlich) vielen Abfallinhaltsstoffen,
- beliebig vielen Nebenstoffen und Metaboliten,
- beliebig vielen unerwünschten Wirkungen und
- mit beliebig vielen Zielorganismen,

und das auf der Ebene der

- Zellen,
- Organe,
- Organismen,
- Populationen und
- Lebensgemeinschaften

auf ihre ökologische Schadwirkung bei der Behandlung und bei der Ablagerung vergleichend bewertet werden. Hinzu kommt eine beliebig große Zahl synergistischer Wechselwirkungen, die insgesamt die Feststellbarkeit ökologischer Gleichwertigkeit unmöglich macht.

Mit dem vorliegenden und evtl. zukünftigen Wissen kann allenfalls ein grober Frachtvergleich der Gesamtemissionen auf dem gesamten Verfahrensweg erfolgen. Vor diesem Hintergrund der prinzipiellen Beschränktheit der Vergleichsmöglichkeiten hinsichtlich der ökologischen Schadwirkung ist eine weitergehende Erforschung der Vergleichsparameter und -methoden aussichtslos, für die Entscheidungsfindung unerheblich und der bloße Versuch unverhältnismäßig.

Der nachfolgende Vergleich orientiert sich deshalb vorrangig an einer Gegenüberstellung der Emissionsfrachten beider Verfahrenswege. Die daraus abgeleiteten zusätzlichen Anforderungen an die MBA und die Ablagerung der MBA-Reststoffe werden im Anschluß näher erläutert und zusammenfassend dargestellt.

Die begründete grundsätzliche Ungleichheit beider Verfahrenswege wird dadurch selbstverständlich nicht aufgehoben. Bei der biologisch-mechanischen Vorbehandlung von Restabfällen vor der Ablagerung wird das **passive Sicherheitselement** auch in

* siehe Literaturverzeichnis, Punkt 7.8

Zukunft selbst bei einem weiterentwickelten Stand der Technik die Anforderungen an die Deponie und den Deponiebetrieb bestimmen müssen. Diese passiven Sicherheitselemente (Abdichtungen) konservieren zwar für lange Zeiten die noch reaktionsfähigen (abbaubaren, auslaugbaren) Abfälle, doch kann deren noch vorhandenes Gefährdungspotential bei Versagen der passiven Sicherungen wieder aktiviert werden. Im Gegensatz dazu kann bei der thermischen Vorbehandlung von Restabfällen zukünftig die **stoffinhärente Sicherheit** bei einem weiterentwickelten Stand der Technik die Deponie überflüssig machen.

Die stoffinhärente Sicherheitsphilosophie der „MVA plus Ablagerung“, die stärker auf die aktive Gefährdungsminderung bei den Abfällen selbst setzt, ist dem vorwiegend passiven Sicherheitsdenken der „MBA plus Ablagerung“ prinzipiell überlegen. Jedoch zielt auch die geltende TA Siedlungsabfall auf einen Kompromiß zwischen aktiver und passiver Sicherheitsphilosophie. Einerseits soll der Schadstoffgehalt der Abfälle und seine Mobilisierbarkeit durch Vorbehandlung vermindert werden (Vorgabe von Zuordnungswerten, die Schadstoffgehalte und -mobilisierbarkeit begrenzt zulassen), andererseits ist der zulässige verbleibende Schadstoffgehalt durch technische Barrieren einzukapseln und damit immobil zu machen, so daß er nicht bioverfügbar werden kann (Vorgaben für geologische Barriere und Abdichtungssysteme).

3 Vertretbarkeit der Ablagerung mechanisch-biologisch behandelter Abfälle

Im Erlaß WA II 4 -30 120-1/0 vom 17.12.98 des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit wird,

- (3.1) die Darstellung und Bewertung der Vorschläge für alternative Parameter und Grenzwerte zur Charakterisierung der dauerhaften und ökologisch langfristigen Ablagerungsfähigkeit von mechanisch-biologisch behandelten Abfällen,
- (3.2) die Darstellung und Bewertung ggf. notwendiger Änderungen der Anforderungen der TA Siedlungsabfall an die Deponieabdichtungssysteme und den Deponiebetrieb für die Ablagerung mechanisch-biologisch behandelter Abfälle,
- (3.3) die detaillierte fachliche Bewertung des sog. „Gleichwertigkeitsnachweises“ für die Ablagerung von mechanisch-biologisch behandelten Abfällen, u.a. im Hinblick auf Schadstoffpotential und Langzeitstabilität,
- (3.4) die Angabe von konkreten Anforderungen an Luftreinhalte, Gewässerschutz sowie Arbeits- und Gesundheitsschutz, die bei dem Betrieb der Anlagen zur mechanisch-biologischen Abfallbehandlung unter Berücksichtigung anspruchsvoller Umweltstandards eingehalten werden sollten,
- (3.5) der Vergleich der Klimarelevanz/CO₂-Minderungspotential der thermischen und der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsverfahren und
- (3.6) der Vergleich der verschiedenen Restabfallbehandlungsverfahren in kostenmäßiger Hinsicht

vor dem Hintergrund der Koalitionsvereinbarung für die 14. Legislaturperiode und des Beschlusses der 51. UMK gefordert. Nachfolgend werden diese Fragen einzeln beantwortet.

3.1 Vorschläge für alternative Parameter und Grenzwerte zur Charakterisierung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen

3.1.1 Alternative Parameter zur Beurteilung der Ablagerbarkeit

Mit den Parametern Glühverlust und TOC wird der gesamte organische Anteil, unabhängig von dessen biologischer Abbaubarkeit, bestimmt. Durch die Begrenzung auf diese Parameter im Anhang B der TA Siedlungsabfall wurde der Tatsache Rechnung getragen, daß die Emissionen über Sickerwasser und Deponiegas weitgehend durch biologische Abbauprozesse im Deponiekörper verursacht werden. Durch eine Begrenzung der abzulagernden Abfälle auf sehr niedrige Restorganikgehalte sollten die Emissionen so weitgehend wie möglich reduziert werden. Diese Parameterwahl wurde bereits in der Diskussion der TA Siedlungsabfall kritisiert; geeignete Vorschläge für alternative Parameter mit entsprechenden Grenzwerten und abgestimmten Bestimmungsmethoden konnten aber zum damaligen Zeitpunkt nicht vorgelegt werden.

Erst Jahre später erfolgten im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens* konkrete Vorschläge für alternative Parameter zu Glühverlust und TOC, die indessen weitgehend abgestimmt sind. Es werden die Atmungsaktivität, gemessen über einen Zeitraum von vier Tagen (AT_4) und die Gasbildung, gemessen über einem Zeitraum von 21 Tagen (GB_{21}), vorgeschlagen. Für die Messung dieser Parameter wurden im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens einheitliche Methoden entwickelt, die jetzt in der Praxis weitgehend akzeptiert sind. Als Grenzwerte werden für den (AT_4) 5 mg O_2/g TS** und für den GB_{21} Parameter-Werte zwischen 10 und 20 l/kg TS*** vorgeschlagen.

Im Fall der Novelle der TA Siedlungsabfall wird der Parameter Atmungsaktivität ($AT_4 \leq 5$ mg/g TS) empfohlen, da dieser besser erprobt und die Bestimmungsmethode dazu weitgehend abgestimmt ist. Die Bestimmung der Gasbildung mit dem „Gärtest“ erscheint aufgrund der langen Meßdauer für die Überwachung des Behandlungsergebnisses einer MBA weniger geeignet. Die Gasbildung wird daher als Kontrollwert, der - ergänzend zu den regelmäßigen Messungen der Atmungsaktivität - in größeren zeitlichen Abständen gemessen werden sollte, vorgeschlagen. Um zu verhindern, daß durch toxische oder sonstige Hemmungen zu geringe Werte für die Atmungsaktivität ermittelt werden, muß ergänzend eine Methode zur Überprüfung entwickelt werden. Ein möglicher Ansatz hierzu könnte die Bestimmung einer Vergleichsprobe sein, der biologisch leicht abbaubare Substanzen zugegeben werden. Wenn keine Hemmungen der biologischen Aktivität vorliegen, muß diese Vergleichsprobe eine entsprechend höhere Atmungsaktivität aufweisen als die Originalprobe.

3.1.2 Abtrennung von heizwertreichen Fraktionen

Zur Sicherstellung guter physikalischer Ablagerungseigenschaften der MBA-Rückstände (Verdichtung, Setzung, Wasserundurchlässigkeit) ist ein feinkörniges und homogenes Material erforderlich. Dazu muß die grobe Fraktion (Leichtfraktion), die in der Regel heizwertreich ist, abgetrennt werden. Diese Abtrennung führt außerdem zum verminderten Deponievolumenverbrauch. Vorgeschlagen wird daher in verschiedenen Konzepten die Begrenzung der Korngröße für die Ablagerung auf ≤ 40 mm.

Auf der Suche nach Vorgaben zur Abtrennung heizwertreicher Abfallanteile könnte man sich auch an der österreichischen Deponieverordnung orientieren. Diese Verordnung beschränkt die Restorganikgehalte von abzulagernden Abfällen (nach einer Übergangsfrist bis 2004) auf einen TOC-Gehalt von 5 Gew.-%, läßt jedoch eine Ausnahme für MBA-Rückstände ohne Begrenzung zu, wenn der Heizwert 6.000 kJ/kg unterschreitet.

Diese Anforderung wird in Österreich von den MBA-Betreibern kritisiert, weil die Heizwertbestimmung aufwendig sei und der zulässige Heizwert nur mit erhöhtem technischen Aufwand in der mechanischen Aufbereitung (zum Beispiel durch Siebung vor und nach der Rotte) unterschritten werden könne. Untersuchungen zeigen, daß der Heizwert von 6.000 kJ/kg einem Glühverlust von etwa 30 Gew.-% entspricht. An Stelle

* BMBF-Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung von zu deponierenden Abfällen“

** mg Sauerstoff pro g Trockensubstanz

*** Liter Gas pro kg Trockensubstanz

der Begrenzung des Heizwertes könnte also der Glühverlust z.B. auf 30% (Masse-%) oder der einfacher bestimmbare TOC auf 18% (Masse-%, bezogen auf die Trockensubstanz) begrenzt werden.

Die abgetrennten heizwertreichen Fraktionen (Leichtfraktionen) könnten prinzipiell in Abfallverbrennungsanlagen, in speziell für den Einsatz dieses hochkalorischen Materials geeigneten Anlagen oder in industriellen Anlagen entsorgt werden.

In den bestehenden Abfallverbrennungsanlagen könnten aufgrund der hohen Heizwerte die Leichtfraktionen nur in begrenzten Mengen mitverbrannt werden. Eine gute Durchmischung mit dem üblicherweise dort zu verbrennendem Restabfall wäre notwendig. Bei höheren Anteilen der heizwertreichen Fraktion würde sich die Durchsatzleistung der MVA'n verringern, da deren Verbrennungstechnik und thermische Durchsatzleistung auf die niedrigeren Heizwerte von Restabfall ausgelegt sind.

Spezielle Entsorgungsanlagen, in denen nur die heizwertreiche Fraktion mit dem Ziel der optimalen Energiegewinnung eingesetzt werden sollen, müssten neu errichtet werden.

Als mögliche industrielle Anlagen für die Mitverbrennung dieser Leichtfraktion werden insbesondere Zementwerke und Feuerungsanlagen (Kraftwerke) genannt. Die MBA-Betreiber streben aus wirtschaftlichen Gründen einen Einsatz der heizwertreichen Fraktion in industriellen Anlagen an. Gegenüber der Behandlung in einer modernen Müllverbrennungsanlage kann der Einsatz dieser Abfallfraktion als Ersatzbrennstoff jedoch zu erhöhten Emissionen führen. Offene Fragen bezüglich der immissionsschutzrechtlichen Belange der Mitverbrennung sollten daher baldmöglichst geklärt werden. Auch können technische Gegebenheiten, insbesondere in Kraftwerken, den Einsatz der Leichtfraktion begrenzen.

Die Erfahrungen mit der Herstellung von BRAM (Brennstoff aus Müll) in den siebziger und achtziger Jahren zeugen von der Schwierigkeit, Ersatzbrennstoffe befriedigender Qualität kostengünstig aus Restabfällen herzustellen. Erforderlich erscheinen daher an dieser Stelle qualitative Vorgaben für die Leichtfraktion, um bei der Verwendung als Ersatzbrennstoff außerhalb von Abfallverbrennungsanlagen die Umweltverträglichkeit der Maßnahme sicherzustellen.

Für eine Übergangszeit können Engpässe der Entsorgung der heizwertreichen Fraktion entstehen, da diese Entsorgungswege teilweise ungeklärt sind. Hier wäre gegebenenfalls eine Entscheidung über die Zwischenlagerung erforderlich. Diese dürfte jedoch nur kurzfristig sein. Eine gemeinsame Ablagerung der biologisch behandelten Abfallfraktion mit der heizwertreichen Leichtfraktion verbietet sich von selbst. Zwar trägt diese Abfallfraktion bei der Ablagerung nur im geringen Umfang zur Gasbildung und organischen Sickerwasserbelastung bei, doch ihre grobe Struktur verhindert das Erreichen geringer Wasserdurchlässigkeiten im Deponiekörper und erhöht die Brandgefahr.

Bei der Entscheidung über die Entsorgungswege für die heizwertreiche Fraktion wird neben den technischen Möglichkeiten auch die verbindliche rechtliche Abgrenzung der Begriffe „Beseitigung“ und „Verwertung“ von Bedeutung sein.

3.1.3 Einbaudichte und Wassergehalt

In mehreren Untersuchungen wird eine hohe Einbaudichte und ein optimaler Wassergehalt als Voraussetzung für das prognostizierte gute Deponieverhalten - besonders für eine geringe Sickerwasserbildung - der mechanisch-biologisch behandelten Abfälle beschrieben. Bei einer Feuchte der abgelagerten Abfälle oberhalb des optimalen Proktorwassergehaltes ist evtl. mit Preßwasserbildung zu rechnen. Weiterhin ist zu beachten, daß oberhalb des optimalen Proktorwassergehaltes die Abfälle über kein freies Porenvolumen verfügen und daher das Entweichen des Deponiegases erschwert oder verhindert wird. Obwohl bei der Ablagerung von MBA-Behandlungsrückständen nur noch geringe Gasmengen zu erwarten sind, könnte ein „Einstau von Deponiegas“ in Verbindung mit dem Porenwasser zur Beeinträchtigung der Standfestigkeit der Deponie führen (Porenwasserdruck).

Im Gleichwertigkeitsnachweis des kommunalen Abfallentsorgungsverbandes Niederlausitz (KAEA) wird daher zur Sicherstellung guter Ablagerungseigenschaften für die eingebauten Abfälle ein K_f -Wert $\leq 10^{-8}$ m/s (Durchlässigkeitsbeiwert) genannt, der

- durch hochverdichteten Dünnschichteinbau des MBA-Outputs (Einbaudichte $\geq 95\%$ Proctordichte),
- durch Einhalten eines Wassergehaltes des abzulagernden Materials, der geringfügig unterhalb des optimalen Proktorwassergehaltes ($w \leq w_{pr}$) liegt und
- ggf. durch Zumischung bzw. Einfräsung von geeigneten feinkörnigen Zuschlagstoffen

erzielt werden soll.

Die Anforderungen an den hochverdichteten Dünnschichteinbau und der zu erreichende Durchlässigkeitsbeiwert sollten im Fall einer Novelle der TA Siedlungsabfall als Anforderung für die kalten Restabfallbehandlungsverfahren übernommen werden. Die ebenfalls geforderte Vergütung des MBA-Outputs durch Zuschlagstoffe ist nur angemessen, wenn es sich um Abfälle handelt, die für eine Ablagerung auf Deponien der Klasse II geeignet sind. Eine solche Vergütung wäre verzichtbar. Sofern die vorbehandelten Abfälle die geforderten Eigenschaften nicht aufweisen, sollten statt einer Vergütung mittels Zuschlagstoffen besser das Behandlungs- und Einbauverfahren optimiert werden; z.B. durch Änderungen der Fraktionierung, des Wassergehaltes oder der Verdichtungsenergie beim Einbau.

Bei MBA-Konzepten, die eine eingehauste Intensivrotte und eine offene Nachrotte vorsehen, muß sichergestellt werden, daß auch bei diesen Anlagen die Einbaukriterien (vor allem der Wassergehalt) eingehalten werden.

Ein TOC im Eluat von 100 mg/l (Zuordnungskriterium für Deponieklasse II im Anhang B der TA Siedlungsabfall) kann mit mechanisch-biologischen Verfahren nur nach langen Behandlungszeiträumen - die in eingehausten Anlagen nicht mit vertretbarem Aufwand realisiert werden können - eingehalten werden. Aufgrund der geringen Wasserdurchlässigkeit der MBA-Behandlungsrückstände werden nur geringe Sickerwassermengen gebildet, so daß bei einem höheren Eluat-TOC die organischen Sickerwasserfrachten geringer sein können als bei Abfällen, die den Zuordnungswert der TA Siedlungsabfall einhalten oder zumindest in derselben Größenordnung liegen.

3.1.4 Zusammenfassung

Für den Fall einer Novellierung der TA Siedlungsabfall für eine umweltverträgliche Ablagerung von MBA-Rückständen sind für ähnliche abwasser- und abluftseitige Emissionsfrachten folgende Anforderungen erforderlich:

- Alle Zuordnungswerte des Anhangs B der TA Siedlungsabfall, ausgenommen Nr. 2 (Organischer Anteil des Trockenrückstandes der Originalsubstanz bestimmt als Glühverlust oder TOC) und Nr. 4.03 (TOC im Eluat) sind einzuhalten,
- Die Atmungsaktivität (AT_4), bestimmt über 4 Tage nach der BMBF-Verbundmethode, liegt unter 5 mg O₂/g TS (toxische Hemmung der Atmungsaktivität wird durch Aufstockung - übliche Störungsbehebung - ausgeschlossen),
- Die anaerobe Gasbildungsrate beträgt nicht mehr als 20 l/kg Abfall ($GB_{21} \leq 20$ l/kg), als Kontrollwert,
- Der TOC im Eluat unterschreitet 200 mg/l,
- Abtrennung der heizwertreichen Fraktionen
- Der Glühverlust (GV) beträgt unter 30 Masse-% bzw. der TOC unter 18 Masse-% in der Trockensubstanz (wobei 30 % GV zu 18 % TOC dem Verhältnis von 5 % GV zu 3 % TOC für Deponien der Klasse II entspricht),,
- Die Korngröße der Deponiefraktion unterschreitet 40 mm (Siebschnitt),
- Beim Einbau der Abfälle in die Deponie wird ein K_f -Wert $\leq 10^{-8}$ m/s durch hochverdichteten Dünnschichteinbau des MBA-Outputs erreicht (Einbaudichte > 95 % Proctordichte).

