



BZL Kommunikation und Projektsteuerung GmbH

*Einsatz einer organischen
Feinfraktion aus mechanisch-
biologischer Abfallbehandlung in
der Bodenbehandlung –
Fachliche Stellungnahme aus
abfallwirtschaftlicher und
ökologischer Sicht*

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
Auftraggeber:

Nehlsen Servicecenter

Nord Ost GmbH & Co. KG

Erstellt von Dipl.-Biol. Barbara Zeschmar-Lahl

Oyten, den 10. Januar 2002

Gliederung

1	VERANLASSUNG	1
2	FRAGESTELLUNG	1
3	METHODISCHES VORGEHEN	2
4	FACHLICHE GRUNDLAGEN DER BEARBEITUNG	4
4.1	ABFALLWIRTSCHAFTLICHE BETRACHTUNG – KRITERIEN NACH KREISLAUFWIRTSCHAFTS- UND ABFALLGESETZ (KRW-/ABFG)	4
4.1.1	Ordnungsgemäßheit der Verwertung	4
4.1.1.1	Einklang mit den Vorschriften des KrW-/AbfG sowie anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften.....	4
4.1.1.2	Hauptzweck der Maßnahme.....	4
4.1.2	Schadlosigkeit der Verwertung.....	5
4.1.3	Hochwertigkeit der Verwertung.....	6
4.2	WEITERE ÖKOLOGISCHE ASPEKTE	6
5	BESCHREIBUNG DES PRÜFGEGENSTANDES	7
5.1	DAS BIODEGMA-VERFAHREN	7
5.2	CHARAKTERISIERUNG DER ORGANIKFEINFRAKTION	7
5.3	PLAUSIBILITÄT DER AUSSAGEN	8
5.4	WEITERE DEFIZITE	11
6	ERGEBNIS DER PRÜFUNG AUS ABFALLWIRTSCHAFTLICHER SICHT	12
6.1.1	Untersuchte Optionen des Einsatzes der Organikfeinfraktion.....	12
6.2	PRÜFUNG DER ORDNUNGSGEMÄßHEIT	12
6.2.1	Einklang mit den Vorschriften des KrW-/AbfG sowie anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften 12	
6.2.1.1	Option 1: Verwendung als Zuschlagmaterial in Bodenreinigungsanlagen.....	12
6.2.1.2	Option 2: Verwendung als Rekultivierungsschicht	14
6.2.1.3	Option 3: Zuschlagen zur hochkalorischen Fraktion	16
6.2.2	Hauptzweck der Maßnahme.....	18
6.2.2.1	Option 1: Verwendung als Zuschlagmaterial in Bodenreinigungsanlagen.....	18
6.2.3	Option 2: Verwendung als Rekultivierungsschicht	24
6.2.4	Option 3: Zuschlagen zur hochkalorischen Fraktion	24
6.3	PRÜFUNG DER SCHADLOSIGKEIT	25
6.3.1	Option 1: Verwendung als Zuschlagmaterial in Bodenreinigungsanlagen.....	25
6.3.1.1	Zu erwartenden Emissionen	25
6.3.1.2	Ziel der Schonung der natürlichen Ressourcen	29
6.3.1.3	Einzusetzende oder zu gewinnende Energie	30
6.3.1.4	Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, Abfällen zur Verwertung oder daraus gewonnenen Erzeugnissen	30
6.3.1.5	Ergebnis für Option 1	31
6.3.2	Option 2: Verwendung als Rekultivierungsschicht	32
6.3.3	Option 3: Zuschlagen zur hochkalorischen Fraktion	32

6.4	HOCHWERTIGE VERWERTUNG	32
6.5	ZUSAMMENFASSUNG: BEWERTUNG AUS ABFALLWIRTSCHAFTLICHER SICHT	33
7	WEITERE ÖKOLOGISCHE ASPEKTE	35
7.1	UMWELTPOLITISCHE ZIELE	35
7.2	PRÄZEDENZWIRKUNG	36
8	FAZIT	38
9	REFERENZEN.....	39

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1:	Gewähltes methodisches Vorgehen.....	3
---------	--------------------------------------	---

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1:	Massenbilanz des BIODEGMA-Verfahrens	8
Tab. 2:	Zuordnungswerte Boden bzw. Recyclingbaustoffe nach LAGA, sowie nach TASI für das Eluat eines abzulagernden Abfalls	9
Tab. 3:	Vergleich der Zuordnungswerte der TASI Anhang B und AbfAbIV für organische Parameter.....	10
Tab. 4:	Zulässige Feststoffgehalte und Eluatkonzentrationen für Materialien zur Herstellung von Rekultivierungsschichten, nach DepV (Entwurf)	16
Tab. 5:	Modellrechnung: Zuschlag Organikfeinfraktion zur heizwertreichen Fraktion	17
Tab. 6:	Schadstoffgehalte in der Organikfeinfraktion sowie in Strukturmaterial (Komposte und Stroh); alle Angaben in mg/kg Trockensubstanz (Feststoff); 75-P. = 75-Perzentil	21
Tab. 7:	Eluat-Untersuchungen von Feinfraktionen nach mechanisch-biologischer Aufbereitung.....	23
Tab. 8:	Vergleich der Annahmegrenzwerte der Bodenbehandlungsanlage Lünen für Böden und Abfälle mit den LAGA-Zuordnungswerten Boden	32
Tab. 9:	Bewertung aus abfallwirtschaftlicher Sicht – Zusammenstellung der Ergebnisse.....	34

1 Veranlassung

Die Landkreise Bad Doberan und Güstrow planen, die Dienstleistung zur ordnungsgemäßen Entsorgung anschlusspflichtiger Abfälle in geeigneten Anlagen zur Restabfallbehandlung und -beseitigung zu vergeben. Der nach einem offenen Vergabeverfahren vom durchführenden Ingenieurbüro Dali & Partner GmbH (i.F. DALI) nach den festgelegten Zuschlagskriterien Wirtschaftlichkeit, Entsorgungssicherheit und umweltrelevante Angaben ermittelte Bestbieter ist die UMWELTSCHUTZ NORD KOMPOSTSYSTEME GmbH & Co., Ganderkesee (1).

Das Anlagenkonzept von UMWELTSCHUTZ NORD beinhaltet eine mechanisch-biologische Abfallbehandlung von Restabfall¹ und Sperrmüll² nach dem BIODEGMA-Verfahren. Stoffströme der Behandlung sind insbesondere drei heizwertreiche Fraktionen, eine Inertstofffraktion und eine Organikfeinfraktion. Letztere soll als Zuschlagmaterial in einer Bodenreinigungsanlage „verwertet“ werden. Alternativ soll das Material der heizwertreichen Fraktion zugeschlagen und energetisch verwertet werden. Nach der Verfahrensbeschreibung (1) und Aussagen von DALI (2) ist weiterhin eine Verwendung als Deponieabdeckung vorgesehen. Diese Einsatzmöglichkeit wird im Folgenden mit berücksichtigt.

Die Behandlung eines aufbereiteten Teilstroms aus Restabfällen in der Bodenaufbereitung ist in der bisherigen rechtlichen und fachlichen Diskussion um beispielsweise die Abfallablagerversordnung nicht vorgesehen gewesen. Dies ist sicherlich auch der Hintergrund, dass die Konzeptionen aller relevanten Marktteilnehmer in Deutschland die Erzeugung von Boden/Bodensubstituten aus Restabfall nicht vorsehen. Daher stellt sich die Frage nach der abfallwirtschaftlichen und ökologischen Bewertung der vorgesehenen Verwendung der erzeugten Organikfeinfraktion.

Die BZL GmbH ist von der Nehlsen Servicecenter Nord Ost GmbH & Co. KG beauftragt worden, für diese Fragestellung eine fachliche Stellungnahme zu erarbeiten. Diese wird hiermit vorgelegt.

2 Fragestellung

Im Rahmen der fachlichen Stellungnahme sind die folgenden Fragen zu beantworten:

Aus abfallwirtschaftlicher Sicht:

1. Stellt die Verwendung der Organikfeinfraktion als Zuschlagmaterial in der Bodenbehandlung eine stoffliche Verwertung dar?
2. Stellt die Verwendung der Organikfeinfraktion als Deponieabdeckungsmaterial eine stoffliche Verwertung dar?
3. Stellt der Zuschlag der Organikfeinfraktion zur heizwertreichen Fraktion eine energetische Verwertung dar?

¹ Restabfälle = die nach Vermeidung und getrennter Erfassung von Wertstoffen verbleibende Siedlungsabfälle
Siedlungsabfälle, Definition nach AbfAbIV: Abfälle aus Haushaltungen sowie andere Abfälle, die aufgrund ihrer Beschaffenheit oder Zusammensetzung den Abfällen aus Haushaltungen ähnlich sind.

² Sperrmüll, Definition nach TASI: feste Abfälle, die wegen ihrer Sperrigkeit nicht in die im Entsorgungsgebiet vorgeschriebenen Behälter passen und getrennt vom Hausmüll gesammelt und transportiert werden.

Aus ökologischer Sicht:

4. Wie ist die Einbringung der Organikfeinfraktion aus der MBA in die Bodenbehandlung mit Blick auf die umweltpolitischen Ziele in Deutschland zu bewerten?
5. Welche Auswirkungen hat die Zulassung dieser Maßnahme auf die zukünftige abfallwirtschaftliche Entwicklung in Deutschland?

3 Methodisches Vorgehen

Für die Bearbeitung der genannten Fragestellungen wird das im Folgenden beschriebene methodische Vorgehen gewählt.

Teil 1:

In einem ersten Teil erfolgt eine naturwissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Frage, in wieweit die vorgesehenen Maßnahmen mit den Kriterien des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) (3) für eine Verwertung kompatibel sind. Dabei wird abgestuft vorgegangen.

Stufe 1:

In der ersten Stufe wird untersucht, ob die jeweiligen Maßnahmen nach den Kriterien des KrW-/AbfG als ordnungsgemäß zu betrachten sind. Prüfkriterien sind zum einen der „Einklang mit den Vorschriften des KrW-/AbfG sowie anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften“, zum anderen der „Hauptzweck der Maßnahme“.