Diese Anforderungen sind nur für die Ablagerbarkeit von MBA-Rückständen geeignet. Die Zuordnung aller anderen Abfälle zur Deponie bleibt unverändert. Eine Ablagerung von MBA-Rückständen nach diesen Anforderungen sollte ohne Vermischung mit anderen Abfällen auf Deponien der Klasse II oder auf Altdeponien, die den technischen Anforderungen der Klasse II genügen, erfolgen.

3.2 Erforderliche Änderungen der Anforderungen der TA Siedlungsabfall an die Deponieabdichtungssysteme und den Deponiebetrieb

3.2.1 Deponiestandort, Untergrund und geologische Barriere

An den Deponiestandort, den Untergrund und die geologische Barriere sollten bei Deponien zur Ablagerung von mechanisch-biologisch behandelten Abfällen die Anforderungen für die Deponieklasse II gestellt werden. Weitergehende oder von der TA Siedlungsabfall abweichende Anforderungen werden für erforderlich gehalten. Auf Deponien ohne Basisabdichtung und Sickerwasserfassung sollte keine Ablagerung von MBA-Rückständen (und auch nicht von anderen Abfällen) erfolgen, da die sonst in den Untergrund eindringenden Sickerwässer auf Dauer das Schadstoffrückhaltevermögen der geologischen Barriere erschöpfen würden. Solche Deponien/Deponieabschnitte sollten schnellstens geschlossen werden. Die TA Siedlungsabfall sieht dies bisher nicht vor.

3.2.2 Basisabdichtung

Bei der Ablagerung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen ergeben sich keine von der aktuellen Fassung der TA Siedlungsabfall abweichenden Anforderungen an die Basisabdichtung. Da die Ablagerung dieser Abfälle im Langzeitverhalten eher mit größeren Unsicherheiten verbunden ist als die Ablagerung mineralischer Abfälle, die alle Zuordnungswerte des Anhangs B einhalten, dürfen keine Abstriche bei der Kombinationsdichtung an der Basis hingenommen werden. Höhere Anforderungen an einzelne Bestandteile oder das gesamte Dichtungssystem erhöhen die Langzeitsicherheit allerdings auch nicht, so daß hier keine zusätzliche Anforderungen gestellt werden brauchen.

Da nur mit geringem Sickerwasseranfall zu rechnen ist, wird auch die in der TA Siedlungsabfall geforderte Mächtigkeit für die Dränageschicht als ausreichend angesehen. Sollte im Zuge der Umsetzung der EU-Deponierichtlinie eine Erhöhung der Mächtigkeit auf 50 cm erforderlich werden, so muß diese Änderung dann allerdings auch für MBA-Rückstandsdeponien gelten.

3.2.3 Oberflächenabdichtung und Gasfassung

Bei der Ablagerung von mechanisch-biologisch behandelten Abfällen wird nur noch eine geringe Gasentwicklung erwartet. Planungen gehen daher davon aus, daß eine aktive Entgasung nicht mehr erforderlich oder möglich ist, ein passives Entgasungsverfahren jedoch erforderlich bleibt, damit die Restemissionen aus dem Deponiekörper entweichen können. Es ist daher z.B. im Gleichwertigkeitsnachweis für die Deponie Lübben-Ratsvorwerk eine gasdurchlässige Oberflächenabdichtung mit Oxidationsschicht zur Minderung der Methanemissionen vorgesehen. Jedoch muß diese wie bisher wasserundurchlässig gestaltet werden, z.B. durch dachschindelartige Verlegung der Kunststoffdichtungsbahnen.

Ob ein solches oder auch modifiziertes Konzept der Oberflächenabdichtung zur Emissionsminderung als gleich gut wie eine Oberflächenabdichtung nach TA Siedlungsabfall mit aktiver Gasfassung eingestuft werden kann, ist derzeit noch

relativ ungewiß und bedarf der weiteren Untersuchung unter realen Deponiebedingungen. Zur Fragestellung der biologischen Methanoxidation sind F/E-Vorhaben in Vorbereitung.

Ein akuter Handlungsbedarf für die Überprüfung der Anforderungen an die Deponieoberflächenabdichtung besteht jedoch nicht, da bis zum Aufbringen von endgültigen Oberflächenabdichtungen auf MBA- Rückstandsdeponien noch längere Zeit vergehen wird. Die TA Siedlungsabfall läßt gleichwertige Alternativen zu den dort beschriebenen Abdichtungssystemen zu, so daß die zuständigen Behörden einen ausreichenden Ermessensspielraum besitzen, um alternative Systeme im Einzelfall genehmigen zu können. Eine Überarbeitung der TA Siedlungsabfall wäre hierfür- auch längerfristig - im Zusammenhang mit der Ablagerung von MBA-Rückständen auf der Deponie nicht zwingend erforderlich.

MBA- Rückstandsdeponien sind mit Altdeponien, die noch eine geringe Restgasbildung aufweisen, vergleichbar. Ob, wann und über welchen Zeitraum bei der Ablagerung von MBA-Rückständen Einrichtungen zur Deponieentgasung erforderlich sind, kann noch nicht sicher beantwortet werden. Die Anforderung in 10.6.5.2 der TA Siedlungsabfall:

„Sofern im Rahmen der Kontrollen nach Nummer 10.6.6.1 signifikante Gaskonzentrationen gemessen werden oder aufgrund von Ausnahmen von der Zuordnung nach Nummer 12.1 mit der Entstehung von Deponiegas zu rechnen ist, sind geeignete Einrichtungen zur Fassung und Verwertung des anfallenden Gases einzusetzen.“

legt die Entscheidung in den Beurteilungsspielraum der zuständigen Behörden, da die Formulierung „signifikante Gaskonzentrationen“ in der TA Siedlungsabfall nicht näher bestimmt wird. Ein solcher Deponiebetrieb, eine geringfügige Deponiegasbildung vorausgesetzt, würde nicht gegen die Anforderungen der aktuellen TA Siedlungsabfall verstoßen.

3.2.4 Anforderungen an den Deponiebetrieb

Aufgrund der Struktur und der mechanischen Eigenschaften von mechanisch-biologisch behandelten Restabfällen werden im Deponiebetrieb Änderungen gegenüber der klassischen Hausmülldeponie und der Ablagerung von Abfällen nach TA Siedlungsabfall erforderlich, wenn ein umweltverträgliches Deponieverhalten erreicht werden soll. Ein entsprechender Deponiebetrieb würde nicht gegen die Vorgaben der TA Siedlungsabfall verstoßen. Das alleinige Einhalten der TASI-Anforderungen an den Deponiebetrieb bewirkt jedoch nicht das prognostizierte Umweltverhalten der MBA-Rückstände. Deshalb müssen folgende Anforderungen für den Einbaubetrieb der MBA-Rückstände zusätzlich berücksichtigt werden:

- Sicherstellung eines Wertes von $K_f \leq 10^{-8}$ m/s für den Abfallkörper durch hochverdichteten Dünnschichteinbau des MBA-Rückstandes (Einbaudichte > 95% Proctordichte).
- Reduzierung der Einbaufläche auf das im Einbaubetrieb geringst mögliche Maß (möglichst ≤ 5 % der gesamten Ablagerungsfläche).
- Arbeitstägige Profilierung des Einbaubereiches mit geeignetem Gefälle (≥ 5 % und ≤ 10 %) und Glättung der Oberfläche zur gezielten Ableitung

des Oberflächenwassers.

- Einbaubetrieb nur bei trockenem Wetter (dies macht eine Zwischenlagermöglichkeit unter Dach erforderlich).
- Abdeckung nicht beschickter Flächen. Im Gleichwertigkeitsnachweis (Lübben-Ratsvorwerk) wird eine spezielle Entwässerungs- und Gasverteilschicht mit darüber liegender Rekultivierungsschicht vorgeschlagen, die auch als Methanoxidationsschicht fungieren soll.

3.2.5 Zusammenfassung

Spezielle Anforderungen an die **Errichtung von Deponien** und eine damit verbundene gegebenenfalls erforderliche Änderung der TA Siedlungsabfall sind nicht erforderlich.

Für den **Deponiebetrieb** sind zur Sicherstellung

- einer ausreichend niedrigen Restgasemission,
- einer niedrigen Sickerwasserfracht und
- einer geringen Setzung des Deponiekörpers

zusätzlich spezielle Anforderungen erforderlich:

- Dünnschichteinbau der MBA-Rückstände,
- Arbeitstägige Profilierung des Einbaubereiches,
- Einbau nur bei trockenem Wetter (d.h. Zwischenlagermöglichkeit unter Dach für Regentage),
- Abdeckung nicht beschickter Deponieflächen,
- Verdichtung des MBA-Rückstands auf $k_f \leq 10^{-8}$ m/s beim Einbau in die Deponie.

Die Anforderungen können in der TA Siedlungsabfall unter 10.6 „Betrieb“ als „Zusätzliche Anforderungen an die Ablagerung von MBA Rückständen“ ergänzt werden.

3.3 Bewertung des Gleichwertigkeitsnachweises für die Deponie Lübben-Ratsvorwerk (L-R)

Der Kommunale Abfallentsorgungsverband Niederlausitz (KAEV) plant die Errichtung einer MBA am Deponiestandort Lübben-Ratsvorwerk. Es ist abzusehen, daß die Behandlungsrückstände der Anlage die Zuordnungswerte Nr. 2 (organischer Anteil des Trockenrückstandes der Originalsubstanz, bestimmt als Glühverlust oder TOC) und Nr. 4.3 (TOC im Eluat) des Anhangs B der TA Siedlungsabfall nicht einhalten werden. Die Ablagerung der Behandlungsrückstände über die Übergangsfristen der TA Siedlungsabfall (maximal bis 01.06.2005) hinaus wurde nach Ziffer 2.4 der TA Siedlungsabfall beantragt und von der zuständigen Behörde genehmigt. Zum Nachweis, daß von der Ablagerung der Behandlungsrückstände aus der MBA keine größeren Beeinträchtigungen der Umwelt ausgehen als von der Ablagerung von Abfällen, die alle Zuordnungswerte einhalten, wurde die Ingenieurgesellschaft Witzenhausen mit der gutachterlichen Erstellung des Gleichwertigkeitsnachweis [im

folgenden „Gleichwertigkeitsnachweis (L-R)“ genannt] beauftragt.

3.3.1 Methodischer Ansatz im Gleichwertigkeitsnachweises (L-R)

Im Gleichwertigkeitsnachweis (L-R) wird vorausgesetzt, daß nach Nr. 2.4 der TA Siedlungsabfall Ausnahmen - auch von den Zuordnungskriterien des Anhangs B - zulässig sind, wenn nachgewiesen wird, daß durch geeignete andere Maßnahmen das Wohl der Allgemeinheit - gemessen an den Anforderungen der TA Siedlungsabfall einschließlich der Zuordnungskriterien des Anhangs B - nicht beeinträchtigt wird. Diese Anforderung wird für die Ablagerung von Behandlungsrückständen aus der MBA als erfüllt angesehen, wenn die in Ziffer 10.1 der TA Siedlungsabfall formulierten Ziele

- praktisch keine Deponiegasbildung,
- sehr geringe organische Sickerwasserbelastung und
- nur geringe Setzungen des Deponiekörpers

erfüllt werden. Da die TA Siedlungsabfall keine konkreten Werte für die Erfüllung dieser Ziele vorgibt, wurden die bei Einhaltung aller Zuordnungswerte theoretisch möglichen Restemissionen und Setzungen berechnet und mit dem erwarteten Deponieverhalten der Behandlungsrückstände aus der MBA verglichen. Dies erschien aus Sicht der Genehmigungsbehörde zulässig.

3.3.2 Deponiegasemissionen

Die Ermittlung der zulässigen Deponiegasbildung erfolgte nach folgendem Ansatz:

Nach TA Siedlungsabfall sind für die Deponieklasse II maximal 5 Masse-% Glühverlust oder 3 Masse-% TOC als Restorganikgehalte zulässig. Diese organischen Bestandteile können daher maximal 30 g abbaubaren Kohlenstoff pro kg Abfall enthalten. Nach Lysimeterversuchen mit gerotteten Abfällen erfolgen etwa 95 % des Kohlenstoffaustrages über das Deponiegas und etwa 5 % über das Deponie-sickerwasser. Dann können theoretisch 28,5 g Kohlenstoff (C) pro kg Abfall zur Deponiegasbildung beitragen. Aufgrund der stöchiometrischen Zusammenhänge* können dann aus einem Kilogramm Abfall maximal **53 l** Deponiegas entstehen.

Ablagerungsversuche in Lysimetern mit mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen - die entsprechend der Zielsetzung in Lübben-Ratsvorwerk einen AT₄-Zuordnungswert von kleiner 5 mg/g Trockensubstanz (TS) einhalten - ergaben ein Gasbildungspotential von maximal **10 bis 45 l/kg TS (Mittelwert 30 l/kg)**. Unter den Rahmenbedingungen der Deponie Lübben-Ratsvorwerk entspricht dies einer oberflächenbezogenen Gasrate von maximal 0,5 NI/m² pro Stunde.

Der Gleichwertigkeitsnachweis (L-R) kommt zu dem Ergebnis, daß hinsichtlich des Deponiegases, bezogen auf die Anforderungen der TA Siedlungsabfall, bereits ohne zusätzliche deponietechnische Maßnahmen für die MBA-Rückstände Gleichwertigkeit

* 28,5 g C = 2,4 Mol, ein Atom C ergibt entweder ein Molekül CH₄ oder CO₂, 1 Mol Gas entspricht unter Normalbedingungen einem Volumen von 22,4 l

besteht.

Die Autoren des Gleichwertigkeitsnachweises (L-R) halten aufgrund der geringen Gasbildung ein aktives Entgasungssystem nicht für erforderlich. Zur Behandlung der Restgasemissionen ist daher anstatt eines gasdichten Oberflächenabdichtungssystems mit aktiver Gasfassung nach TA Siedlungsabfall die Aufbringung einer Methanoxidationsschicht als Flächenfilter vorgesehen.

In Untersuchungen, bei denen das Methanoxidationspotential geeigneter Substrate für die Rekultivierungsschicht bestimmt wurde, sind Methanoxidationsraten zwischen 4,5 bis 70 l CH₄/m² pro Stunde ermittelt worden (Häufigkeitsschwerpunkt zwischen 12 bis 30 l CH₄/m² h). Obwohl die Literaturwerte für die Methanoxidation deutlich über der prognostizierten Gasbildungsraten liegen, wird im Gleichwertigkeitsnachweis (L-R) nur ein Wirkungsgrad von 75 % für die Gasoxidation angesetzt. Abhängig von den zu erwartenden jahreszeitlichen Schwankungen der Abbauraten nach Aufbringung der Methanoxidationsschicht wird von einer maximalen Methanemission von 38 m³ Methan pro Stunde aus dem Altdeponiekörper (unbehandelte Abfälle) und maximal 4,3 m³/h aus dem mit mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen befüllten Deponieabschnitt II ausgegangen. Die maximale flächenbezogene Methanemissionen auf dem Deponieabschnitt II beträgt dann nach Durchtreten der Methanoxidationsschicht weniger als 0,1 l pro m² und Stunde.

Die Autoren des Gleichwertigkeitsnachweises (L-R) betrachten die Anforderung „praktisch kein Deponiegas“ als erfüllt.

3.3.3 Organische Sickerwasserbelastung

Nach den Ergebnissen von Forschungsvorhaben werden von mechanisch-biologisch behandelten Abfällen alle Eluatforderungen bis auf den Parameter Eluat-TOC sicher eingehalten. Eine Betrachtung im Rahmen des Gleichwertigkeitsnachweises (L-R) erfolgte daher nur für diesen Parameter, für den abweichend vom Anhang B, TA Siedlungsabfall (100 mg/l für Deponieklasse II) ein Grenzwert von 250 mg/l beantragt wurde.

Bei dieser Interpretation der Gleichwertigkeit wurde davon ausgegangen, daß allein die ausgetragene summarische Schadstofffracht und nicht die Konzentration im Sickerwasser für Umweltbeeinträchtigungen verantwortlich ist. Bei der Ableitung der nach TA Siedlungsabfall zulässigen TOC-Fracht wurde von einer mittleren Sickerwassermenge von 20 % des Niederschlages ausgegangen, wenn nach den Anforderungen der Ziffer 10.6.4.2 entsprechend im Deponiebetrieb Maßnahmen zur Sickerwasserminderung getroffen werden. Bei einer jährlichen Niederschlagsmenge von 563 mm am Deponiestandort Lübben-Ratsvorwerk resultiert hiernach eine Deponiesickerwassermenge von 113 l pro m² und Jahr. Die nach **TA Siedlungsabfall** zulässige jährliche Fracht beträgt bei einer Konzentration vom **100 mg/l** nach diesem Ansatz **11,3 g/m²a**.

Um eine Gleichwertigkeit zu den Anforderungen der TA Siedlungsabfall zu erreichen, wird im erstellten Gleichwertigkeitsnachweis (L-R) davon ausgegangen, daß bei der Ablagerung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen mit einem Eluat-TOC von 250 mg/l diese Fracht von 11,3 g/m²a unterschritten werden muß. Die Sickerwassermenge der MBA-Rückstandsdeponie muß daher durch Abfalleigen-

schaften und zusätzliche Maßnahmen im Deponiebetrieb mindestens um den Faktor 2,5 verringert werden.

Nach den Ergebnissen von Forschungsvorhaben kann bei einem hochverdichteten Einbau der MBA-Rückstände eine hydraulische Leitfähigkeit von $k_f < 10^{-8}$ m/s erreicht werden.

Zur Minderung der Sickerwassermenge werden auf der Deponie Lübben-Ratsvorwerk folgende zusätzliche Maßnahmen vorgesehen, die über die TASI-Anforderungen hinausgehen:

- Einbaubereiche werden klein gehalten (<5% der gesamten Einbaufläche),
- arbeitstägige Profilierung (>5% Gefälle) und Planierung (Glattmantelwalze) der Einbaufläche zur schnellen oberflächigen Ableitung des Niederschlagwassers,
- Qualitätsmanagement zur Überprüfung des hochverdichteten Einbaus ($k_f < 10^{-8}$ m/s),
- Abfalleinbau nur bei trockenem Wetter und
- (bei Bedarf) Vergütung des Deponiegutes durch Zuschlagstoffe.

Aufgrund der Abfalleigenschaften und der deponietechnischen Maßnahmen wird im Gleichwertigkeitsnachweis (L-R) eine Sickerwasserbildungsrate < 2 % des Niederschlages prognostiziert. Die maximale Sickerwasseremission auf der Deponie Lübben-Ratsvorwerk wird damit für mechanisch-biologisch behandelte Abfälle bei einem zulässigen Eluat-TOC von 250 mg/l mit **< 2,8 g TOC /m²a** geschätzt.