Führt diese Prüfung für eines der genannten Kriterien zu einem eindeutigen negativen Ergebnis, wäre die von UMWELTSCHUTZ NORD vorgesehene Verwendung nicht zulässig. In diesem Fall wird auf die Prüfung weiterer Kriterien verzichtet.

Stufe 2:

In der zweiten Stufe wird in Fällen, bei denen die Ordnungsgemäßheit nicht zweifelsfrei gegeben ist, die Schadlosigkeit der jeweiligen Maßnahme betrachtet. In der juristischen Fachliteratur gibt es unterschiedliche Einschätzungen in der Frage, ob dem Begriff der Schadlosigkeit gegenüber dem Begriff der Ordnungsgemäßheit ein eigenständiger Regelungsinhalt zukommt (4). Er spricht insoweit Bereiche an, in denen durch die Verwertung zwar keine rechtsspezifischen Vorschriften verletzt werden, sie aber gleichwohl zu Beeinträchtigungen des Allgemeinwohls führen kann (5). Dem Zusatz kommt nach (5) zumindestens die Bedeutung einer Auslegungshilfe zu, wonach Schadhaftigkeit einer nicht dem formalen Ordnungsrecht widersprechenden Verwertung materiell einer Ordnungswidrigkeit gleichgestellt wird.

Als Prüfkriterien für diese Untersuchung werden die naturwissenschaftlich operationalisierbaren Anforderungen des § 5 Abs. 5 KrW-/AbfG herangezogen. Bei einer nicht gegebenen Schadlosigkeit der Verwertung wird hier die Auffassung vertreten, dass diese Maßnahme nicht zulässig ist.

Stufe 3:

In einer dritten Stufe wird ergänzend die Hochwertigkeit der Maßnahme betrachtet. Dieses Kriterium des KrW-/AbfG hat nur appellierenden Charakter („... ist anzustreben“). Als Kriterium wird hier Dissipation von Schadstoffen herangezogen.

Teil 2:

In zweiten Teil wird eine ökologische Betrachtung durchgeführt. Darin wird diskutiert, wie eine Verwendung der Organikfeinfraktion in der Bodenbehandlung im Kontext umweltpolitischer Zielvorstellungen zu bewerten ist und welche Signalfunktion (Präzedenzfall) eine Anerkennung dieser Maßnahme als „Verwertung“ aus ökologischer Sicht zukäme.

Abb. 1 gibt einen Überblick über das gewählte methodische Vorgehen.

Im folgenden Kapitel werden die fachlichen Grundlagen für das beschriebene Vorgehen näher dargestellt.

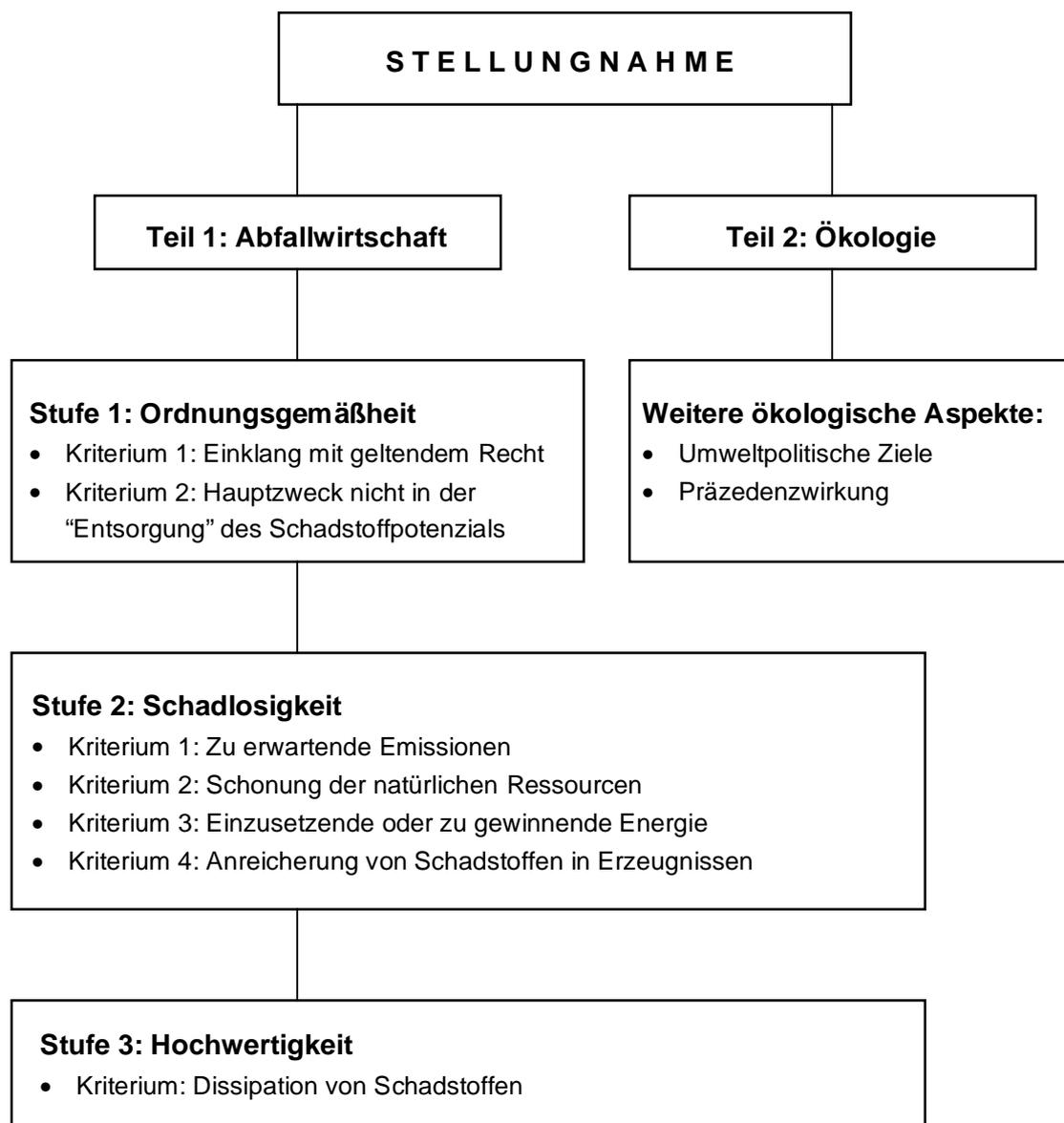


Abb. 1: Gewähltes methodisches Vorgehen

4 Fachliche Grundlagen der Bearbeitung

4.1 Abfallwirtschaftliche Betrachtung – Kriterien nach Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG)

Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) hat verschiedene Anforderungen formuliert, nach denen eine Maßnahme als Verwertung und nicht als Beseitigung gilt. Diese sind insbesondere

- Ordnungsgemäßheit und Schadlosigkeit der Verwertung,
- Hochwertigkeit der Verwertung.

4.1.1 Ordnungsgemäßheit der Verwertung

Nach § 5 Abs. 2 KrW-/AbfG hat die Verwertung nicht vermeidbarer Abfälle grundsätzlich Vorrang vor deren Beseitigung. Die Verwertung hat **ordnungsgemäß** und schadlos zu erfolgen (§ 5 Abs. 3 KrW-/AbfG).

Eine Verwertung ist ordnungsgemäß, wenn sie im Einklang mit den Vorschriften des KrW-/AbfG sowie anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften steht und der Hauptzweck der Maßnahme auf eine Verwertung gerichtet ist.

4.1.1.1 Einklang mit den Vorschriften des KrW-/AbfG sowie anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften

Dies umfasst nicht nur das KrW-/AbfG selbst, sondern auch die darauf gestützten Rechtsverordnungen (z.B. AbfAbIV) und Verwaltungsvorschriften (z.B. TASi). Zu den anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften, aus denen sich Anforderungen an die Verwertung ableiten, zählen Gesetze, welche z.B. die Einhaltung von Schutz- und Vorsorgepflichten hinsichtlich schädlicher Umwelteinwirkungen auf die Schutzgüter und Ressourcen Boden und Grundwasser enthalten, u.a. das BImSchG, das BBodSchG, das WHG und weitere, sowie darauf gestütztes untergesetzliches Regelwerk.

4.1.1.2 Hauptzweck der Maßnahme

Die Ordnungsgemäßheit der Verwertung beinhaltet die Einhaltung von § 4 Abs. 4 KrW-/AbfG, wonach der **Hauptzweck der Maßnahme** auf eine Verwertung, das heißt auf eine Nutzung des Abfalls, gerichtet sein muss, wobei insbesondere Art und Ausmaß der Verunreinigungen des einzelnen Abfalls und die durch seine Behandlung entstehenden Emissionen zu berücksichtigen sind.

Nach § 4 Abs. 3 KrW-/AbfG beinhaltet die stoffliche Verwertung

„... die Substitution von Rohstoffen durch das Gewinnen von Stoffen aus Abfällen (sekundäre Rohstoffe) oder die Nutzung der stofflichen Eigenschaften der Abfälle für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke mit Ausnahme der unmittelbaren Energierückgewinnung. Eine stoffliche Verwertung liegt vor, wenn nach einer wirtschaftlichen Betrachtungsweise, unter Berücksichtigung der im einzelnen Abfall bestehenden

Verunreinigungen, der Hauptzweck der Maßnahme in der Nutzung des Abfalls und nicht in der Beseitigung des Schadstoffpotenzials liegt.“

Nach § 4 Abs. 4 KrW-/AbfG beinhaltet die energetische Verwertung

„... den Einsatz von Abfällen als Ersatzbrennstoff; Für die Abgrenzung ist auf den Hauptzweck der Maßnahme abzustellen. Ausgehend vom einzelnen Abfall, ohne Vermischung mit anderen Stoffen, bestimmen Art und Ausmaß seiner Verunreinigungen sowie die durch die Behandlung anfallenden weiteren Abfälle und entstehenden Emissionen, ob der Hauptzweck der Maßnahme auf die Verwertung oder die Behandlung gerichtet ist.“

Nach § 4 Abs. 4 KrW-/AbfG ist bei der Frage des Hauptzwecks der Maßnahme (Verwertung oder Beseitigung) der einzelne Abfall **ohne Vermischung mit anderen Stoffen** zu prüfen.