Die unter standardisierten Laborbedingungen bestimmten Werte für den Eluat-TOC stimmen nicht zwangsläufig mit den realen Sickerwasserkonzentrationen überein. Im Gleichwertigkeitsnachweis (L-R) wurden zur Berechnung der Emissionsfrachten die jeweiligen Grenzwerte für das Eluat (100 mg/l bzw. 250 mg/l) eingesetzt. Die Autoren gehen davon aus, daß das Verhältnis zwischen Eluat-TOC und Sickerwasserbelastung für beide Varianten gleich ist. Unter dieser Annahme wäre der mögliche Fehler für beide betrachteten Varianten ungefähr in derselben Größenordnung. Daraus wird geschlossen, daß die ermittelten Zahlenwerte nicht unbedingt die realen Emissionen wiedergeben, das Verhältnis beider Werte zueinander aber annähernd korrekt ist.

Bei der Ablagerung mechanisch-biologisch vorbehandelter Abfälle mit einem Eluat-TOC von ≤ 250 mg/l halten die Autoren des erstellten Gleichwertigkeitsnachweises (L-R) durch diese spezifischen Eigenschaften der vorbehandelten Abfälle und der vorgesehenen deponietechnischen Maßnahmen das Schutzziel der TA Siedlungsabfall „geringe organische Sickerwasserbelastung“ für erfüllt und damit eine Gleichwertigkeit mit den entsprechenden Anforderungen der TA Siedlungsabfall für gegeben.

3.3.4 Setzungen

Bei der Ablagerung von Abfällen, die alle Zuordnungskriterien der **TA Siedlungsabfall** einhalten, wird im Gleichwertigkeitsnachweis (L-R) davon ausgegangen, daß der nach Anhang B zulässige Gehalt an organischer Substanz (Glühverlust) unter Deponiebedingungen vollständig abbaubar ist und sich daraus eine Setzung von

maximal 5 % ergeben kann.

Für mechanisch-biologisch behandelte Abfälle wird eine Gasproduktionsrate von 10 - 45 m³/Mg TS angesetzt. Durch stöchiometrische Berechnungen wird daraus ein Anteil von 10 bis 45 kg abbaubarer organischer Substanz pro Tonne Abfall (Trockensubstanz) ermittelt. Die Autoren des Gleichwertigkeitsnachweises (L-R) erwarten daher über die biologische Umwandlung von **MBA-Rückstände** Setzungen von maximal 4,0 %. Mit dem Gleichwertigkeitsnachweis (L-R) wird daher auch die Anforderung der TA Siedlungsabfall „nur geringe Setzungen“ als erfüllt angesehen. Außerdem ist der Deponiekörper als homogen anzusehen und die Setzungen damit als gleichmäßig. Die Oberflächenabdichtung ist durch gleichmäßige und geringe Setzungen nicht gefährdet; die Zielstellung der TA Siedlungsabfall „geringfügige Setzungen“ sei somit hinreichend erfüllt.

In nachfolgender Tabelle werden die Ergebnisse des Gleichwertigkeitsnachweises (L-R) für die Emissionspfade Deponiegas und Sickerwasser sowie die prognostizierten Setzungen des Deponiekörpers zusammengefaßt.

Die für TA Siedlungsabfall-Deponien der Klasse II möglichen Emissionen wurden rechnerisch für die volle Ausschöpfung der Zuordnungswerte des Anhangs B ermittelt. Der Prognose für das Deponieverhalten der MBA-Rückstände liegen Ergebnisse aus Ablagerungsversuchen im Lysimetermaßstab und Laborversuche zugrunde.

Tab. 3.3.4: Ergebnisse des Gleichwertigkeitsnachweises für die Deponie Lübben-Ratsvorwerk

	TA Siedlungsabfall (theoretisch max. möglich)	MBA Rückstände (Prognose)
Gasbildungspotential	53 m ³ /t	10 - 45 m ³ /t ^(A) bzw. <5 m ³ /t ^(B)
organische Fracht im Sickerwasser	11,3 $\frac{\text{g TOC}}{\text{m}^3 \text{ Jahr}}$	2,8 $\frac{\text{g TOC}}{\text{m}^3 \text{ Jahr}}$
Setzungen	max. 5 %	max. 4 %

(A) ohne Berücksichtigung der Emissionsminderung durch die Methanoxidation in Oberflächenschichten

(B) mit Berücksichtigung der Emissionsminderung durch die Methanoxidation in Oberflächenschichten

3.3.5 Zusammenfassung und Bewertung

Ein wissenschaftlicher Gleichwertigkeitsnachweis, der alle möglichen Schädwirkungen auf ein Ökosystem berücksichtigt, ist wegen der prinzipiellen, unter Punkt 2 beschriebenen, Ungleichheit nicht zu führen. Der Gleichwertigkeitsnachweis (L-R) beruht in wesentlichen Teilen auf theoretischen Überlegungen und Abschätzungen der maximal möglichen Emissionen bei der Ablagerung von Abfällen nach TA Siedlungsabfall (unabhängig von Durchführung und Art einer Vorbehandlung), wobei diese aus den maximal zulässigen Zuordnungswerten des Anhangs B abgeleitet werden. Die Prognose der Emissionen aus der Ablagerung von MBA-Rückständen beruht auf Ergebnissen aus Untersuchungen im Labor- oder Lysimetermaßstab.

Der erstellte Gleichwertigkeitsnachweis (L-R) ist vom Ansatz her in folgenden Punkten zu kritisieren:

- Nach Nr. 9.1 der TA Siedlungsabfall sollen Abfälle durch die Vorbehandlung in Menge und Volumen weitgehend reduziert werden. Diese Anforderung, die dem Umweltziel „geringer Flächenbedarf für die Ablagerung von Abfällen“ dient, wurde nicht betrachtet. Das Restvolumen der Behandlungsrückstände der Abfallschlacken aus der MVA ist geringer als das resultierende Abfallrestvolumen aus der MBA. Außerdem werden die MVA-Schlacken zu 40-60 % im Straßenbau verwendet und gelangen in dieser Größenordnung nicht auf die Deponie*. Nach Berücksichtigung der Faktoren Masseabbau, Rückstandsichte und Verwertbarkeit wird für die Behandlungsrückstände aus der MBA ein Deponievolumen von etwa 0,25 m³ und aus der MVA von etwa 0,05 m³ pro Tonne behandelter Abfälle benötigt [Siehe Tabelle 3.3.5(1)].
- Bei der Prognose der Emissionen aus Deponien wird angesetzt, daß alle abgelagerten Abfälle die Zuordnungswerte des Anhangs B voll ausschöpfen, was erfahrungsgemäß nach einer thermischen Vorbehandlung nicht der Fall ist. Außerdem wird nicht berücksichtigt, daß die TA Siedlungsabfall - unabhängig von der Vorbehandlungsart der Abfälle Maßnahmen zur Minderung der Methanemissionen fordert, wenn relevante Gasmengen im Deponiekörper gebildet werden.
- Bei der Prognose der Setzungen wird als einzige Ursache die Volumenreduzierung durch den biologischen Abbau berücksichtigt, mögliche mechanische Verformungen unter Auflast werden für beide Varianten nicht betrachtet.

Tab. 3.3.5(1): Erforderliches Deponievolumen für die Ablagerung der Behandlungsrückstände aus MBA und MVA

	MBA	MVA
Behandlungsrückstand pro Tonne behandelter Abfall:	~ 0,400 t	Schlacke: ~ 0,25 t Rauchgasreinigungsrückstände: ~ 0,05 t
Dichte:	~ 1,6 t/m ³	~ 2,0 t/m ³
Rückstandsvolumen pro Tonne behandelter Abfall:	~ 0,25 m ³	Schlacke: ~ 0,13 m ³ Rauchgasreinigungsrückstände: ~ 0,03 m ³
Verwertung:	keine	Schlacke: 60-80 % Rauchgasreinigungsrückstände: keine
Deponievolumen pro Tonne behandelter Abfall	~ 0,25 m ³	Schlacke: 0,03-0,05m ³ Rauchgasreinigungsrückstände (Untertagedeponie): ~ 0,03 m ³

Derzeit existieren keine Deponien, auf denen ausschließlich Abfälle abgelagert wurden, die alle Zuordnungswerte des Anhangs B der TA Siedlungsabfall einhalten. Meist wurden - und werden auch noch heute - unvorbehandelte Siedlungsabfälle,

* Weitere 20-30 % werden als Deponiebaustoffe verwertet.

mineralische Abfälle und Schlacken aus der MVA gemeinsam abgelagert. Auf den wenigen Deponien für mineralische Abfälle und MVA-Schlacken wurden in der Vergangenheit Schlacken und Abgasreinigungsrückstände gemeinsam abgelagert, so daß dieses Deponieverhalten nicht das von TA Siedlungsabfall-Deponien abbildet. Auch für die Ablagerung von MBA-Rückständen fehlt es an praktischer Erfahrung. Erfahrungen liegen nur aus sehr einfachen Behandlungsverfahren - sogenannten Rottedeponien - vor. Die hier abgelagerten Abfälle erfüllen bei weitem nicht das Anforderungsniveau, das im Gleichwertigkeitsnachweis (L-R) vorausgesetzt wird. Prognosen zum Ablagerungsverhalten von Rückständen aus modernen Verfahren zur stoffstromspezifischen Behandlung beruhen auf Versuchen im Labor- und Lysimetermaßstab. Bei den Demonstrationsanlagen des Landes Niedersachsen (Lüneburg, Bassum, Wiefels) wird in Kürze mit der Ablagerung von Behandlungsrückständen aus hochentwickelten MBA'n auf gesonderten Deponieabschnitten begonnen, so daß dann praktische Erkenntnisse gewonnen werden können.

Zu ergänzen ist, daß MBA-Behandlungsrückstände mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht auf neuerrichteten Deponien abgelagert werden. Aufgrund der in Deutschland ausreichenden Deponiekapazitäten (deren Refinanzierung heute schon Probleme bereitet), wird die Ablagerung entweder auf neuen, der Deponieklasse II entsprechend ausgestatteten Deponieabschnitten alter Deponien oder auf älteren Deponieabschnitten - auf denen bisher unbehandelte Abfälle abgelagert wurden - erfolgen, sofern deren technische Ausstattung den Anforderungen an Deponieklasse II entspricht.

Dies wird zur Folge haben, daß die Emissionen dieser Deponien „Mischemissionen“ aus alten unbehandelten und neuen vorbehandelten Abfallablagerungen sein werden, wobei der Anteil letzterer an den Gesamtemissionen geringfügig sein wird.

Die kaum nachweisbaren Unterschiede der Emissionen aus mechanisch-biologisch oder thermisch vorbehandelten Ablagerungsanteilen werden damit im „Rauschen“ der Gesamtemissionen unter diesen (aus ökonomischen Gründen) bestehenden Bedingungen untergehen. Vor diesem Hintergrund wären eventuell nachweisbare Emissionsunterschiede infolge verschiedener Abfallvorbehandlungsarten vernachlässigbar.

Prognosen zum Deponieverhalten unter realen Ablagerungsbedingungen, die auf theoretischen Überlegungen oder Labor- und Lysimeterversuchen beruhen, sind für die beiden Ablagerungsvarianten mit größeren Unsicherheiten verbunden. Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundvorhaben² lassen für MBA-Rückstands- und Schlackedeponien einen ähnlichen Nachsorgeaufwand erwarten. So wurde z.B. für die Sickerwässer festgestellt, daß sie nach beiden Behandlungswegen (MBA oder MVA) behandlungsbedürftig sind, und der erforderliche Behandlungszeitraum die gleiche Größenordnung aufweist.

Trotz aller Unsicherheiten verdeutlicht der erstellte Gleichwertigkeitsnachweis (L-R), daß MBA-Rückstände dem erwarteten umweltverträglichen Deponieverhalten von Abfällen, die alle Zuordnungskriterien des Anhangs B einhalten, unter den genannten Bedingungen nahe kommen können.

² BMBF Verbundvorhaben Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen,, Teilvorhaben 3 / 4 „Anforderungen an und Bewertung von biologischen Vorbehandlungen für die Ablagerung“; Prof. Dr.-Ing. Ehrig, Gesamthochschule Wuppertal

Trotzdem soll darauf hingewiesen werden, daß die Rückstände anderer üblicher Vorbehandlungsverfahren (thermische Vorbehandlung in MVA) die Zuordnungswerte der TA Siedlungsabfall nicht nur einhalten, sondern vielfach erheblich unterschreiten. Die Schlacken neuer MVA'n lassen ein noch deutlicheres Unterschreiten der Zuordnungswerte erwarten, verbunden mit noch geringeren Emissionen aus der Ablagerung der Rückstände.

Tab. 3.3.5(2): Vergleich der Eigenschaften und möglichen Emissionen von MVA-Schlacken und MBA-Rückständen mit den Zuordnungskriterien der TA Siedlungsabfall

Parameter	TA Si-Deponie Klasse II	stoffstrom-spezifische MBA ^(A)	einfache MBA ^(B)	MVA-Schlacke ^(C)
Glühverlust	5 %	30 %	40 - 60 %	1,3 - 5,2 %
TOC (Feststoff)	3 %	18 %	30 - 42%	0,4 -1,7 % ^D
Eluat TOC	100 mg/l	250 mg/l ^(A)	100 mg/l ^(B)	10 - 25 mg/l ^(C)
AT ₄	-	5 mg O ₂ /g ^(A)	5 mg O ₂ /g ^(B)	0,5 mg O ₂ /g ^(C)
GB ₂₁	-	10 - 20 ml/g ^(A)	10 - 20 ml/g ^(B)	überwiegend H ₂ , keine Mengenangaben
Gasbildungspotential	max. 53 m ³ /t ^(E)	15 - 45 m ³ /t ^(F)	15 - 45 m ³ /t ^(F)	3 - 12m ³ /t ^(G)

(A) Behandlungsdauer ca. 10 Wochen

(B) Behandlungsdauer ca. 1 Jahr

(C) BMBF-Verbundvorhaben Deponiekörper, Teilvorhaben 1 „Langfristiges Deponieverhalten von Müllverbrennungsschlacken“

(D) davon max. 40 % biologisch abbaubar

(E) Stöchiometrisch berechnet aus dem Kohlenstoffgehalt

(F) Ergebnisse aus Labor- und Lysimeterversuchen

(G) Stöchiometrisch berechnet aus dem biologisch verfügbaren Kohlenstoffgehalt

Im Vergleich der Behandlungsrückstände aus MBA und MVA (Rostfeuerungsanlagen) ist bei den Schlacken aus der MVA ein besseres Deponieverhalten, mit geringeren Gesamtemissionsfrachten und Unsicherheiten im Langzeitverhalten zu erwarten.

Die TA Siedlungsabfall fordert die thermische Behandlung nicht ausdrücklich, sondern läßt alle Vorbehandlungsverfahren zu, mit denen die Zuordnungskriterien des Anhangs B eingehalten werden. Die Forderung von Eigenschaften für abzulagernde Abfälle, die nur durch thermische Verfahren erreichbar sind, würde eine deutliche Verschärfung der TA Siedlungsabfall darstellen, da dann auch einige kontaminierte mineralische Abfälle, die nach Anforderungsniveau der TA Siedlungsabfall ohne Vorbehandlung abgelagert werden dürfen, einer Vorbehandlung bedürften.

Individuelle Gleichwertigkeitsnachweise im Ermessen der jeweils zuständigen

Genehmigungsbehörde bergen die Gefahr in sich, daß das Anforderungsniveau der TA Siedlungsabfall unterschritten wird und regionale Standards miteinander konkurrieren. Um ein Aushöhlen von Standards bei der Abfallentsorgung auszuschließen, sind zwei unterschiedliche Vorgehensweisen möglich:

1. Eine **Verschärfung** der TA Siedlungsabfall mit dem **Ziel, Ausnahmen** für die Ablagerung von MBA-Rückständen auf der Basis des Gleichwertigkeitsnachweises (L-R) **auszuschließen**. In diesem Fall wären nur MBA-Varianten als Vorbehandlung vor der thermische Behandlung zulässig.
2. Es werden **zusätzliche Anforderungen** an die **MBA**, den **Deponiebetrieb** sowie an die **MBA-Rückstände** über die betroffenen rechtlichen Regelungen gestellt, damit die gesamten Emissionsfrachten zwischen MBA- und MVA-Varianten angenähert werden können (TA Siedlungsabfall, 4. und 17. BImSchV für MBA, Anhang 47 und 51 der AbwV zu §7a WHG)* .

3.4 Anforderungen an Luftreinhaltung, Gewässerschutz und Arbeits- sowie Gesundheitsschutz

Hinreichende immissionsschutzrechtliche Regelungen an die Abluft aus MBA'n bestehen zur Zeit nicht. Aufgrund der Untersuchungen zur Schadstoffbelastung der Abluft aus MBA'n ist eine geschlossene Betriebsführung mit Abluffassung und Behandlung der Abluft unbedingt erforderlich. Einschlägige Anforderungen an das Behandlungsverfahren nach dem Stand der Technik zur Abluftreinigung und entsprechende Grenzwerte sind im Bundes-Immissionsschutzgesetz oder in den entsprechenden untergesetzlichen Regelwerken für MBA'n bisher nicht festgelegt. Gegenwärtig werden nur die allgemeinen Anforderungen des Bundesimmissionsschutzgesetzes und der TA-Luft angewandt. Bei einigen bestehenden MBA'n sind nach vorliegendem Kenntnisstand nur die Geruchs- und Staubemissionen über den Genehmigungsbescheid limitiert. Diese Anforderungen werden von den Abluftreinigungsanlagen der bestehenden MBA'n mit höherem verfahrenstechnischen Aufwand problemlos eingehalten. Um weitergehende Schritte zur Abluftreinigung sicherzustellen, ist eine spezielle immissionsschutzrechtliche Regelung erforderlich. Die Anforderungen an die Abluft aus Abfallvorbehandlungsanlagen müssen sich an gemeinsamen Bezugsmaßstäben orientieren.

3.4.1 Vorschläge für Grenzwerte und Anforderungen an die Ablufferfassung und -reinigung

3.4.1.1 Entwurf für eine Verordnung über anzeigebedürftige Anlagen

In einem Roh-Entwurf für eine „Verordnung über anzeigebedürftige Anlagen und zur Änderung der Vierten und Ersten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über anzeigebedürftige Anlagen)“ waren unter

* Siehe Literaturverzeichnis, Punkt 7.8

Nr. 8.6 für Anlagen zur biologischen Behandlung von nicht besonders überwachtungsbedürftigen Abfällen mit einem Durchsatz von weniger als 10 Tonnen Abfall pro Tag folgende Anforderungen vorgesehen:

- Begrenzung der Staubemissionen auf 20 mg/m³ (bei einem Massenstrom > 0,5 kg/h).
- Begrenzung der Emissionen an Gesamtkohlenstoff (TOC) auf 20 mg/m³ (bei einem Massenstrom > 0,1 kg/h),
- Geschlossene Bauweise und Abluffassung im Anlieferungs-, Vorbehandlungs- und Vorrottbereich.
- Anfallende Sickerwässer und Brüden dürfen nur in der geschlossenen Vorrotte zur Befeuchtung eingesetzt werden.
- In der offenen Nachrotte müssen durch geeignete Maßnahmen anaerobe Verhältnisse vermieden werden.
- Das gefaßte Rohgas aus der mechanischen Behandlungsstufe und der Vorrotte ist vor der Zuführung zum Biofilter einer Staubabscheidung und einer Wasserdampfsättigung oder einer gleichwertigen Abgasreinigung zu unterziehen.

Obgleich MBA'n mit einem Durchsatz von weniger als 10 Tonnen pro Tag kaum Bedeutung erlangen werden (da sie nicht wirtschaftlich betreibbar wären), haben diese Anforderungen auch die Diskussion über die erforderliche Emissionsminderung bei großtechnischen MBA'n beeinflusst. Die Betreiber von MBA'n (z.B. die ASA - Arbeitsgemeinschaft Stoffstromspezifische Behandlung) kritisierten die vorgeschlagene Begrenzung des Kohlenstoffgehaltes auf 20 mg/m³ als nicht sachgerecht. Nach Einschätzung des ASA würde ein solcher Grenzwert eine über den Stand der Technik bei MBA'n hinausgehende Anforderung darstellen, da für die Einhaltung bisher noch nicht eingesetzte Verfahren erforderlich werden, die über die derzeit übliche Kombination Luftwäscher und Biofilter hinausgingen.

Diese weitergehenden Verfahren zur Abluftreinigung zählen aber in anderen Bereichen zum Stand der Technik. Für die MBA sind sie nicht nur grundsätzlich einsetzbar, sondern auch erforderlich, weil die bislang gebräuchlichen Biofilter die biologisch schwer abbaubaren Stoffe prinzipbedingt und nachweislich nicht ausreichend abbauen oder abscheiden.

3.4.1.2 Vorschlag von Doedens, ISAH*

Doedens hält eine Begrenzung der Emissionen organischer Stoffe über die Einzelstoffe nach dem Anhang E der TA Luft für nicht praktikabel. Er schlägt daher die Begrenzung der organischen Stoffe über einen Summenparameter vor. Doedens plädiert dafür, die organischen Emissionen differenzierter zu betrachten und anstelle des TOC die NMVOC (flüchtige Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe, entspricht TOC ohne Methan) im Abluftstrom zu begrenzen. Als Begründung für ein solches Vorgehen könnte angeführt werden, daß Methan nicht toxisch sei, sondern nur klimarelevant, und der Organikgehalt sei insgesamt so gering, daß der Methananteil als Treibhausgas ver-

* Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover (ISAH)

nachlässigt werden könne. Außerdem wird Methan durch die allgemeinen Anforderungen der TA Luft an die organischen Stoffe – die gegenwärtig auch für MBA'n anzuwenden wären – nicht erfaßt. Im BMBF-Verbundvorhaben konnten die organischen Stoffe im gereinigten Abgas aus MBA'n zu etwa 10 % der Wirkungsklasse I, zu etwa 60 % der Wirkungsklasse II und zu etwa 30 % der Wirkungsklasse III gemäß der TA Luft zugeordnet werden. Doedens schlägt daher vor, die Abluftemissionen entsprechend dem Grenzwert für die - hier dominierenden - organischen Stoffe der Wirkungsklasse II nach TA Luft im Reingas als Summe aller organischen Verbindungen auf 100 mg/m³ zu begrenzen, wobei in dieser Bewertung Methangehalte nicht mit erfaßt würden. Bezogen auf den reinen Kohlenstoffgehalt wäre dann der Grenzwert bei 80 mg NMVOC/m³ vorzusehen, da die organischen Verbindungen neben Kohlenstoff noch andere Elemente (z.B. Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Halogene usw.) enthalten.

3.4.1.3 Zulässige TOC-Emissionen nach der 17. BImSchV

Nach den Ergebnissen von Doedens beträgt der organische Kohlenstoffgehalt in der unbehandelten Abluft bei den MBA'n ca. 600 Gramm pro Tonne Abfall. Bei einem für bestehende Anlagen typischen Wirkungsgrad der Abluftreinigung bestehender MBA'n von ca. 50 % werden ca. **300 g** organischer Kohlenstoff pro Tonne behandelten Abfalls mit der gereinigten Abluft ausgetragen.

In einer Rostfeuerung entstehen bei der thermischen Behandlung von einer Tonne Abfall ca. 5500 m³ Abgas. Bei der vollen Ausschöpfung des Grenzwertes der 17. BImSchV (10 mg TOC/m³) beträgt die gemessene TOC-Fracht im Abluftstrom **55 g** pro Tonne Abfall, d.h. die TOC-Emission der biologisch gereinigten MBA-Abluft liegt um den **Faktor 5-6** über den nach der für MVA's maximal zulässigen Emissionsfrachten.

In thermischen Abfallbehandlungslangen werden die Grenzwerte der 17. BImSchV jedoch teilweise erheblich unterschritten, so daß dieser Faktor wesentlich größer ausfallen kann.

3.4.2 Schadstoffgehalte der Abluft

Die vorliegenden Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundvorhaben (ISAH, Prof. Doedens) zeigen, daß die Gehalte an Staub und sauren anorganischen Komponenten (SO₂, HCL, HF) in der MBA-Abluft unkritisch sind, daß aber auf die organischen Stoffe ein besonderes Augenmerk zu richten ist. Daneben sind anorganische (basische) Stickstoffverbindungen von Bedeutung. Neben erheblichen Mengen Ammoniak (NH₃) konnten auch Lachgas (N₂O) und Stickstoffoxid in geringen Mengen (Oxidation von NH₃ im Biofilter) im Reingas festgestellt werden. Von Bedeutung sind weiterhin leichtflüchtige Schwermetalle wie Quecksilber, die jedoch unterhalb der nach der 17. BImSchV zulässigen Fracht liegen. Quecksilberorganische Verbindungen, die sich biologisch unter anaeroben Bedingungen bilden können, wurden nicht untersucht.

3.4.2.1 Organische Stoffe

Die organischen Stoffe im Abgas bilden mit Abstand die relevanteste Emission aus der MBA und wurden daher im BMBF-Verbundvorhaben intensiv untersucht. Im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens wurde von Doedens ermittelt, daß der Anteil des Methans in der Abluft aus MBA'n etwa 10 - 60 % des gesamten organischen Kohlenstoffs ausmacht. Bei der Mietenrotte nach dem Kaminzugverfahren wurden sogar Methangehalte bis zu 95 % bestimmt. Bezogen auf den behandelten Abfall wurde die mit der Abluft ausgetragene organische Kohlenstofffracht (ohne Methan) mit etwa 600 Gramm pro Tonne im unbehandelten Rohgas ermittelt. Dieser Kohlenstoffaustrag erfolgt bei einer aktivbelüfteten Intensivrotte fast vollständig in den ersten beiden Wochen. Einige Stoffe der Klasse I, krebserzeugende, persistente oder klimarelevante Stoffe, werden im Biofilter nicht oder nur unzureichend abgebaut. Nach Doedens beträgt der Anteil dieser Stoffe im Reingas ca. 10 %, welches einer Fracht von 30 g pro Tonne behandelten Abfalls entsprechen würde.

Die Anlagenbetreiber schenken dem Abluftmanagement und der Abluftreinigung bisher verhältnismäßig wenig Aufmerksamkeit. Die Biofilter werden nicht optimal gesteuert. Beim Betrieb der Biofilter bestehen daher noch Verbesserungsmöglichkeiten .

Der diskutierte Grenzwert von 20 mg C/m³ (3.4.1.1) wird nach den Ergebnissen von Doedens von keiner der Anlagen sicher eingehalten. Gemessen als NMVOC wurde ein organischer Kohlenstoffgehalt von 20 mg C/m³ bisher nur in der Anlage Bassum bei einer von bisher zwei Messungen eingehalten. Erst bei besserer Wartung und bei Steuerung des Feuchtigkeitsgehaltes und der Temperatur erscheint es möglich, daß 20 mg NMVOC/m³ dauerhaft eingehalten werden könnten.

Der von Doedens vorgeschlagene Grenzwert (80 mg NMVOC/m³) wird von allen untersuchten Anlagen eingehalten.

Eine weitergehende Reduzierung der luftseitigen Emissionen organischer Stoffe durch Erhöhung der Reinigungsleistung könnte bei einem System Biofilter/Wäscher durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- **Abscheidung der z.T. sehr hohen Ammoniumgehalte** aus dem Rohgas bereits vor dem Biofilter z.B. durch saure Wäsche (hohe NH₃-Gehalte korrelieren mit geringeren Reinigungsleistungen). Nach den Ergebnissen von Doedens/Cuhls finden sich die Stickstoffgehalte des Abfalls weitgehend als NH₃ in der Abluft wieder.
- **Verminderung der Abluftmengen durch Kreislaufführung.** Durch höhere Konzentrationen können auch die Abbauwirkungsgrade des Biofilters erhöht und so die Emissionsfrachten verringert werden. In den bestehenden Anlagen (ausgenommen Trockenstabilatanlage Aßlar) erfolgt bisher keine Kreislaufführung der Luft. Der O₂-Gehalt verringert sich bei einmaliger Nutzung der Luft um etwa 1 %, so daß mehrfache Kreislaufführungen problemlos möglich wären. Die hohen Belüftungsraten - insbesondere in der ersten Rottephase - sind für die Kühlung der Mieten auf eine optimale Reaktionstemperatur (ca. 60°C) erforderlich. Eine Kühlung der Luft im Kreislauf (in Aßlar installiert) wäre dann zusätzlich erforderlich.
- **Regelung der Temperatur des Luftstromes vor dem Biofilter.** Bei den

bestehenden MBA'n liegt die Temperatur des Abluftstromes - bei sommerlichen Außentemperaturen - bereits im thermophilen Bereich (z.T. über 60°C). Die Biofilter arbeiten aber nur bei Temperaturen von 20 bis 40°C optimal. Auch hier würde eine Kühlung zum besseren Abbauverhalten im Biofilter und damit zu geringeren Emissionen beitragen.

Diese weitergehenden Maßnahmen reichen jedoch nicht aus, um das Anforderungsniveau der 17. BImSchV zu erreichen.

3.4.2.2 Schwermetalle

In der Abluft von mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen befinden sich auch Schwermetalle. Aufgrund der geringen Konzentrationen konnte aber noch nicht nachgewiesen werden, ob und welche Metalle in der Gasphase vorliegen, oder ob der Austrag ausschließlich partikelgebunden erfolgt. Aufgrund der vorliegenden Meßergebnisse ist aber davon auszugehen, daß die Schwermetallgehalte nicht über den Grenzwerten der TA Luft oder der 17. BImSchV liegen. Für Quecksilber konnte ein deutlicher Rückhalt durch den Biofilter nachgewiesen werden. Organische Metallverbindungen wurden bisher nicht untersucht.

3.4.2.3 Ammoniak und Stickstoffverbindungen

Nach den Ergebnissen von Doedens/Cuhls finden sich die Stickstoffgehalte des Abfalls sehr weitgehend als NH_3 oder in organischen Stickstoffverbindungen wieder. Die Reinigungsleistung des Biofilters ist für Ammoniumstickstoff eher gering. Durch höhere Ammoniumgehalte wird die Reinigungsleistung des Biofilters auch für die organischen Stoffe reduziert. Eine Entfernung der basischen Ammoniumstickstoffverbindungen vor dem Biofilter (z.B. durch saure Wäsche des Abgasstroms) ist daher erforderlich. Durch eine solche Maßnahme würde auch die Bildung unerwünschter Abbauprodukte (z.B. Lachgas, Stickstoffoxide) im Biofilter verhindert.

3.4.2.4 Bewertung

Spezielle immisionsschutzrechtliche Vorgaben für die Emissionsminderung bei MBA'n werden - unabhängig von der Ablagerung von MBA-Behandlungsrückständen - für erforderlich gehalten, da nicht bei allen MBA-Konzepten Abfallfraktionen zur Ablagerung auf den Deponien anfallen (z.B. Trockenstabilat). Untersuchungen im Verbundvorhaben des BMBF zeigen, daß die Emissionsfrachten bei der MBA, unabhängig von der gewählten Verfahrenstechnik und dem Behandlungsziel, auf ähnlichem Niveau liegen.

Unter den potentiellen MBA-Betreibern, Forschern und planenden Ingenieurbüros sowie den Genehmigungsbehörden gibt es unterschiedliche Vorstellungen für welche Anlagenteile eine Ablufferfassung und -behandlung erforderlich ist. Um einen mit anderen Abfallbehandlungsanlagen vergleichbaren technischen Standard für MBA'n sicherzustellen, ist nach Auffassung des Umweltbundesamtes die Ablufferfassung und -behandlung für folgende Anlagenteile erforderlich:

- Anlieferbereiche, Annahmehunker usw.,
- mechanische Aufbereitung,
- Intensivrotte, mit Einrichtungen zum Eintrag, Umsetzen und Austrag der Abfälle und

- gegebenenfalls Nachrotte.

Zur Verminderung der anfallenden Abluftmengen und aus Gründen des Arbeitsschutzes und der Hygiene ist bei den mechanischen Aufbereitungsschritten eine Kapselung von solchen Aggregaten erforderlich, in denen verstärkt Staub, Keime oder andere Emissionen freigesetzt werden können.

Nur Abluftreinigungsanlagen, die unabhängig von klimatischen Einflüssen eine gleichbleibende Reinigungsleistung und witterungsunabhängige Reinluftmessungen gewährleisten, entsprechen dem Stand der Technik. Ein von den klimatischen Bedingungen unabhängiger Betrieb ist z.B. bei Biofiltern nur in geschlossener Bauweise möglich. Die Ableitung des behandelten Abgases müßte über einen Schornstein erfolgen, um die erforderliche immissionsseitige Verdünnung der Restkonzentrationen an Schadstoffen sicherzustellen. Außerdem könnten nur so exakte Volumen- und Konzentrationsmessungen durchgeführt und Emissionsfrachten genügend genau bestimmt werden.

Verfahrenstechnisch höherentwickelte MBA'n (gekapselte MBA'n mit Ablufferfassung und -reinigung) können die Anforderungen der **TA Luft** (Stoffe nach Klasse I < 10 mg/m³, Klasse II < 100 mg/m³, Σ Klasse I, II u. III < 150 mg/m³) einhalten. Problematisch ist jedoch, daß sich nach TA Luft nur Grenzwerte für die Konzentrationen und nicht für die Frachten ableiten lassen.

Abhängig vom eingesetzten Rotteverfahren und der Lüftungstechnik sind die auf den Durchsatz bezogenen Abluftmengen der MBA'n unterschiedlich. Bei den in den Rottehallen der MBA'n Lüneburg, Bassum und Wiefels üblichen Belüftungsverfahren werden bis zu 20.000 m³ Abluft pro Tonne Abfall erzeugt. Bei optimierten Belüftungsverfahren mit mehrfacher Kreislaufführung und Kühlung der Luft (z.B. Trockenstabilatanlage Aßlar) können die Abluftmengen auf 6.000 - 8.000 m³ reduziert werden. Zur Begrenzung der luftseitigen Emissionen sind daher Konzentrationsgrenzwerte allein nicht ausreichend. Zusätzliche Frachtbegrenzungen sind erforderlich, um auszuschließen, daß Anlagen mit hohem Luftdurchsatz die geforderten Grenzwerte nur durch Verdünnung einhalten.

Ein Bezug der Konzentrationsgrenzwerte auf den Sauerstoffgehalt im Abgas - wie in der 17. BImSchV für MVA's vorgegeben - erscheint uns für MBA'n wenig geeignet, da Meßungenauigkeiten aufgrund der geringen Konzentrationsdifferenz zwischen Außen- und Abluft einen zu großen Einfluß auf das Ergebnis hätten. Eine direkte Frachtbegrenzung oder ein Frachtbezug auf ein definiertes Abluftvolumen oder eine behandelte Abfallmenge wären praktikabler.

Eine Minderung der Emissionen organischer Stoffe nach dem Anforderungsniveau der **17. BImSchV** kann mit den in bestehenden MBA'n üblichen Belüftungs- und Abluftbehandlungsverfahren nicht erreicht werden. Hierzu sind verfahrenstechnisch aufwendigere Lösungen erforderlich. Eine Möglichkeit wäre ein optimiertes System Wäscher/Biofilter (Kreislaufführung der Luft, Temperaturregelung, saurer Wäscher usw.) mit nachgeschalteter Aktivkohleadsorption. Darüber hinaus sind auch unterschiedliche thermische, chemische und physikalische Verfahren für die Abluftreinigung der MBA in der Diskussion. Im großtechnischen Einsatz sind letztgenannte Verfahren jedoch noch nicht erprobt. Hinzu kommt, daß biologische Filter eine hygienisch bedenkliche Abluft erzeugen, die eine spezielle Abstandsregelung aus

hygienischen Gründen erforderlich machen würde (mindestens 200 m)³.

Mögliche Grenzwerte für die Emissionen aus der mechanisch-biologischen Behandlung müssen sich am Anforderungsniveau anderer Behandlungsverfahren zur Restabfallbehandlung (z.B. der 17. BImSchV für Abfallverbrennungsanlagen) orientieren. Die Anforderungen hinsichtlich der Emissionen definierter Einzelverbindungen als Konzentrationen und Frachten können hierbei direkt übernommen werden. Bei den organischen Stoffen bleibt wegen der unterschiedlichen Zusammensetzung des Abgases aus MBA und MVA nur die Gesamtfracht in gC/t Abfall als Vergleichsmaßstab.

Die Abluftreinigungsverfahren in den bestehenden modernen MBA'n entsprechen noch nicht dem in thermischen Abfallbehandlungsanlagen üblichen Anforderungsniveau. Bestehende rechtliche Anforderungen (z.B. TA Luft) sind nur begrenzt auf MBA'n anwendbar und liegen im Anforderungsniveau deutlich unter den für Abfallverbrennungsanlagen in der 17. BImSchV geforderten Standards. Eine dem Anforderungsniveau der 17. BImSchV ähnliche Emissionsminderung ist technisch realisierbar. Dafür sind zusätzliche rechtliche Anforderungen erforderlich (17. BImSchV). Die Behandlungskosten der MBA würden sich bei diesem Anforderungsniveau nach grober Schätzung um 30 - 50 DM pro Tonne behandelter Abfälle erhöhen.