Abfälle zur Verwertung sind nach § 5 Abs. 2 Satz 4 KrW-/AbfG sind, soweit dies zur Erfüllung der Anforderungen nach den §§ 4 und 5 erforderlich ist, getrennt zu halten und zu behandeln. Dies bedeutet ein **Vermischungsverbot** für zu verwertende Abfälle (6). Die Pflicht der Getrennthaltung gilt konkret z.B. für Maßnahmen, bei denen der Hauptzweck in der Nutzung des Abfalls liegt (z.B. energetische Verwertung). Das Bund/Länder-Konsenspapier zum Abfallbegriff erläutert dies (7):

„Der Vermischungsvorgang ist als Teil eines zielgerichteten Behandlungsvorgangs zu beurteilen. Sind z.B. bei einer vorgesehenen Maßnahme der energetischen Verwertung in dem Gemisch Abfälle, die einer energetischen Verwertung nicht zugänglich sind, weil sie z.B. keinen oder nur einen geringen Heizwert (s. III. 2.1.3.1.1) aufweisen oder deren Schadstoffgehalt zur Einhaltung der Annahmegrenzwerte einer Anlage durch Verdünnung reduziert werden soll, so kann ihre Vermischung und ihr späterer Einsatz gemeinsam mit heizwertreichen Abfällen oder schadstoffarmen Hilfs- oder Brennstoffen in thermischen Prozessen nicht als energetische Abfallverwertung angesehen werden.

Bei einheitlicher Betrachtung des Vermischens- und des nachfolgenden Behandlungsvorganges stellt sich die Gesamtmaßnahme dem Hauptzweck nach vielmehr als Beseitigung dar.“

4.1.2 Schadlosigkeit der Verwertung

Die Verwertung hat ordnungsgemäß und **schadlos** zu erfolgen (§ 5 Abs. 3 KrW-/AbfG). Sie erfolgt schadlos, wenn nach der Beschaffenheit der Abfälle, dem Ausmaß der Verunreinigungen und der Art der Verwertung Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit nicht zu erwarten sind (§ 5 Abs. 3 Satz 3 KrW-/AbfG), insbesondere keine Schadstoffanreicherung im Wertstoffkreislauf erfolgt. Nach § 5 Abs. 5 KrW-/AbfG entfällt der Vorrang der Verwertung von Abfällen, wenn deren Beseitigung die umweltverträglichere Lösung darstellt. Dabei sind insbesondere zu berücksichtigen:

1. die zu erwartenden Emissionen,
2. das Ziel der Schonung der natürlichen Ressourcen,
3. die einzusetzende oder zu gewinnende Energie und
4. die Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, Abfällen zur Verwertung oder daraus gewonnenen Erzeugnissen.

Hösel/von Lersner kommentieren diese Anforderungen wie folgt (8):

Bei den **zu erwartenden Emissionen** sind nicht nur die Emissionen in die Luft, sondern auch in Wasser und Boden gemeint. Zu vergleichen sind die Emissionen „von der Wiege bis zu Bahre“, also auch die der Energie- und Rohstoffgewinnung, des Transports und der jeweiligen Behandlung.

Bei der **Schonung der natürlichen Ressourcen** sind nicht nur wirtschaftliche Ressourcen wie Rohstoffe, sondern auch Wasser, Luft, Boden oder Artenvielfalt, zu betrachten.

Die **einzusetzende oder zu gewinnende Energie** ist ebenfalls „von der Wiege bis zu Bahre“ zu vergleichen, einschließlich der für Gewinnung, Transport und Behandlung erforderlichen Energie.

Die **Anreicherung von Schadstoffen** in Erzeugnissen, Abfällen zur Verwertung usw. wird im Bund/Länder-Konsepapier zum Abfallbegriff konkretisiert (9):

„Eine Anreicherung von Schadstoffen im Wertstoffkreislauf im Rahmen einer Verwertungsmaßnahme ist nicht zulässig. So kann sich z.B. die Verwertung von Abfällen dadurch als problematisch erweisen, dass in das aus der Verwertung gewonnene Produkt erheblich mehr Schadstoffe eingehen, die bei einer späteren Entsorgung zu größeren Umweltbelastungen führen können, als dies bei der Herstellung des Produkts aus Rohstoffen der Fall wäre. Die Schadlosigkeit einer Verwertung setzt somit u.a. voraus, dass es zu keiner Anreicherung von Schadstoffen im Wertstoffkreislauf kommt. Dies bedeutet, dass schadstoffhaltige Abfälle nicht in Verfahren verarbeitet werden dürfen, die eine dauerhafte Ausschleusung der Schadstoffe (z.B. zur Deponierung) oder Eliminierung des Schadstoffpotentials (z.B. durch thermische Zerstörung von organischen Schadstoffen) nicht gewährleisten.“

So ist die Einbindung von anorganischen Schadstoffen (z.B. Schwermetallen) aus dem eingesetzten Abfall im Produkt nicht zulässig, wenn die dauerhafte und schadlose Einbindung nicht nachgewiesen wird. ...

Kommt es bei der stofflichen oder energetischen Verwertung zur Einbindung eines Schadstoffes in das unter Nutzung von Abfall erzeugte Produkt, so ist die Maßnahme nur zulässig, soweit der Schadstoff notwendiger Bestandteil des Produktes ist (z.B. Schwermetalle als Kunststoffstabilisatoren) oder der Schadstoff in die Matrix des Produktes so eingebunden ist, dass bei seiner Nutzung oder späteren Entsorgung keine signifikante Freisetzung des Schadstoffes zu befürchten ist.“

4.1.3 Hochwertigkeit der Verwertung

Nach § 5 Abs. 2 Satz 3 KrW-/AbfG ist eine der Art und Beschaffenheit des Abfalls entsprechende hochwertige Verwertung anzustreben. Die Hochwertigkeit der Verwertung soll ein sog. „Downcycling“ vermeiden (10). Ein vom Sachverständigenrat für Umweltfragen hervorgehobenes Kriterium der Hochwertigkeit ist die Vermeidung oder Verringerung der Entropie oder Dissipation, d.h. die Tendenz, Material aus Stadien höherer Ordnung und Verfügbarkeit u.a. durch Vermischung in Zustände geringerer Dichte und Verfügbarkeit zu verteilen. Weitere Prüfkriterien der Hochwertigkeit der Verwertung sind u.a.

- der Energiebedarf verschiedener Verwertungsalternativen und der Herstellung der durch die Verwertung ersetzten Erzeugnisse,
- der sparsame Umgang mit nicht erneuerbaren Ressourcen,
- die Verbreitung von in kleinen Mengen unschädlichen, durch Konzentration aber schädlichen Inhaltsstoffen.

4.2 Weitere ökologische Aspekte

Die Betrachtung weiterer ökologischer Aspekte erfolgt verbal-argumentativ in Anlehnung an umweltpolitische Ziele in Deutschland sowie die Initialfunktion, die von einer Anerkennung der vorgesehenen Maßnahme (Zuschlag zur Bodenbehandlung) auf die Abfallwirtschaft ausgehen würde.

5 Beschreibung des Prüfgegenstandes

Die Organikfeinfraktion ist ein relevanter Stoffstrom aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung nach dem BIODEGMA-Verfahren. Die Charakterisierung der Organikfeinfraktion erfolgt anhand von Informationen der verfügbaren Unterlagen aus dem Vergabeverfahren (11) sowie einer vom Entwickler BIODEGMA autorisierten Verfahrensdarstellung in einer Veröffentlichung aus dem Jahr 2001 (12).

5.1 Das BIODEGMA-Verfahren

Nach dem BIODEGMA-Verfahren werden insbesondere drei hochkalorische Fraktionen mit unterschiedlichem Heizwert sowie eine Schwerstoff- und eine Organikfeinfraktion erzeugt.

Der Entwickler BIODEGMA beschreibt sein Technikkonzept wie folgt (12):

„In einer MBA nach dem BIODEGMA®-Verfahren werden die angelieferten Abfälle durch eine mechanische Grobaufbereitung, eine vierwöchige Intensivrotte und eine mechanische Feinaufbereitung in unterschiedliche Stoffströme aufgetrennt. Die einzelnen Fraktionen werden der Verwertung zugeführt. Im Einzelnen geschieht dies wie folgt. ...

Schließlich entsteht noch eine Organik-Feinfraktion (15 % des Inputs). Dieses Material wird als Zuschlagsstoff in der biologischen Bodenreinigung der UMWELTSCHUTZ NORD-Gruppe stofflich verwertet. Die Betriebsführung der Feinaufbereitung lässt es zu, dass sich, durch Veränderung bestimmter Parameter, Schadstoffe über den Luftstrom ausschleusen lassen.

Besonderheit des BIODEGMA-Konzepts ist somit u.a. die Erzeugung und Verwertung einer Organikfeinfraktion. Es wird darauf hingewiesen, dass die Verwertung der Feinfraktion eine Kostensenke darstellen kann. Das Material wird von UMWELTSCHUTZ NORD für die biologischen Reaktionen bei der Bodenbehandlung als organikreicher und biologisch aktiver „Starter“ der Abbauvorgänge eingesetzt. Das Material hält die LAGA-Z2- bzw. Z1.2-Werte ein. Alternativ kann sich je nach Anlagenkonzept an die Intensivrotte oder Trocknung eine mindestens achtwöchige Nachrotte anschließen, mit dem Ziel, aktivitätsarmes Material gemäß Abfallablagereverordnung auf der Deponie abzulagern.“

Tab. 1 gibt die Massenbilanz des BIODEGMA-Verfahrens für einen Input von 100 % Restabfall sowie für einen Input von 98 % Restabfall und 2 % Sperrmüll wieder. Im Folgenden wird auf die von UMWELTSCHUTZ NORD angegebene Massenbilanz Bezug genommen.