Einige MBA-Konzepte sehen eine geschlossene Intensivrotte und eine offene Nachrotte vor. Es ist daher erforderlich, zusätzliche Kriterien festzulegen, wie lange oder bis zu welchem Stabilisierungsgrad Abfälle in einer geschlossenen Intensivrotte behandelt werden müssen und unter welchen Bedingungen eine offene Nachrotte zulässig sein kann. Untersuchungsergebnisse zeigen, daß bei Verfahren mit aktiver Belüftung nach 2 Wochen bereits ca. 95 % der flüchtigen Stoffe freigesetzt sind. Das erforderliche Behandlungsergebnis der Intensivrotte nur über die Behandlungsdauer festzulegen, ist jedoch nicht ausreichend, da diese Anforderung auf andere mögliche biologische Behandlungsschritte (z.B. Anerobverfahren) nicht übertragbar wäre. Mindestanforderungen, die das Material für eine offene Nachrotte einzuhalten haben, sollten daher besser über den biologischen Stabilisierungsgrad erfolgen. Als Diskussionsgrundlage wird eine Atmungsaktivität von $AT_4 \leq 25 - 30$ mg/g vorgeschlagen, die in der MBA Lüneburg nach einer Behandlungsdauer von etwa 3-4 Wochen erreicht wird. Eine kürzere Intensivrotte erscheint nur mit Abluffassung in der Nachrotte und bei Umsetzung des Rottegutes vertretbar. Die Abluft der Nachrotte könnte dann der Intensivrotte zugeführt werden.

³ Keimemissionen aus biologischen Abfallbehandlungsanlagen, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Januar 1999

Tab. 3.4.2.4 Vergleich der Emissionsfrachten der MBA mit denen der MVA nach den Grenzwerten der 17. BImSchV u. tatsächlichen Emissionswerten (JMWW)

Parameter	17. BImSchV		MBA		MVA	
	Konzentration	Fracht ^(A)	Konzentration ^(B)	Fracht	Konzentration ^(L)	Fracht ^(L)
Gesamtstaub	10 mg/m ^{3(G)}	55 g/t	<< 20 mg/m ³	gering	0,2 - 1,1 mg/m ³	5,5 g/t
TOC, davon	10 mg/m^{3(G)}	55g/t^(H)	20-60 mg/m^{3(J)}	ca. 300 g/t^(J)	< 1 mg/m³	5,5 g/t
TA-Luft Klasse I	k.A.	k.A.	2-6 mg/m ³	ca. 30 g/t	k.A.	k.A.
TA-Luft Klasse II	k.A.	k.A.	12-36 mg/m ³	ca. 180 g/t	k.A.	k.A.
TA-Luft Klasse III	k.A.	k.A.	6-18 mg/m ³	ca. 90 g/t	k.A.	k.A.
Methan	k.A.	k.A.	10-20 mg/m ³	ca. 150 g/t	k.A.	k.A.
Dioxine u. Furane	0,1 ng/m ³	550 ng/t	0,001ng/m ^{3(K)}	1,3 ng/t ^(K)	0,01 ng/m ³	55 ng/t
Chlorwasserstoff ^(C)	10 mg/m ^{3(G)}	55 g/t	n.g.	n.g.	1 - 6 mg/m ³	1,1 g/t
Fluorwasserstoff ^(D)	1 mg/m ^{3(G)}	5,5 g/t	n.g.	n.g.	< 0,2 mg/m ³	16,5 g/t
SO ₂ und SO ₃ ^(E)	50 mg/m ^{3(G)}	275 g/t	n.g.	n.g.	0,5-13 mg/m ³	33 g/t
NO und NO ₂ ^(F)	200 mg/m ^{3(G)}	1100 g/t	< 8 mg/m ³	< 160 g/t	60-180 mg/m ³	550 g/t
NH ₃ -N, org-N	k.A.	k.A.	5-20 mg/m ³	ca. 150 g/t	1-10 mg/m ³	22 g/t
Schwermetalle ^(I)						
Σ Cd, TI	0,05 mg/m ³	0,275 g/t	n.b.	n.b.	0,001 - 0,004 mg/m ³	0,014 g/t
Hg	0,05 mg/m ³	0,275 g/t	< 0,001 mg/m ³	n.b.	0,001- 0,005 mg/m ³	0,016 g/t
Σ Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn	0,5 mg/m ³	2,75 g/t	n.b.	n.b.	0,001 - 0,065 mg/m ³	0,180 g/t

(A) Bezogen auf 5500 m³ Abgas pro Tonne behandelter Abfall und Tagesmittelwerte

(B) Ergebnisse aus BMBF-Verbundvorhaben, Uni Hannover

(C) Gasförmige anorganische Chlorverbindungen, angegeben als HCl

(D) Gasförmige anorganische Fluorverbindungen, angegeben als HF

(E) Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid, angegeben als Schwefeldioxid (SO₂)

(F) Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid, bestimmt als Stickstoffdioxid (NO₂)

(G) Tagesmittelwert

(H) Reale Abgasfrachten liegen zwischen 5 und 20 g/t

(I) Schwermetalle und deren Verbindungen

(J) NMVOC

(K) Hallenabluft der MBA Siggerwiesen, Mittelwert aus zwei MessungenQuelle: Umweltbundesamt (Österreich); Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung, Berichte BE-138, Wien, November 1998

(L) Jahresmittelwerte aus 5 bayrischen HMVA

k.A. keine Angaben

n. b. nicht bestimmbar, unter Nachweisgrenze

n.g. wurde nicht gemessen, da dieser Schadstoff aufgrund der Reaktionsbedingungen nicht oder nur in sehr geringen Spuren im Abgas vorkommen kann oder bei der MBA (sofern vorhanden) im Behandlungsrückstand eingebunden ist

kursiv kein Parameter der 17. BImSchV

fett Emissionsfrachten der MBA liegen über denen nach der 17. BImSchV berechneten Frachten

3.4.3 Abwasser

Der Abwasseranfall ist bei den bestehenden MBA-Konzepten von untergeordneter Bedeutung. Anfallendes Abwasser wird in der Regel zum Befeuchten der Abfälle genutzt. Überschußwasser entweicht als Feuchte mit der Abluft. Behandlungsbedürftiges Abwasser wäre nur beim alleinigen Einsatz von anaeroben Verfahren zu erwarten. Solche Konzepte dürften jedoch selten sein. Wenn abwasserrelevante Verfahren an Bedeutung gewinnen, können ähnliche Anforderungen wie an die Behandlung von Deponiesickerwasser im Anhang 51 der Abwasserverordnung zu § 7a WHG gestellt werden. Die Abwasserfreiheit des Verfahrens kann (analog zum Anhang 47 für Müllverbrennungsanlagen) ebenfalls in einem Anhang der Abwasserverordnung für die MBA verankert werden.

3.4.4 Arbeits- und Gesundheitsschutz

Die bei mechanischen und biologischen Vorbehandlungen von Restabfällen auftretenden Emissionen (Gerüche, Mikroorganismen, Stäube, Allergene, Toxine etc.) werden maßgeblich von vielen baulichen und betrieblichen Aspekten bestimmt:

Restabfallbehandlung:	aerob/anaerob
Behandlungsverfahren:	offenes/geschlossenes System, Kapselung von einzelnen Aggregaten
Belüftung:	Belüftungsart (unbelüftet, saug-, druckbelüftet), Belüftungsraten
Art der Inputmaterialien:	Bioabfälle/Restabfälle/andere Inputmaterialien
Abluftbehandlung:	Biowäscher, Biofilter, andere Reinigungsverfahren

Jede Art einer Behandlung von Restabfällen (z.B. mechanische Vorbehandlung, biologische Behandlung in Form von Verrottungsprozessen) sollte immer eingehaust betrieben werden. Damit ist zwangsläufig die technische Umsetzung in Form einer gezielten Luftführung mit einer Abluftreinigung nach dem Stand der Technik verbunden.

Aus arbeitsschutzrechtlicher Sicht wird für erforderlich gehalten, daß in Bereichen, an denen mit hohen Emissionen der oben genannten Art gerechnet werden muß, kein oder nur ein zeitlich befristeter Einsatz von Arbeitskräften erfolgt. Dies gilt besonders für den Anlieferungsbereich, für die Bereiche Sortierung/Störstoffauslese, für alle Umsetzungs- und Transportvorgänge und natürlich im Bereich der biologischen Behandlung. Arbeiten in diesen hygienisch bedenklichen Bereichen sollen auf ein Minimum reduziert und eine weitgehende Automatisierung der Arbeitsvorgänge angestrebt werden. Darüber hinaus sollten weitere Arbeitsschutzmaßnahmen (Atemschutz bei Aufenthalt in Rottehallen, Schutzkleidung, Handdesinfektion, Arbeitshandschuhe usw.) vorgenommen werden.

Als oberstes Ziel einer umweltverträglichen und für die Gesundheit des Menschen verträglichen Vorbehandlung von Restabfällen muß ein Prozeß stehen, der weitgehend automatisiert und ohne weitere Expositions-, Emissions- und Immissionsbelastungen betrieben werden kann. Hinsichtlich der Anforderungen an den Arbeits- und Gesundheitsschutz wird auf das „Anforderungsprofil an Anlagen zur mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung“ des Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt verwiesen. Unter Nr. 4.5 bis 4.5.7 sind dort

„Arbeitsschutzrechtliche Anforderungen“ formuliert. Diese materiellen Anforderungen, die sich aus den rechtlichen Anforderungen im Arbeitsschutz für die MBA ergeben, werden darin ausführlich beschrieben und sollten übernommen werden, um die Hygienrisiken weiter zu minimieren.

(Das im Thüringer Staatsanzeiger vom 24.03.97 veröffentlichte Anforderungsprofil liegt diesem Bericht als **Anlage 4** bei.)

3.5 Vergleich der Klimarelevanz/des CO₂-Minderungspotentials von thermischen und mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsverfahren

In verschiedenen Studien zu Verfahrensvergleichen sind in den letzten Jahren Ausführungen zur Klimarelevanz (Treibhauspotential) einbezogen worden. Da sich die Berechnungsgrundlagen, Bilanzgrenzen und Bewertungsmethodik bei den einzelnen Autoren unterscheiden, ergeben sich voneinander abweichende Ergebnisse. Bei der Auswertung von 15 Systemvergleichen zur Restabfallbehandlung im BMBF-Verbundvorhaben⁴ sehen 7 Studien deutliche ökologische Vorteile für die thermische Beseitigung und sechs Studien für die stoffstromspezifische oder mechanisch-biologische Restabfallbehandlung. Zwei Studien geben keine eindeutige Empfehlung.

Übereinstimmend wurde jedoch festgestellt, daß MBA'n mit anschließender Ablagerung, MBA'n mit thermischer Behandlung eines Teilstroms und die MVA jeweils eine Verringerung des Treibhauspotentials gegenüber der Ablagerung von Restabfall ohne Vorbehandlung des Abfalls liefern. Der Grad der Verringerung wird von verschiedenen Autoren in unterschiedlicher Höhe angegeben, weil die Randbedingungen verschieden angesetzt werden.

Sowohl für die MBA- als auch für die MVA-Varianten lassen sich CO₂-Gutschriften (negative Werte des CO₂-Äquivalents) als auch Lastschriften (positive Werte des CO₂-Äquivalents) in ähnlichen Größenordnungen darstellen. In den meisten Vergleichen ist die Abfallverbrennung auf dem Rost die bessere Variante gegenüber den MBA-Varianten, in einem Fall schneidet sie jedoch am schlechtesten ab. **Die Unterschiede der Klimarelevanz zwischen Kombinationsverfahren und MVA'n sind jedoch gering** im Vergleich mit der Ablagerung ohne Vorbehandlung und ohne Deponiegasfassung. Positiv auf die CO₂-Bilanz wirkt sich in jedem Fall die energetische Nutzung des Abfalls aus, negativ der Energieverbrauch des Verfahrens selbst. Vorteile in der Energiebilanz ergeben sich bei den MVA-Varianten durch die größere Menge der verbrannten organischen Bestandteile. In Studien, die eine stoffstromspezifische Behandlung als vorteilhaft ansehen, beruht dieses Ergebnis weitgehend auf dem höheren energetischen Wirkungsgrad, der für die Verbrennung der heizwertreichen Fraktionen in industriellen Feuerungsanlagen angesetzt wird.

Insgesamt ist der CO₂ -Anteil der Abfallbehandlung - gleichgültig, ob der MBA- oder MVA-Behandlungsweg gewählt wird - am Gesamt-CO₂-Ausstoß gering. In der Studie des Öko-Institutes wird er für den Landkreis Neuwied mit maximal 0,2% der Gesamt-CO₂-Emission geschätzt. Die möglichen Unterschiede zwischen Abfallwirtschafts-

⁴ BMBF-Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“; Teilvorhaben 1 „Koordination des Verbundvorhabens und Ableitung von Entscheidungsgrundlagen“ Dr. Soye, Universität Potsdam

konzepten mit stoffstromspezifischer Behandlung und Abfallverbrennung in MVA sind daher, bezogen auf die Gesamtemission von Treibhausgasen, vernachlässigbar gering.

Allein aus der CO₂-Emissionsminderung kann, bis auf den Verzicht auf die direkte Ablagerung, nur bedingt eine Rangfolge der Behandlungsverfahrens abgeleitet werden, wobei sich bei der Wahl anderer Annahmen oder Systemgrenzen durchaus sich widersprechende Resultate ergeben können. Die CO₂-Emissionsminderung muß durch weitere Parameter, wie z.B. Gesamtemissionen (insbesondere gesundheitlich bedenkliche Stoffe), Flächenverbrauch, Versauerungspotential, Kosten, Entsorgungssicherheit, Verwertbarkeit der gewonnenen heizwertreichen Fraktionen, Ablagerungseigenschaften, örtliche Gegebenheiten usw. ergänzt werden, um die Umweltrelevanz der Gesamtmaßnahme einschätzen zu können. Doch auch dann hängt das Ergebnis von der individuellen Wichtung der Einflußgrößen ab.

Aus den vorliegenden Systemvergleichen kann selbst bei Berücksichtigung genannter weiterer Parameter weder für die MVA noch für die stoffstromspezifische Behandlung in der MBA ein eindeutiger Vorteil abgeleitet werden.

3.6 Kosten und Preise der Restabfallbehandlungsverfahren

Dem Kostenvergleich werden nur Anlagen zur stoffstromspezifischen Behandlung mit dem vorgeschlagenen Anforderungsniveau zugrundegelegt. Verfahrenstechnisch einfache Anlagen ohne Einhausung oder Kapselung der emissionsrelevanten Bereiche entsprechen keinesfalls dem erforderlichen Standard und werden in der nachfolgenden Kostenbetrachtung nicht berücksichtigt.

3.6.1 Kosten und Preise der MBA

Die Investitionen, die jährlichen Betriebskosten⁵ und damit die spezifischen Behandlungskosten sind stark von der Auslegung der Anlage abhängig. Für verfahrenstechnisch anspruchsvolle Anlagen werden in der Studie folgende Kosten angesetzt:

Tab. 3.6.1 (1): Kosten der mechanischen-biologisch Restabfallbehandlung

Durchsatz	Biologische Stabilisierung, Rottezeit 12 Wochen			
	Investition	Jährliche Gesamtkosten	Fixkostenanteil	Spez. Behandlungskosten
100.000 t/a	43.500.000 DM	8.967.000 DM	80 %	90 DM/Mg
150.000 t/a	60.217.000 DM	12.503.000 DM	79 %	83 DM/Mg
200.000 t/a	77.256.000 DM	16.080.000 DM	78 %	80 DM/Mg

Bei den verfahrenstechnisch aufwendigeren MBA-Konzepten beträgt der Fixkostenanteil ca. 80 %. Minderauslastungen führen daher wie bei der thermischen

⁵ Gutachten zum Leitfadens „Integration der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung in ein kommunales Abfallwirtschaftskonzept“ für die Abfallwirtschaft der Region Rhein-Wupper; Intecus, Dresden, Januar 1999

Abfallbehandlung - entgegen vielfach geäußerten Auffassungen - zu einem signifikanten Anstieg der Behandlungskosten.

Die spezifischen Gesamtkosten, d.h. Behandlungskosten sowie Entsorgung der erzeugten Teilströme liegen in bestehenden MBA'n, die dem erforderlichen Anforderungsniveau nahekommen, bei ca. 165 bis 170 DM/Mg.

Tab. 3.6.1 (2): Spezifische Gesamtkosten für Behandlung und Entsorgung der Behandlungsrückstände spezieller Anlagen (nach Bilitewski)

Anlage	Kapazität	Spezifische Gesamtkosten
Lüneburg	29.000 Mg/a	165 DM/Mg
Bassum	65.000 Mg/a	170 DM/Mg

Von Ketelsen, IBA* , werden im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung der niedersächsischen MBA'n ebenfalls Behandlungskosten in dieser Größenordnung genannt, wobei hier jedoch nur die Ablagerung nicht aber die Entsorgung der heizwertreichen Fraktion enthalten sind. Für deren thermische Behandlung oder Verwertung werden aktuelle Entsorgungskosten zwischen 150 und 270 DM pro Tonne genannt, so daß die Kosten für die Entsorgung dieser Fraktion (ca. 30 Masse-%) zwischen 45 und 81 DM pro Tonne behandelter Abfall betragen. Die Gesamtkosten für Behandlung und Reststoffentsorgung bei der MBA liegen damit bei 210 bis 250 DM pro Tonne. Betreiber von MBA'n gehen von einer verstärkten Nachfrage für MBA-Leichtfraktionen als Ersatzbrennstoff aus und erwarten daher eine deutliche Reduzierung - z.T. sogar Erlöse - für die Entsorgung dieser Fraktionen. Solche Erwartungen scheinen unrealistisch.

Durch die erforderlichen höheren Anforderungen an die Emissionsminderung auf der Abluftseite der MBA'n könnten sich die Behandlungskosten nach grober Schätzung um etwa 30 bis 50 DM erhöhen.

* Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft, Hannover

3.6.2 Kosten und Preise der thermischen Abfallbehandlung:

Die Entsorgungskosten in bestehenden Abfallverbrennungsanlagen weisen eine große Bandbreite bei wesentlich höheren Mittelwerten als in der MBA auf. Für neu zu errichtende thermische Behandlungsanlagen werden demgegenüber gegenwärtig - selbst bei langfristigen Entsorgungsverträgen - Behandlungskosten in Höhe von ca. 200 DM/Mg genannt. Für neue und geplante MVA's werden heute erheblich niedrigere Entsorgungskosten genannt, als es für bestehenden Anlagen der Fall ist. Die Gründe für die geringeren Behandlungskosten neuer Verbrennungsanlagen sind technische Weiterentwicklungen, größere Erfahrungen und Sicherheiten bei der Auslegung der Abgasreinigungssysteme, geringere Unterschreitungen der Grenzwerte der 17. BImSchV (verglichen mit Anlagenplanungen und Nachrüstungen in der ersten Hälfte der 90er Jahre) und höhere Erlöse aus der Abgabe von Wärmeenergie aufgrund der Wahl günstigerer Standorte. (Das Marktgeschehen beeinflusst ebenfalls die aktuellen Entsorgungspreise, die sich nur bedingt für die reale Kostenschätzung eignen).