5.2 Charakterisierung der Organikfeinfraktion

Nach Aussagen von UMWELTSCHUTZ NORD (2)

- hält die Organikfeinfraktion die Einsatzgrenzwerte (= Zuordnungswerte) für die Schwermetallgehalte und die organischen Schadstoffe nach LAGA (Feststoffe) bzw. nach TASI Anhang B für die untersuchten Parameter ein.
- liegen die Analysenergebnisse der Schwermetallgehalte teilweise innerhalb der Grenzwerte nach LAGA Z0.

Nach Aussagen von BIODEGMA hält das Material die LAGA-Z2- bzw. Z1.2-Werte ein (12).

Tab. 1: Massenbilanz des BIODEGMA-Verfahrens

Fraktion	BIODEG- MA (12)	U. NORD (13)	Verbleib
Input			
Hausmüll	100 %	98 %	
Sperrmüll	0 %	2 %	
Output			
Aufbereiteter Sperrmüll / Grobstoffe	-	5,1 %	energetische Verwertung
Heizwertreiche Grobfraction (> 80 mm)	38 %	25,4 %	energetische Verwertung
Metalle	3 %	2,9 %	
Rotte-/Wasserverlust, Organikabbau	18 %	19,6 %	-
Heizwertreiche Mittelfraction (40 – 80 mm)	8 %	7,8 %	energetische Verwertung
Heizwertreiche Feinfraktion (Leichtstoff/Staub) (10 – 40 mm)	6 %	9,8 %	energetische Verwertung
Schwerstofffraktion	10 %	11,8 %	Deponiewegebau, Straßenzuschlagmaterial Zuschlagmaterial Bodenreini- gungsanlagen, Deponieabdeckung
Organikfeinfraktion (< 10 mm)	17 %	17,6 %	

Tab. 2 zeigt die Zuordnungswerte der LAGA für Boden bzw. Recyclingbaustoffe sowie die Zuordnungswerte der TASI für die Deponieklassen (DK) I und II.

Die Angaben von BIODEGMA und UMWELTSCHUTZ NORD sind nicht deckungsgleich. Allerdings bezieht sich UMWELTSCHUTZ NORD auf Daten von BIODEGMA und deren zahlreiche im Auftrag verschiedener Gebietskörperschaften durchgeführte Restabfallversuche (14). Die Aussagen von BIODEGMA und UMWELTSCHUTZ NORD werden daher im Folgenden als gleichwertig für die Beurteilung herangezogen.

5.3 Plausibilität der Aussagen

Die Angaben von UMWELTSCHUTZ NORD und BIODEGMA zu den von der Organikfeinfraktion eingehaltenen Zuordnungswerten sind widersprüchlich und nicht kompatibel mit den Erkenntnissen aus der MBA-Forschung.

Auf der einen Seite hält die Organikfeinfraktion nach Angaben von UMWELTSCHUTZ NORD (2) die Einsatzgrenzwerte für die Schwermetallgehalte und die organischen Schadstoffe nach LAGA (Feststoffe) bzw. nach TASI Anhang B für die untersuchten³ Parameter ein.

³ Da nach LAGA bzw. TASI alle Parameter eingehalten werden müssen und nicht nur die jeweils untersuchten, wird im Folgenden davon ausgegangen, dass auch alle Parameter untersucht wurden und sich die Aussagen auf die gesamte Parameterliste der LAGA bzw. TASI Anhang B bezieht.

Tab. 2: Zuordnungswerte Boden bzw. Recyclingbaustoffe nach LAGA (15), sowie nach TASI für das Eluat eines abzulagernden Abfalls

Parameter	FESTSTOFF: LAGA-Zuordnungswerte Boden [Recyclingbaustoffe, abweichend], mg/kg TS				ELUAT: LAGA-Zuordnungswerte Boden [Recyclingbaustoffe, abweichend] mg/l				ELUAT: TASI, Anhang B mg/l	
	Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	DK I	DK II
Chlorid					10	10 [20]	20 [40]	30 [150]		
Sulfat					50	50 [150]	100 [300]	150 [600]		
Leitfähigkeit									10 ^{a)}	50 ^{a)}
TOC									20	100
Kohlenwas- serstoffe	100	300	500	1.000						
BTEX	<1	1	3	5						
EOX	1	3	10	15						
LHKW	<1	1	3	5						
EOX	1	3	10	15						
LHKW	<1	1	3	5						
PAK (EPA)	5 [1]	10 [5]	15	20 [75]						
PCB _{gesamt}	0,02	0,1	0,5	1						
Phenolindex					<0,01 ^{b)}	0,01 ^{b)}	0,05 ^{b)}	0,1 ^{b)}	0,2	50
Arsen	20	30	50	150	0,01	0,01	0,04	0,06 [0,05]	0,2	0,5
Blei	100	200	300	600	0,02	0,04	0,1	0,2 [0,1]	0,2	1
Cadmium	0,6	1	3	10	0,002	0,002	0,005	0,01 [0,005]	0,05	0,1
Chrom _{gesamt}	50	100	200	600	0,015	0,03	0,075	0,1	0,05 ^{c)}	0,1 ^{c)}
Kupfer	40	100	200	600	0,05	0,05	0,15	0,3 [0,2]	1	5
Nickel	40	100	200	600	0,04	0,05	0,15 [0,1]	0,2 [0,1]	0,2	1
Quecksilber	0,3	1	3	10	0,0002	0,0002	0,001	0,002	0,005	0,02
Thallium	0,5 [-]	1 [-]	3 [-]	10 [-]						
Zink	120	300	500	1.500	0,1	0,1	0,3	0,6 [0,4]	2	5
Cyanide	1 [-]	10 [-]	30 [-]	100 ^{d)} [-]	< 0,01	10	50	100	0,1	0,5
AOX									0,3	1,5
Abdampf- rückstand									3 %	6 %