Tab. 3.6.2: Nettopreise für Abfallverbrennung in bestehenden MVA'n (Preise Juni 1998)⁶

Bundesland	langfristige Verträge DM/Mg	Spotmarkt DM/Mg
Baden-Württemberg	180-687	180-390
Bayern	175-750	150-750
Berlin	280	k.A.
Hessen	370-625	150-550
Niedersachsen und Bremen	140-272	80-272
Nordrhein-Westfalen	120-736	80-350
Saarland und Rheinland Pfalz	195-410	145-200
Schleswig-Holstein und Hamburg	175-430	120-300

3.6.3 Zusammenfassung

Die Behandlungskosten bei modernen MBA-Konzepten liegen mit Reststoffentsorgung mit 210 bis 250 DM auf einem mit der thermischen Abfallbehandlung ähnlichem Preisniveau, sofern der Vergleich sich für beide Anlagenarten auf die erforderlichen neu zu errichtenden Behandlungskapazitäten bezieht. Durch höhere, kostenträchtige Anforderungen an den Immissionsschutz können sich die Behandlungskosten der MBA um bis zu 50 DM/Mg auf Kosten zwischen 260 - 300 DM erhöhen.

Es ist davon auszugehen, daß in den bisher getätigten MBA-Investitionen die Kosten für Planung und Entwicklung einen relativ hohen Anteil einnehmen, da erst wenige MBA'n mit höherwertiger Verfahrenstechnik errichtet wurden. Auch bei der Verringerung dieses Kostenanteiles wird eine Entwicklung zu einem Kostenvorteil für

⁶ Verbrennungspreise für Deutschland, EUWIED Recycling und Entsorgung Nr. 29, 1998

die MBA jedoch nicht erwartet.

Allgemeine Kostenschätzungen, ohne ein konkretes Projekt zu betrachten, ergeben relativ große Spannweiten. Doch scheint es aus heutiger Sicht plausibel, daß die Kosten der Abfallentsorgung sowohl auf dem Weg über die MBA als auch über die MVA etwa in der gleichen Größenordnung liegen werden.

4 Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Vorbehandlung von zu deponierenden Abfällen“

Von den 18 Teilvorhaben im Verbund ist bisher nur ein Vorhaben soweit abgeschlossen, daß die Ergebnisse in einem Abschlußbericht vorliegen. Das Teilvorhaben des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover „Bilanzierung von Umweltchemikalien bei der biologischen Vorbehandlung von Restabfällen“ hat wichtige Ergebnisse geliefert, die vor allem die Empfehlungen zur Luftreinhaltung bestimmt haben. Für die anderen Vorhaben liegt als aktuellste Quelle der Tagungsband zum Statusseminar des BMBF-Verbundvorhabens (17.-19. März 1998 in Potsdam) vor. Daher wurde bei der Erstellung des Berichtes auch auf bisher unveröffentlichte Zwischenergebnisse zurückgegriffen, die von den Auftragnehmern mündlich auf Anfrage übermittelt wurden. Es wird davon ausgegangen, daß durch die Abschlußberichte der Forschungsvorhaben - im des 2. Halbjahr 1999 erwartet werden - für das Umweltbundesamt keine grundsätzlich neue Bewertung der MBA erforderlich wird. Neue Erkenntnisse werden sich voraussichtlich auf Details beschränken und bereits absehbare Trends bestätigen.

Der Koordinator des Verbundvorhabens, Herr Dr. Soyez (FG Ökotechnologie der Universität Potsdam) wurde über die BMBF-Projektträgerschaft im Umweltbundesamt um eine Zusammenfassung der aktuellen Ergebnisse gebeten. Diese Zusammenfassung liegt dem Bericht als **Anlage 5** bei.

4.1 Weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Im BMBF Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung“ werden die offenen Fragen der MBA in 18 Teilvorhaben umfassend untersucht. Für die Förderung von weiterer Grundlagenforschung (Untersuchung im Labormaßstab, Ablagerungsversuche mittels Lysimeter) wird vom Umweltbundesamt derzeit kein Bedarf gesehen.

Zukünftige Forschungsaktivitäten sollten sich viel mehr der Übertragung der überwiegend theoretischen Erkenntnisse des BMBF-Verbundvorhabens auf Anlagen im Praxismaßstab widmen.

Bedarf besteht dabei vor allem

- zur Überprüfung des prognostizierten Deponieverhaltens von MBA-Rückständen und
- zur Optimierung des Deponiebetriebs durch begleitende wissenschaftliche Untersuchungen von Ablagerungen

im großtechnischen Deponiemaßstab .

Ein weiterer Schwerpunkt für FuE-Aktivitäten sollte die Optimierung bestehender und Entwicklung leistungsfähigerer Verfahren zur Behandlung der Abluft aus MBA'n sein.

5 Zusammenfassung und Votum

5.1 Zusammenfassung

Die Koalitionsvereinbarung für die 14. Legislaturperiode enthält zur Abfallentsorgung unter anderem den Hinweis, daß „ökologische Ziele in der Abfallwirtschaft durchgesetzt werden sollen, die mechanisch-biologische Verfahren einschließen“.

Bezüglich der Anwendung der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung für den speziellen Zweck der nachfolgenden Beseitigung durch Ablagerung hat die 51. Umweltministerkonferenz (UMK) einen 9-Punkte-Katalog festgelegt, der im wesentlichen die ökologische Gleichwertigkeit zwischen den Abfällen, die die Anforderungen der TA Siedlungsabfall vollständig erfüllen, und den mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen fordert (Beibehaltung der hohen ökologischen Standards der TA Siedlungsabfall).

Derzeit werden in Deutschland etwa 20 MBA'n - teilweise ohne oder lediglich mit biologischer Abluftbehandlung betrieben. Im wesentlichen gibt es hier drei verschiedene Zielsetzungen:

- Der gesamte Abfall ist nach der Behandlung zur Ablagerung auf Deponien vorgesehen.
- Der Abfall wird bei der Behandlung in Fraktionen aufgetrennt (stoffstromspezifische Behandlung). Eine Fraktion wird biologisch stabilisiert auf der Deponie abgelagert, die andere thermisch entsorgt, d.h. beseitigt oder verwertet (Kombination MBA und MVA).
- Der gesamte Abfall wird für eine nachfolgende thermische Entsorgung aufbereitet (Kombination MBA und MVA). Angestrebt wird die energetische Verwertung.

Bei den **Kombinationsverfahren** ist erkennbar, „daß die ökologischen Ziele der Abfallwirtschaft durchgesetzt werden können, die mechanisch biologische Verfahren einschließen“. Bei der „**Abfallbehandlung mittels MBA zum ausschließlichen Zweck der nachfolgenden vollständigen Ablagerung**“ sind die Koalitionsabsichten unter den Randbedingungen des UMK-Beschlusses nicht umsetzbar.

Ungleichwertiges

Ziel der Vorbehandlung von Abfällen vor der Ablagerung ist die Verringerung der Gefährdung, die von den Abfallinhaltsstoffen ausgeht. Zur Verminderung des stofflichen Gefährdungspotentials werden im wesentlichen zwei Wege verfolgt:

- **Passive Gefährdungsminderung**

Die Stoffe werden der Biosphäre entzogen und an Orten abgelagert, an denen sie praktisch nicht mehr bioverfügbar sind (z. B. geschlossene Deponie mit Deponiegas- und Sickerwasserwasserbehandlung, Untertagedeponie, Bergversatz). Dabei werden Transportwege für Schadstofffreisetzung unterbrochen (Abdichtungen, geologische Barrieren) und Transportmedien reduziert oder vollständig

ausgeschlossen (Sickerwasser, Gasbildung).

- Aktive Gefährdungsminderung

Die Stoffe werden über chemische, physikalische oder biologische Reaktionen in weniger gefährliche Stoffe umgewandelt, die ein verringertes oder ein deutlich verringertes bis kein ökotoxikologisches Potential (inhärent sicher) aufweisen (z. B. mechanisch-biologische Abfallbehandlung, thermische Abfallbehandlung bis zu Hochtemperaturverfahren mit schmelzflüssigem Schlackenabzug).

Hinsichtlich der aktiven Gefährdungsminderung sind die Verfahrenswege

- „MBA mit anschließender Abfallablagerung“ und
- „MVA mit anschließender Abfallablagerung“

grundsätzlich nicht gleichwertig, weil persistente organische Stoffe (z.B. POP^{*}) in biologischen Behandlungsanlagen prinzipiell nicht abgebaut werden können. Das biologische Behandlungsverfahren hat hier eine prinzipielle methodische Grenze. Dies gilt auch für die bisher angewandten biologischen Abluftreinigungsmaßnahmen der MBA'n. Jedoch steht hierfür weitergehende Abluftreinigungstechnik für den Einsatz bei MBA'n aus anderen Umweltschutzbereichen zur Verfügung.

Grundsätzlich wird mit der MBA kein ähnlicher **Hygienestatus** und keine ähnliche **Volumenverminderung** der Restabfälle erreicht wie mit der MVA. Die technische Entwicklung bei den thermischen Abfallvorbehandlungsanlagen läßt erkennen, daß inzwischen Anlagen angeboten und im Einzelfall errichtet werden, die zu vollständig inhärent ungefährlichen Rückständen führen (schmelzflüssiger Schlackenabzug). Diese Rückstände können gefahrlos stofflich verwertet oder ohne wasser- und luftseitige Nachsorgemaßnahme gelagert oder abgelagert werden. Die inzwischen mögliche Überwindung der scheinbar zwangsläufigen Restabfallablagerung auf Deponien würde eine Verschärfung der Anforderungen der TA Siedlungsabfall in Richtung auf eine vollständig nachsorgefreie Ablagerung bzw. Zwischenablagerung vor Verwertung erlauben. Hierfür gehen die technischen Möglichkeiten schon über die in der TA Siedlungsabfall erhobenen Anforderungen hinaus. Eine ähnliche Entwicklung ist bei den MBA'n nicht erkennbar. Die dort zur Ablagerung vorgesehene Abfallfraktion ist auch zukünftig auf gesicherten Deponien abzulagern.

Ein wissenschaftlicher „Gleichwertigkeitsnachweis“ hinsichtlich der Schadwirkungen sämtlicher Einzelsubstanzen auf alle möglichen Organismen ist zwischen „MBA plus Ablagerung“ und „MVA plus Ablagerung“ aus den genannten methodischen Gründen prinzipiell nicht möglich (wie in allen anderen Umweltbereichen auch).

Gleichwertiges

Unabhängig davon kann im Sinn der gestellten Fragen geprüft werden, welche zusätzlichen Anforderungen an die MBA, den Anlagenbetrieb, die Deponieanlage und den Deponiebetrieb gestellt werden müssen, um die Abluft- und Abwasseremissionen ähnlich gering werden zu lassen, wie bei der thermischen Vorbehandlung von Restabfällen mit anschließender Ablagerung. Bei ähnlich geringen Emissionen wäre es dann möglich, die TA Siedlungsabfall in Hinsicht auf die Ablagerung biologisch

* POP - persistent organic pollutant

vorbehandelter Abfälle zu novellieren. Der qualitative Vergleichsmaßstab (Anforderungsniveau) für die Ablagerung ist dann das vorgegebene Ziel einer emissionsarmen und weitgehend nachsorgefreien Deponie (praktisch kein Deponiegas, geringe organische Sickerwasserbelastung, geringe Setzung des Deponiekörpers).

Auch die geltende TA Siedlungsabfall zielt auf einen Kompromiß zwischen aktiver und passiver Sicherheitsphilosophie. Einerseits soll der Schadstoffgehalt der Abfälle und seine Mobilisierbarkeit durch Vorbehandlung vermindert werden (Vorgabe von Zuordnungswerten, die Schadstoffgehalte und -mobilisierbarkeit begrenzt zulassen), andererseits ist der zulässige, verbleibende Schadstoffgehalt durch technische Barrieren einzukapseln und damit immobil zu machen, so daß er nicht bioverfügbar wird (Vorgaben für geologische Barriere und Abdichtungssysteme).

Es ist also erforderlich, die **Emissionsfrachten auf dem gesamten Stoffweg** - vom Eingang der Behandlungsanlage (MBA und MVA) bis zur Ablagerung - bilanzierend zu vergleichen. Das Anforderungsniveau orientiert sich dabei an den „hohen ökologischen Anforderungen“ des rechtlich vorgegebenen Verfahrensweges (17. BImSchV, TA Siedlungsabfall, Anhang 47 und 51 der AbwV zu § 7 a WHG, VAwS und VwVwS zu § 19 g WHG).

Zur Angleichung der abwasser- und abluftseitigen Emissionsfrachten der „MBA plus Ablagerung“ an Beseitigungsverfahren, die den genannten Vorschriften genügen, sind eine Reihe zusätzlicher Anforderungen vorzugeben, die bei einer „Novellierung der TA Siedlungsabfall“ berücksichtigt werden müßten. Die Anforderungen der Tabelle 5 beziehen sich auf die **MBA** (4. + 17. BImSchV, AbwV zu § 7 a WHG), die Qualität der **MBA-Rückstände** (TA Siedlungsabfall) und den **Deponiebetrieb** (TA Siedlungsabfall).

Zusätzliche Anforderungen an die **Abdichtungssysteme** der Deponien für MBA-Rückstände sind nicht erforderlich, da auch ohne solche eine ausreichende Sicherheit erreicht wird.

Die bestehenden rechtlichen **Regelungen zur Emissionsbegrenzung** sind nur eingeschränkt auf MBA'n anwendbar und gewährleisten für diese Anlagen kein mit anderen Abfallbehandlungsanlagen ähnliches Anforderungsniveau (wie z.B. für die MVA'n). Es sind deshalb spezielle rechtliche Regelungen zur Emissionsminderung bei MBA'n erforderlich, die ein der 17. BImSchV entsprechendes Anforderungsniveau gewährleisten. Anforderungen für MBA'n sind auch dann erforderlich, wenn keine Novelle der TA Siedlungsabfall in Hinsicht auf die Ablagerung von MBA-Rückständen erfolgt (**Kombinationsverfahren**, z. B. Trockenstabilatverfahren).

Hinsichtlich der Emissionen **klimarelevanter Treibhausgase** sind weder für Abfallwirtschaftskonzepte mit MBA (z.B. MBA'n mit stoffstromspezifischer Behandlung zur Abtrennung heizwertreicher Fraktionen für die thermische Behandlung) noch mit Abfallverbrennungsanlagen eindeutige Vorteile erkennbar. Außerdem ist der Beitrag der Abfallbehandlung an den Gesamtemissionen klimarelevanter Gase unerheblich (wenn die Abfälle vorbehandelt werden).

Durch die erforderlichen höheren Aufwendungen gegenüber heutigen MBA'n zur Erzielung ähnlich niedriger Emissionsfrachten wie bei „MVA plus Ablagerung“ können sich bei der MBA die Kosten grob geschätzt noch um bis zu 50,- DM erhöhen. Dennoch liegen die **Behandlungskosten** bei modernen MBA-Konzepten einschließlich Restabfallentsorgung heute in der Größenordnung, die auch für neu zu errichtende MVA'n geschätzt werden.

Die im Einzelfall schwankenden Schätzungen der Gesamtkosten beider Verfahrenswege („MBA plus Ablagerung mit zusätzlichen Anforderungen“ und „MVA plus Ablagerung“) liegen in ähnlicher Größenordnung.

In Tabelle 5 sind die zusätzlichen Anforderungen an die „MBA mit anschließender Ablagerung“ aufgelistet, die zu ähnlichen Emissionsfrachten führen, wie auf dem Verfahrensweg „MVA plus Ablagerung“.

Tab. 5: Anforderungen an die MBA mit anschließender Ablagerung

Anforderung	Erläuterung
1) Abluft, MBA	
Frachtbegrenzung auf 55 g C/t Abfall	ähnlich geringe luftseitige Emissionsfracht wie bei MVA (17.BImSchV): 55 g C pro Tonne Abfall MBA (mit Biofilter): ca. 300 g C pro Tonne Abfall
Fassung und Behandlung der Abluft aus Nachrotte und aus Umsetzungsvorgängen oder $AT_4 < 20 \text{ mg O}_2/\text{g TS}$ vor Austrag in die Nachrotte	ähnlich geringe luftseitige Emissionsfracht wie bei MVA
Abluft-Kamin	immissionsbezogene Regelung (17. BImSchV, TA Luft)
Abluft-Keimstatus festlegen (Hygiene)	Infektionsschutz, Bebauungsabstand
2) Abwasser	
Abwasserfreier Betrieb	Begrenzung der Emissionsfracht über Abwasser wie bei MVA (Abwasserverordnung, Anhang 47)
3) Parameter der TA Siedlungsabfall	
Alle Parameter des Anhangs B der TA Siedlungsabfall für die Deponieklasse II müssen eingehalten werden	Schutzziele der TA Siedlungsabfall
Abweichend von den Zuordnungskriterien des Anhangs B gilt für Behandlungsrückstände aus der MBA: Nr. 2 Organischer Anteil der Trockenrückstandes der Originalsubstanz: Nr. 2.01 bestimmt als Glühverlust: 30 Masse-% (statt 5 Masse-%) Nr. 2.02 bestimmt als TOC: 18 Masse-% (statt 3 Masse-%) Nr. 4 Eluatkriterien: Nr. 4.03 $TOC_{(Eluat)}$ 200 mg/l (statt 100 mg/l)	Abtrennung heizwertreicher Fraktion, Klimaschutz durch Substitution fossiler Brennstoffe, geringe Setzungen der Deponie, hohe Verdichtbarkeit der Abfälle auf der Deponie gleiche TOC-Fracht im Sickerwasser wie bei Abfällen die die Zuordnungskriterien der TA Siedlungsabfall gerade einhalten
wenn folgende zusätzlichen Anforderungen erfüllt werden:	
Atmungsaktivität, bestimmt über 4 Tage im Laborversuch $AT_4 < 5 \text{ mg O}_2/\text{g TS}$ (BMBF-Verbundmethode)	geringe biologische Aktivität, (geringe Gasbildung auf der Deponie)
Gasbildung, bestimmt über 21 Tage im Laborversuch $GB_{21} < 20 \text{ l Gas/kg TS}$	geringe biologische Aktivität, Kontrollwert für geringe Gasbildung auf der Deponie
geringe Wasserdurchlässigkeit des Abfallkörpers, Durchlässigkeitskoeffizient $k_f \leq 10^{-8} \text{ m/s}$	wenig Sickerwasser,
Wassergehalt unterhalb des optimalen Proctorwassergehaltes ($w \leq w_{pr}$)	kein Preßwasser, freie Entgasungswege für die geringe Deponiegasentwicklung
Siebschnitt $\leq 40 \text{ mm}$ (Korngröße)	geringe Setzung, geringe Sickerwasserbildung durch hohe Verdichtbarkeit
hochverdichteter Dünnschichteinbau, Einbaudichte $\geq 95 \%$ Proctordichte	geringe Setzung, geringe Wasserdurchlässigkeit, geringer Flächenbedarf für Deponien
offene Einbaufläche $< 5 \%$ der Gesamtfläche	wenig Sickerwasser
Einbau nur bei Trockenwetter (Sickerwasserminimierung), d.h. falls erforderlich Zwischenlagerung der MBA-Behandlungsrückstände bis zum Deponieeinbau unter Dach	wenig Sickerwasser, vorgegebener Wassergehalt, freie Entgasungswege
Arbeitstägige Profilierung auf 5 - 10 % Gefälle	rascher Regenwasserabfluß, geringe Sickerwasserbildung
nur unvermischte Ablagerung der Abfälle auf Deponien der Klasse II oder Altdeponien, die die technischen Anforderungen der TA Siedlungsabfall erfüllen	keine Vermischung, daher keine Reaktionen mit anderen Abfällen
Verminderung der Methanemissionen durch Oxidation z.B. in der Rekultivierungsschicht	Verminderung der Emissionen auf dem Gaspfad
Qualitätsgesicherte Überwachung	Sicherstellung des Vollzugs

5.2 Votum

Als Kombinationsverfahren werden Abfallbehandlungsverfahren bezeichnet, bei denen sowohl mechanisch-biologische als auch thermische Verfahren angewandt werden. Je nach Verfahren können dabei Abfallfraktionen zur Ablagerung entstehen oder Verfahrenswege mit vollständiger Abfallverwertung beschränkt werden.

5.2.1 Kombinationsverfahren ohne unmittelbare Ablagerung

Bei den Kombinationsverfahren ohne unmittelbare Ablagerung (mechanisch-biologische Behandlung (MBA) der Abfälle vor der thermischen Behandlung, z.B. Trockenstabilisierverfahren) ist erkennbar, daß „ökologische Ziele in der Abfallwirtschaft durchgesetzt werden können, die mechanisch biologische Verfahren einschließen“ (Koalitionsvereinbarung). Die Zuordnungskriterien der TA Siedlungsabfall (TASi) werden eingehalten. Diese Verfahren stehen nicht im Widerspruch zur Beschlußlage der 51. UMK. Es müssen lediglich die bestehenden rechtlichen Regelungen (4. und 17. BImSchV, AbwV) in ihren Anwendungsbereichen entsprechend auf die mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlage erweitert werden. Kombinierte Verfahren, die die Vorteile der biologisch mechanischen Abfallbehandlung mit den Vorteilen der thermischen Zerstörung biologisch nicht abbaubarer Stoffe verknüpfen, können bereits heute ökonomisch vertretbar zur praktisch vollständigen Verwertung von Siedlungsabfällen führen. Sie sind grundsätzlich als Endglied einer nachhaltigen Stoffwirtschaft geeignet, in der jede Generation ihre stofflichen (Abfall) Probleme selber löst und Nachsorgepflichten für abgelagerte Abfälle über mehrere Generationen grundsätzlich vermieden werden.

5.2.2 Unmittelbare Ablagerung aller MBA-Rückstände

Bei der „Mechanisch-biologischen Abfallbehandlung zur ausschließlichen Ablagerung der behandelten MBA-Rückstände“ sind die Koalitionsabsichten unter den Randbedingungen des UMK-Beschlusses **nicht** umsetzbar.

5.2.3 Kombinationsverfahren mit stoffstromspezifischer Abfallbehandlung

Bei den Kombinationsverfahren mit stoffstromspezifischer Abfallbehandlung, d.h. bei denen nach einer mechanischen Trennung eine biologisch behandelte Abfallfraktion zur Ablagerung und eine heizwertreiche Leichtfraktion zur thermischen Behandlung vorgesehen ist, können ebenfalls „ökologische Ziele in der Abfallwirtschaft durchgesetzt werden“, unter der Einschränkung, daß ergänzende und veränderte Anforderungen zu stellen sind. Die Anforderungen müssen sich dabei am Ziel einer emissionsarmen und nachsorgefreien Deponie entsprechend TA Siedlungsabfall orientieren.

Der Bericht beschreibt die zu ergänzenden Anforderungen für den Verfahrensweg „Kombinationsverfahren plus Ablagerung einer Fraktion“, die zu ähnlich geringen Emissionsfrachten wie der Verfahrensweg „Thermische Behandlung plus Ablagerung“ führen. Auf der Basis des angestellten Vergleichs und der zugrundegelegten zusätzlichen Anforderungen ist es grundsätzlich möglich, die

mechanisch-biologische Abfallbehandlung mit anschließender Ablagerung einer Abfallfraktion als Stand der Technik in der TA Siedlungsabfall zu berücksichtigen.

Solange die realen Emissionen in den vorhandenen Deponien nahezu unabhängig von der jeweiligen Vorbehandlung sind, ist es grundsätzlich vertretbar, aber nicht zwingend notwendig, für einen überschaubaren Zeitraum eine mechanisch-biologische Abfallbehandlung mit zusätzlichen Anforderungen (Tabelle 5) im Abluft- und Deponiebetriebsbereich zuzulassen. Nach Stilllegung der Altdeponien und nach Ausschöpfung der dann noch vorhandenen Kapazitäten in Deponien, die die Anforderungen der TA Siedlungsabfall erfüllen, sind mechanisch-biologische Verfahren nur zusammen mit thermischen Behandlungsverfahren vertretbar, deren Kombination zu keiner Ablagerung von Abfallfraktionen aus Siedlungsabfällen führt. Dies wäre allerdings sicherzustellen.

5.2.4 Vergleich auf der Grundlage einer nachhaltigen Stoffwirtschaft

Eine dauerhaft umweltgerechte Abfallwirtschaft erfüllt die Voraussetzung für eine nachhaltige Stoffwirtschaft erst dann, wenn die stofflichen Umweltprobleme nicht zu Lasten nachfolgender Generationen gelöst werden. Konzepte, die eine Nachsorge von mehr als 100 Jahren beinhalten, erfüllen die notwendige Voraussetzung einer nachhaltigen Stoffwirtschaft grundsätzlich nicht.

Ein über die durchgeführte Emissionsbetrachtung teilweise hinausgehender Vergleich auf der Grundlage einer nachhaltigen Abfallwirtschaft zwischen den Verfahrenswegen

- „Thermische Behandlung plus Ablagerung“ und
- „Kombinationsverfahren plus Ablagerung einer Abfallfraktion plus den zusätzlichen Anforderungen“ in Tabelle 5

weist Vorteile für den Verfahrensweg „Thermische Behandlung plus Ablagerung“ auf:

- Die **weitgehende Schadstoffentfrachtung** (TASi-Ziel) wird als wesentliches inhärentes stoffliches Sicherheitselement von der mechanisch biologischen Abfallbehandlung nicht in demselben Umfang erreicht.
- Aus den zusätzlichen Anforderungen und Maßnahmen, die erforderlich sind, um die Stoffrückhaltung in der Deponie zu gewährleisten, resultiert ein deutlich aufwendigerer **Regelungs- und Überwachungsaufwand**.
- Obwohl die beim Vergleich festgestellten mittelfristig emittierbaren und damit bioverfügbaren Frachten ähnlich groß sind, ist das **langfristige Risiko** beim Verfahrensweg „Thermische Behandlung plus Ablagerung“ wegen der höheren stoffinhärenten Sicherheit der Rückstände grundsätzlich geringer.
- Der ca. fünffach höhere **Deponievolumenbedarf** für die Abfälle aus der MBA ist ebenfalls nachteilig.
- Die stoffinhärente Sicherheit thermisch behandelter Siedlungsabfälle und der thermisch behandelten oder verwerteten Abfallfraktionen aus

„Kombinationsverfahren ohne unmittelbare Ablagerung“ kann zukünftig **zur praktisch vollständigen Vermeidung der Ablagerung von Siedlungsabfällen** führen.

Die **Klimarelevanz** und die mögliche **energetische Verwertung** werden bei beiden Verfahrenswegen der Vorbehandlung ähnlich bewertet.

Demgegenüber sind aus Umweltsicht keine Vorteile des Verfahrensweges „Kombinationsverfahren plus Ablagerung“ gegenüber der Variante „Thermische Behandlung plus Ablagerung“ erkennbar.

5.2.5 Empfehlung

Wir empfehlen, die erforderliche Planungs- und Investitionssicherheit durch Erlass einer **Verordnung** zur Siedlungsabfallentsorgung sicherzustellen. Der bisher der TA Siedlungsabfall zugrundeliegende Stand der Technik für die Behandlung von Siedlungsabfällen ist die „Verbrennung“ (siehe Begründung zur TA Siedlungsabfall, BR-Drucksache 594/92).

Wegen der erkennbaren Vorteile des Verfahrensweges „Thermische Behandlung plus Ablagerung) empfehlen wir eine widerspruchsfreie und rechtsmittelfeste Regelung, die die „Thermische Behandlung von Siedlungsabfällen vor der Ablagerung“ als Mindestanforderung in die Verordnung aufnimmt. Diese Anforderung soll allerdings nicht gelten, wenn die bereits bestehenden Anforderungen des Anhangs B der TA Siedlungsabfall von den Abfällen auch ohne thermische Behandlung eingehalten werden.

Dieser Verfahrensweg kann mittelfristig einzeln oder in Kombination mit „mechanisch-biologischer Abfallbehandlung ohne unmittelbare Ablagerung“ zur praktisch vollständigen Verwertung von Siedlungsabfällen führen.

6 Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen

6.1 Verzeichnis der Tabellen

Tabelle		Seite
Tab. 3.3.4	Ergebnisse des Gleichwertigkeitsnachweises für die Deponie Lübben-Ratsvorwerk	26
Tab. 3.3.5 (1)	Erforderliches Deponievolumen für die Ablagerung der Behandlungsrückstände aus MBA und MVA	27
Tab. 3.3.5 (2)	Vergleich der Eigenschaften und möglichen Emissionen von Schlacken und MBA-Rückständen mit den Zuordnungskriterien der TA Siedlungsabfall	29
Tab. 3.4.2.4	Vergleich der Emissionsfrachten der MBA mit denen der MVA nach den Grenzwerten der 17. BImSchV	37
Tab. 3.6.1 (1)	Kosten der biologisch-mechanischen Restabfallbehandlung	41
Tab. 3.6.1 (2)	Spezifische Gesamtkosten für Behandlung und Entsorgung der Behandlungsrückstände spezieller Anlagen (nach Bilitewski)	41
Tab. 3.6.2	Kosten der thermischen Abfallbehandlung, Nettopreise für Abfallverbrennung in MVA'n (Preisbasis Juni 1998)	42
Tab. 5	Zusätzliche Anforderungen an die MBA mit anschließender Ablagerung	49

6.2 Verzeichnis der Abbildungen

Bild		Seite
Bild 1.2	Mengenfluß einer beispielhaften MBA mit stoffstromspezifischer Behandlung	7

7 Literaturverzeichnis

7.1 Allgemeine Literatur zur MBA

Unter dem Begriff „allgemeine Literatur“ wurden Tagungsbände und Sammelveröffentlichungen mehrerer Autoren sowie einzelne Veröffentlichungen zusammengefaßt, die ein breiteres Problemspektrum der mechanisch-biologischen Verfahren abdecken. Einzelne Beiträge aus Tagungsbänden und Sammelveröffentlichungen, die bei der Erstellung des Berichtes besonders wichtig erschienen und einzelnen Themenschwerpunkten zugeordnet werden können, sind unter dem jeweiligen Gliederungspunkt aufgelistet.

Arbeitsgemeinschaft Stoffstromspezifische Abfallbehandlung (ASA): Tagungsband der 2. Niedersächsischen Abfalltage - Fachtagung - Stand der Technik der MBA - 2. Bis 4. März 1998 in Oldenburg

BEW-Bildungszentrum für die Entsorgungs- und Wasserwirtschaft GmbH (Hrsg.): Tagungsband zum Seminar „Novellierung der TA Siedlungsabfall“, in der Bildungsstätte Duisburg am 26.02.1999

Bilitewski B., Heilmann A: Gutachten zum Leitfaden „Integration der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung in ein kommunales Abfallwirtschaftskonzept“, Intecus-Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management, Dresden, Januar 1999

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie und Umweltbundesamt, Österreich (Hrsg.): Grundlagen für eine technische Anleitung zur mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Abfällen, Wien 1998

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie und Umweltbundesamt, Österreich (Hrsg.): Anaerobtechnologie für die mechanisch-biologische Vorbehandlung von Restmüll und Klärschlamm, Schriftenreihe des BMUJF, Band 10/1998

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie und Umweltbundesamt, Österreich (Hrsg.): Anlagen zur aeroben mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restmüll und Klärschlamm, Schriftenreihe des BMUJF, Band 8/1998

BWK-Arbeitsgruppe „Restabfallbehandlung“ (Hrsg.): Mechanisch-biologische Verfahren zur stoffstromspezifischen Abfallbeseitigung, Beiheft zu Müll und Abfall - Heft 33, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1997

Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e.V. (Hrsg.): Mitverbrennung von Abfällen - Emissionssituation - Kostensenkungspotentiale in der Entsorgungskette, Tagungsband: UTECH Berlin'98, 2. Seminar.

Gaßner H.: Rechtliche Überlegungen zu Ausnahmeregelungen für die Ablagerung von MBA-Output nach 2005; veröffentlicht in Arbeitsgemeinschaft Stoffstromspezifische Abfallbehandlung - ASA (Hrsg.): Tagungsband der 2. Niedersächsischen Abfalltage - Fachtagung - Stand der Technik der MBA - 2. Bis 4. März 1998 in Oldenburg

Hengerer D., Lorber K.-E. u.a. (Hrsg.): DepoTech 1998 - Restabfallbehandlung, Deponietechnik und Altlastenproblematik, Konferenzbericht der 4. DepoTech in Leoben (A) von 17.-19.11.98, A.A. Balkema, Rotterdam/Brookfield 1998

Holzer C., Kossina I.: Grundlagen für eine Technische Anleitung für die mechanisch-biologische Restabfallbehandlung (MBA) in Österreich; veröffentlicht in: DepoTech 1998 - Restabfallbehandlung, Deponietechnik und Altlastenproblematik, Konferenzbericht der 4. DepoTech in Leoben (A) von 17.-19.11.98, A.A. Balkema, Rotterdam/Brookfield 1998

Lahl, U.: Restabfallbehandlung in Europa - Ziele und Wirklichkeit, veröffentlicht in: DepoTech 1998 - Restabfallbehandlung, Deponietechnik und Altlastenproblematik, Konferenzbericht der 4. DepoTech in Leoben (A) von 17.-19.11.98, A.A. Balkema, Rotterdam/Brookfield 1998

Mersiowsky I., Heyer K.-U.: Charakterisierung von Restabfällen und Zuordnung zu geeigneten Behandlungsverfahren; veröffentlicht in: DepoTech 1998 - Restabfallbehandlung, Deponietechnik und Altlastenproblematik, Konferenzbericht der 4. DepoTech in Leoben (A) von 17.-19.11.98, A.A. Balkema, Rotterdam/Brookfield 1998

Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW (Hrsg.): Leitfaden - Integration der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung in ein kommunales Abfallwirtschaftskonzept, Düsseldorf 1998

Nelles M.: Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung zur Umsetzung der Deponieverordnung, Dissertation an der Montanuniversität Leoben (A), Mai 1998

Oest W.: Genehmigungsfähigkeit für die Deponierung von mechanisch-biologisch behandelten Abfällen; veröffentlicht in Arbeitsgemeinschaft Stoffstromspezifische Abfallbehandlung - ASA (Hrsg.): Tagungsband der 2. Niedersächsischen Abfalltage - Fachtagung - Stand der Technik der MBA - 2. Bis 4. März 1998 in Oldenburg

Otto von Guericke Universität Magdeburg, Institut für Förder- und Baumaschinentechnik, Stahlbau, Logistik (IFSL), (Hrsg.): Tagung Siedlungsabfallwirtschaft 1997 - Komplexe Entsorgungsgebiete; am 17. U. 18 Juni 1997, Berichte aus dem Institut, Reihe III: Tagungsberichte Nr.: 6

Ranninger, B.: Rahmenbedingungen und Fallbeispiele für mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlagen (MBA); veröffentlicht in: DepoTech 1998 - Restabfallbehandlung, Deponietechnik und Altlastenproblematik, Konferenzbericht der 4. DepoTech in Leoben (A) von 17.-19.11.98, A.A. Balkema, Rotterdam/Brookfield 1998

Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt: Anforderungsprofil an Anlagen zur mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung, Stand 07.02.97, Thüringer Staatsanzeiger Nr. 12/1997, 24. März 1997, 7. Jahrgang

Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt: Mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlagen (MBA) - ein status-quo-Bericht (Stand 1/1996, Erfurt 1996)

Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF: Tagungsband des BMBF-Statusseminars zum Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, 17.-19. März 1998, Potsdam

Universität Potsdam, Zentrum für Umweltwissenschaften, FG Ökotechnologie: BMBF - Verbundvorhaben „Mechanisch - biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ - Beiträge der 1. Tagung am 13./14. März 1996 in Potsdam

Wallmann R.: Ökologische Bewertung der mechanisch-Biologischen Restabfallbehandlung und der Müllverbrennung auf Basis von Energie- und Schadgasbilanzen, Schriftenreihe des Arbeitskreises für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfällen (ANS) e.V., Heft 38, April 1999

Wiemer K., Kern, M. (Hrsg.): Bio- und Restabfallbehandlung III, M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen 1999

7.2 Parameterdiskussion

Baumgärtner M., Bender M.: Stabilisierung von Restabfall durch pedogene Immobilisierung; veröffentlicht in: Universität Potsdam, Zentrum für Umweltwissenschaften, FG Ökotechnologie: BMBF - Verbundvorhaben „Mechanisch - biologische Behandlung von zu Deponierenden Abfällen“ - Beiträge der 1. Tagung am 13./14. März 1996 in Potsdam

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie und Umweltbundesamt, Österreich (Hrsg.): Auswahl und Anwendbarkeit von Parametern zur Charakterisierung der Endprodukte aus mechanisch-biologischen Restmüllbehandlungsanlagen, Teil 1,2 u. 3, Schriftenreihe des BMUJF, Band 9/98

Doedens H., Ketelsen, K. u.a.: Wissenschaftliche Begleitung der drei großtechnischen Anlagen zur mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen in Niedersachsen; Statusbericht Niedersachsen, Herausgeber: Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover (ISAH) und Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft und Entsorgung GmbH (IBA)

Kördel W., Hund K. u.a.: Methodische Anforderungen und Probleme der Restabfallanalytik; veröffentlicht in: Universität Potsdam, Zentrum für Umweltwissenschaften, FG Ökotechnologie: BMBF - Verbundvorhaben „Mechanisch - Biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ - Beiträge der 1. Tagung am 13./14. März 1996 in Potsdam

Kübler H., Schertler C.: Gärttest zur Bestimmung des Deponiegasbildungspotentials; veröffentlicht in: Universität Potsdam, Zentrum für Umweltwissenschaften, FG Ökotechnologie: BMBF - Verbundvorhaben „Mechanisch - biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ - Beiträge der 1. Tagung am 13./14. März 1996 in Potsdam

Lepom P.: Parameter zur Charakterisierung mechanisch-biologisch behandelter Restabfälle; veröffentlicht in: Universität Potsdam, Zentrum für Umweltwissenschaften, FG Ökotechnologie: BMBF - Verbundvorhaben „Mechanisch - biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ - Beiträge der 1. Tagung am 13./14. März 1996 in Potsdam

Nelles M., Harant M.: Untersuchungen zur Verringerung des oberen Heizwertes bei der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung; veröffentlicht in: DepoTech 1998 - Restabfallbehandlung, Deponietechnik und Altlastenproblematik, Konferenzbericht der 4. DepoTech in Leoben (A) von 17.-19.11.98, A.A. Balkema, Rotterdam/Brookfield 1998

7.3 Deponieverhalten und deponiebezogene Anforderungen

Bidlingmaier W., Rieger A.: Langzeitverhalten von Deponien aus mechanisch-biologisch vorbehandeltem Restmüll - Teilaspekt Setzungen; veröffentlicht in: Universität Potsdam, Zentrum für Umweltwissenschaften, FG Ökotechnologie: BMBF - Verbundvorhaben „Mechanisch - biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ - Beiträge der 1. Tagung am 13./14. März 1996 in Potsdam

Dach J., Jager J.: Ansätze zur Modellierung des Stoff- und Wärmetransportes in Deponien nach mechanisch-biologischer Abfallbehandlung (MBA); veröffentlicht in: Universität Potsdam, Zentrum für Umweltwissenschaften, FG Ökotechnologie: BMBF - Verbundvorhaben „Mechanisch - biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ - Beiträge der 1. Tagung am 13./14. März 1996 in Potsdam

Dach J., Müller W.: Wissenschaftlicher Kenntnisstand der Gasentwicklung und Sickerwasserbelastung von Deponien mit Abfällen nach MBA, Anlage 3 zum: Gleichwertigkeitsnachweis nach Ziffer 2.4 TASI für die Ablagerung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen auf der Deponie „Lübben-Ratsvorwerk“, Kommunaler Abfallentsorgungsverband „Niederlausitz“ - KAEV (Auftraggeber);, April 1998

Danhamer H., Obermann I. u.a.: Emissionsprognosemodell für mechanisch-biologisch vorbehandelte Abfälle; veröffentlicht in Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF: Tagungsband des BMBF-Statusseminars zum Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, 17.-19. März 1999, Potsdam

Düllmann H., Obernosterer I.: Grundbautechnische Fragen bei Deponien für MBA-Output; veröffentlicht in Arbeitsgemeinschaft Stoffstromspezifische Abfallbehandlung - ASA (Hrsg.): Tagungsband der 2. Niedersächsischen Abfalltage - Fachtagung - Stand der Technik der MBA - 2. Bis 4. März 1998 in Oldenburg

Ehrig H.-J. - Bergische Universität-Gesamthochschule Wuppertal - Fachgebiet Abfall- und Siedlungswasserwirtschaft: BMBF-Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, Teilvorhaben 3 / 4: Anforderungen an und Bewertung von biologischen Vorbehandlungen für die Ablagerung, Abschlußbericht (Entwurf), Wuppertal, Dezember 1998

Ehrig H.-J., Brinkmann U.: BMBF-Verbundvorhaben Deponiekörper, Zusammenfassender Abschlußbericht zum Arbeitsgebiet Siedlungsabfälle (Teilvorhaben 3-7), Hrsg: BMBF-Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung im Umweltbundesamt, Berlin 1998

Fischer K., Brumbach M.: Langzeitversuch von vorbehandelten Siedlungsabfällen am Beispiel einer Rottedeponie; veröffentlicht in Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF: Tagungsband des BMBF-Statusseminars zum Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, 17.-19. März 1999, Potsdam

Förstner U., Hirschmann G.: BMBF-Verbundvorhaben Deponiekörper, Teilvorhaben 1, Langfristiges Deponieverhalten von Müllverbrennungsschlacken, Förderkennzeichen: 1460799A (Hrsg.): Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF, Berlin 1997

Gallenkemper B., Eitner R. u.a: Nachsorgekosten und deren Veränderung durch die Ablagerung von MBA-Output; veröffentlicht in Arbeitsgemeinschaft Stoffstromspezifische Abfallbehandlung - ASA (Hrsg.): Tagungsband der 2. Niedersächsischen Abfalltage - Fachtagung - Stand der Technik der MBA - 2. bis 4. März 1998 in Oldenburg

Hennecke D., Hund K. u.a.: Langzeitverhalten von biologisch-mechanisch vorbehandeltem Restmüll auf der Deponie, Entwicklung eines Parameteransatzes und Risikoanalyse; veröffentlicht in Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF: Tagungsband des BMBF-Statusseminars zum Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, 17.-19. März 1999, Potsdam

Hildenbrand H.: Stabilisierung von Restmüll durch pedogene Immobilisierung; veröffentlicht in Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF: Tagungsband des BMBF-Statusseminars zum Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, 17.-19. März 1999, Potsdam

Höring K., Brinkmann U. u.a.: Anforderungen an und Bewertung von mechanisch-biologischen Behandlungsverfahren für die Ablagerung; veröffentlicht in: Universität Potsdam, Zentrum für Umweltwissenschaften, FG Ökotechnologie: BMBF - Verbundvorhaben „Mechanisch - biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ - Beiträge der 1. Tagung am 13/14. März 1996 in Potsdam

Höring K., Ehrig H.-J.: Anforderungen an und Bewertung von biologischen Vorbehandlung für die Ablagerung; veröffentlicht in Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF: Tagungsband des BMBF-Statusseminars zum Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, 17.-19. März 1998, Potsdam

Kettern J., Drees K.-T.: Verfahrensbegleitende Lysimeteruntersuchungen zum Bau und zur Betriebsoptimierung der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsanlage Horm (Kreis Düren); veröffentlicht in Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF: Tagungsband des BMBF-Statusseminars zum Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, 17.-19. März 1998, Potsdam

Kögel-Knabner I., Pichler M.: Humifizierungsprozesse während der Rotte und Deponierung von Restmüll; veröffentlicht in Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF: Tagungsband des BMBF-Statusseminars zum Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, 17.-19. März 1998, Potsdam

Kögel-Knabner I., Pichler M.: Huminstoffhaushalt bei Behandlung und Ablagerung von Restabfall; veröffentlicht in: Universität Potsdam, Zentrum für Umweltwissenschaften, FG Ökotechnologie: BMBF - Verbundvorhaben „Mechanisch - biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen,“ - Beiträge der 1. Tagung am 13./14. März 1996 in Potsdam

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen: Wasserstoffentwicklung auf einer Monodeponie für Reststoffe aus der Müllverbrennung, unveröffentlichter Entwurf

Maile A., Halfmann A. u.a.: Langzeitverhalten von mechanisch-biologisch vorbehandeltem Restmüll auf der Deponie - Abfallmechanische Kenngrößen und Emissionsverhalten; veröffentlicht in Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF: Tagungsband des BMBF-Statusseminars zum Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, 17.-19. März 1998, Potsdam

Stegmann R., Leikam H. u.a.: Deponieprognose, Deponiesimulation und angepasste Deponietechnik für mechanisch-biologisch vorbehandelte Restabfälle; veröffentlicht in Arbeitsgemeinschaft Stoffstromspezifische Abfallbehandlung - ASA (Hrsg.): Tagungsband der 2. Niedersächsischen Abfalltage - Fachtagung - Stand der Technik der MBA - 2. bis 4. März 1998 in Oldenburg

Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF (Hrsg.): Verbundvorhaben Deponiekörper, 2. Statusseminar am 4. und 5. Februar in Wuppertal,

7.4 Gleichwertigkeitsnachweis

Doedens H. Grieße A.: Nachweis der Gleichwertigkeit gemäß den Schutzziele der TASI; veröffentlicht in Arbeitsgemeinschaft stoffstromspezifische Abfallbehandlung - ASA (Hrsg.): Tagungsband der 2. Niedersächsischen Abfalltage - Fachtagung - Stand der Technik der MBA - 2. bis 4. März 1998 in Oldenburg

Fricke K., Müller W.: Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung nach dem Jahr 2005 in Deutschland - Gleichwertigkeitsnachweis nach Ziffer 2.4 der TA Siedlungsabfall; veröffentlicht in: DepoTech 1998 - Restabfallbehandlung, Deponietechnik und Altlastenproblematik, Konferenzbericht der 4. DepoTech in Leoben (A) von 17.-19.11.98, A.A. Balkema, Rotterdam/Brookfield 1998

Kommunaler Abfallentsorgungsverband Niederlausitz (Auftraggeber): Gleichwertigkeitsnachweis nach Ziffer 2.4 TASI für die Ablagerung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen auf der Deponie „Lübben-Ratsvorwerk“, April 1998

7.5 Luftreinhaltung, Gewässerschutz sowie Arbeits- und Gesundheitsschutz

7.5.1 Luftreinhaltung

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie und Umweltbundesamt (Österreich): Abluftemissionen aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung in Österreich, Wien 1998

Doedens H., Cuhls C.: Emissionen bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung - Parameter, Meßtechnik und Bewertung; veröffentlicht in: Bio- und Restabfallbehandlung III, M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen 1999

Doedens H., Cuhls C.: Bilanzierung von Umweltchemikalien bei der biologischen Vorbehandlung von Restabfällen, Phase 1: Screening, Emissionsqualität und Stoffliste, BMBF-Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung von zu deponierenden Abfällen“ Teilvorhaben 4/3 FKZ: 149 09 59, Abschlußbericht 1998

Doedens H., Cuhls C.: Emissionen aus mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen; veröffentlicht in: DepoTech 1998 - Restabfallbehandlung, Deponietechnik und Altlastenproblematik, Konferenzbericht der 4. DepoTech in Leoben (A) von 17.-19.11.98, A.A. Balkema, Rotterdam/Brookfield 1998

Doedens H., Cuhls C. u.a.: Bilanzierung von Umweltchemikalien bei der biologischen Vorbehandlung von Restabfällen; veröffentlicht in Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF: Tagungsband des BMBF-Statusseminars zum Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, 17.-19. März 1998, Potsdam

Doedens H., Cuhls C.: Viel warme Luft - Der im BImSchV-Entwurf geforderte Grenzwert für Organik in der Abluft kann von mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen derzeit nicht eingehalten werden, Müllmagazin 4/1998

Doedens H., Cuhls C.: Screening und Bilanzierung von Umweltchemikalien bei der Restabfallbehandlung; veröffentlicht in: Universität Potsdam, Zentrum für Umweltwissenschaften, FG Ökotechnologie: BMBF - Verbundvorhaben „Mechanisch - biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ - Beiträge der 1. Tagung am 13./14. März 1996 in Potsdam

Ketelsen K., Cuhls C.: Emissionen bei der mechanisch-biologischen Behandlung von Restabfällen und deren Minimierung bei gekapselten MBA-Systemen; in: Bio- und Restabfallbehandlung III, M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen 1999

Lahl U., Zeschmar-Lahl B.: Mit den Aufgaben wachsen - Emissionswerte für MBA stellen den Stand der Technik vor neue Herausforderungen, Müllmagazin 4/1998

Schmiedel, Th.: Emissionen und deren Minimierung im Luftpfad offener Anlagen zur mechanisch-biologischen Behandlung von Restabfall (MBA-Anlagen); in: Bio- und Restabfallbehandlung III, M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen 1999

Umweltbundesamt, Österreich (Hrsg.): Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung, Anlage Allerheigen, Wien, Nov. 1999

Umweltbundesamt, Österreich (Hrsg.): Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung, Anlage Siggerwiesen, Wien, Nov. 1998

Wengenroth, K.: Emissionen bei der mechanisch-biologischen Behandlung von Restabfällen und deren Minimierung bei der Trockenstabilisierung am Beispiel Aßlar; in: Bio- und Restabfallbehandlung III, M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen 1999

7.5.2 Gewässerschutz

Loll U.: Sickerwasser aus Kompostierungs- und Anaerobanlagen; veröffentlicht in Bio- und Restabfallbehandlung II, Reihe Witzenhausen-Institut, M.I.C.-Beaza-Verlag, Witzenhausen 1988

7.5.3 Arbeits- und Gesundheitsschutz

Billmaier K., Büßelberg F.: Erfassung der Staub- und Keimemissionen im Handsortierbereich der MBRA Horm; veröffentlicht in Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF: Tagungsband des BMBF-Statusseminars zum Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, 17.-19. März 1999, Potsdam

Drees K.: Rotte- und Emissionsverhalten von mechanisch-biologisch vorbehandeltem Restmüll und Keim- und Staubemissionen im Bereich der Lesebühne einer Sortieranlage; veröffentlicht in: Universität Potsdam, Zentrum für Umweltwissenschaften, FG Ökotechnologie: BMBF - Verbundvorhaben „Mechanisch - biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ - Beiträge der 1. Tagung am 13./14. März 1996 in Potsdam

Umweltbundesamt, Österreich (Hrsg.): Hygienefragen in der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung, Wien, Sept. 1998

7.6 Klimarelevanz, Verfahrensvergleiche und Verfahrenskombinationen

Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung: Anthropogene N₂O- und CH₄-Emissionen in der Bundesrepublik Deutschland - Phase II, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Forschungsbericht 104 01 108/02, 1996

Fricke K, Turk T. u.a.: Status quo der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung (MBR) und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen bei der Einbindung mechanisch-biologischer Restabfallbehandlungsverfahren in abfallwirtschaftliche Gesamtkonzeptionen; veröffentlicht in: Universität Potsdam, Zentrum für Umweltwissenschaften, FG Ökotechnologie: BMBF - Verbundvorhaben „Mechanisch - biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ - Beiträge der 1. Tagung am 13./14. März 1996 in Potsdam

Giegrich J.: Ökologische Bilanzierung in der Abfallwirtschaft; veröffentlicht in Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF: Tagungsband des BMBF-Statusseminars zum Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, 17.-19. März 1999, Potsdam

Hessische Landesanstalt für Umwelt: Systemvergleich Restabfallbehandlung (Langfassung), Vergleichende Untersuchung zu den Umweltauswirkungen unterschiedlicher Verfahren der Restabfallbehandlung, Dieburg/Darmstadt, Feb. 1994

Hofer M. Nelles M.: Grundlagen für einen ökologischen Vergleich zur Restabfallbehandlung; veröffentlicht in: DepoTech 1998 - Restabfallbehandlung, Deponietechnik und Altlastenproblematik, Konferenzbericht der 4. DepoTech in Leoben (A) von 17.-19.11.98, A.A. Balkema, Rotterdam/Brookfield 1998

Ketelsen K., Fehre E.: Kombinationsverfahren - Konzeptionen, Rahmenbedingungen, Kosten und Erfahrungen; veröffentlicht in Arbeitsgemeinschaft stoffstromspezifische Abfallbehandlung - ASA (Hrsg.): Tagungsband der 2. Niedersächsischen Abfalltage - Fachtagung - Stand der Technik der MBA - 2. Bis 4. März 1998 in Oldenburg

Ketelsen K., Lahl U. u.a.: Möglichkeiten der Kombination von mechanisch-biologischer und thermischer Behandlung von Restabfällen; veröffentlicht in Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF: Tagungsband des BMBF-Statusseminars zum Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, 17.-19. März 1999, Potsdam

Koller M., Soyez K.: Ökologische Bewertung der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung - Methoden, Stand, Ausblick; veröffentlicht in Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF: Tagungsband des BMBF-Statusseminars zum Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, 17.-19. März 1999, Potsdam

Koller M.: Ansätze für eine ökologische Systembewertung - Ökobilanzen zur Restabfallbehandlung; veröffentlicht in: Universität Potsdam, Zentrum für Umweltwissenschaften, FG Ökotechnologie: BMBF - Verbundvorhaben „Mechanisch - biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ - Beiträge der 1. Tagung am 13./14. März 1996 in Potsdam

Lahl U., Zeschmar-Lahl B.: Methodische Ansätze zur Bewertung der heizwertreichen Fraktion; veröffentlicht in Arbeitsgemeinschaft Stoffstromspezifische Abfallbehandlung - ASA (Hrsg.): Tagungsband der 2. Niedersächsischen Abfalltage - Fachtagung - Stand der Technik der MBA - 2. bis 4. März 1998 in Oldenburg

Paraknewitz-Kalla C., Damiecki R.: MBRA-Horm - Optimierung und Kombination mit thermischen Verfahren; veröffentlicht in Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF: Tagungsband des BMBF-Statusseminars zum Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, 17.-19. März 1999, Potsdam

Schwing E., Jager J.: Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung unter Einbindung thermischer Verfahren für Teilfraktionen; veröffentlicht in Umweltbundesamt, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF: Tagungsband des BMBF-Statusseminars zum Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, 17.-19. März 1999, Potsdam

7.7 Kosten der Restabfallbehandlungsverfahren

Auksutat, M.: Kostenstrukturen der biologischen, mechanisch-biologischen und thermischen Abfallbehandlung; in: Bio- und Restabfallbehandlung III, M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen 1999

Bilitewski B.: Wirtschaftlicher Vergleich von Verfahren zur Restabfallbehandlung; veröffentlicht in: DepoTech 1998 - Restabfallbehandlung, Deponietechnik und Altlastenproblematik, Konferenzbericht der 4. DepoTech in Leoben (A) von 17.-19.11.98, A.A. Balkema, Rotterdam/Brookfield 1998

Bilitewski B., Heilmann A.: Kostenstrukturen für die stoffstromspezifische Restabfallbehandlung; veröffentlicht in: Universität Potsdam, Zentrum für Umweltwissenschaften, FG Ökotechnologie: BMBF - Verbundvorhaben „Mechanisch - biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ - Beiträge der 1. Tagung am 13./14. März 1996 in Potsdam

7.8 Gesetze und Rechtsvorschriften

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (**Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG**) vom 14. Mai 1990

Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (**Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV**) vom 14. März 1997

Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (**Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe - 17. BImSchV**) vom 23. November 1990

Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (**Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz -Krw-/AbfG**) vom 27.09.1994

Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (**TA Siedlungsabfall/TA Si**) - Technische

Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen vom 14. Mai 1993

Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (**Wasserhaushaltsgesetz - WHG**) vom 12.11.1996

Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährungsblassen (**Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe - VwVwS**) vom 17. Mai 1999

Muster-Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (**Muster-VAwS**) der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser-LAWA

Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (**Abwasserverordnung - AbwV**) in der bekanntgemachten Neufassung vom 9. Februar 1999

8 Anlagenverzeichnis:

- Anlage 1** Übersicht der MBA'n in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: Dezember 1998)
- Anlage 2** BMBF-Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung von zu deponierenden Abfällen“ - Bearbeitungsstand der Projekte
- Anlage 3** Gleichwertigkeitsnachweis für die Deponie Lübben-Ratsvorwerk (Zusammenfassung)
- Anlage 4** „Anforderungsprofil an Anlagen zur mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung“ des Thüringer Ministeriums für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt
- Anlage 5** Zusammenfassung der aktuellen Ergebnisse des BMBF-Verbundvorhabens „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ durch den Koordinator, Herrn Dr. Soyez (Forschungsgruppe Ökotechnologie der Universität Potsdam)