a) mS/cm b) Bei Überschreitungen ist die Ursache zu prüfen. Höhere Gehalte, die auf Huminstoffe zurückzuführen sind, stellen kein Ausschlußkriterium dar. c) hier: Cr-VI d) Verwertung für Z2 > 100 µg/l ist zulässig, wenn Z2 Cyanid (leicht freisetzbar) < 50 µg/l.

Auf der anderen Seite hält dieselbe Organikfeinfraktion die Zuordnungswerte der Abfallablagereungsverordnung (AbfAbIV) zumindestens für die biologische Aktivität nicht ein. Denn nach BIoDEGMA ist eine mindestens achtwöchige Nachrotte erforderlich, um aktivitätsarmes Material gemäß AbfAbIV zu erzeugen. Damit soll die Organikfeinfraktion, die bereits eine vierwöchige Intensivrotte durchlaufen hat, auf einen Standard gebracht werden, der eine ordnungsgemäße Ablagerung nach AbfAbIV zulässt. Tab. 3 zeigt einen Vergleich der Zuordnungswerte der TASI Anhang B und AbfAbIV für organische Parameter.

Tab. 3: Vergleich der Zuordnungswerte der TASI Anhang B und AbfAbIV für organische Parameter⁴

Zuordnungswerte		TASI, DK I	TASI, DK II	AbfAbIV für MBA
Feststoff:				
Glühverlust	Masse-% TR	3	5	k.A.
oder TOC	Masse-% TR	1	3	18
oder Ho	MJ/Mg	k.A.	k.A.	6.000
Extrahierbare lipophile Stoffe	Masse-%	k.A.	k.A.	0,8
AT₄	mg O ₂ /g TS	k.A.	k.A.	5
GB₂₁	NI/kg TS	k.A.	k.A.	20
Eluat:				
TOC	mg/l	20	100	250

Parameter für die biologische Aktivität, die durch die Nachrotte der Organikfeinfraktion gesenkt werden sollen, sind die Stabilitätsparameter Atmungsaktivität (AT₄) und Gasbildungsrate im Gärtest (GB₂₁). Beide sind ein Maß für die biologische Abbaubarkeit des Trockenrückstandes der Originalsubstanz und dürfen alternativ angewandt werden.

Die Stabilitätsparameter korrespondieren mit dem ebenfalls begrenzten TOC im Eluat, der gleichfalls im Verlauf des Rotteprozesses reduziert wird.

„Bei den Stabilitätsparametern kristallisiert sich somit der TOC im Eluat als schärfster Grenzwert heraus. Bei Einhaltung dieses Wertes werden i.d.R. alle übrigen Grenzwerte sicher unterschritten:

- Der Grenzwert $TOC_{Eluat} \leq 250 \text{ mg/l}$ ist schärfer als der $AT_4 \leq 5 \text{ mg O}_2/\text{g TS}$.
- Der Grenzwerte $AT_4 \leq 5 \text{ mg O}_2/\text{g TS}$ ist schärfer als der $GB_{21} \leq 20 \text{ NI/kg TS}$.“ (16).

Nach allen Erfahrungen aus der MBA-Forschung und -Praxis und nach herrschender Fachmeinung müssten von einem gerotteten Material, das den TOC-Wert im Eluat nach TASI (20 bzw. 100 mg/l) einhält, ganz sicher auch die AT₄- und GB₂₁-Zuordnungswerte der AbfAbIV eingehalten werden. Denn der Zuordnungswert der TASI für den „schärfsten“ Wert, hier TOC im Eluat, liegt um Faktor 12,5 bzw. 2,5 unter dem entsprechenden Zuordnungswert der AbfAbIV (vgl. Tab. 3).

Es ist nicht plausibel, dass der TOC-Wert der TASI (und damit auch der AbfAbIV) im Eluat eingehalten werden soll, während die weniger schwer einhaltbaren korrespondierenden Stabilitätsparameter der AbfAbIV ihre jeweiligen Zuordnungswerte erst nach einer achtwöchigen Nachrotte einhalten können sollen.

Die Aussage zur Einhaltung des TASI-Zuordnungswertes für TOC im Eluat ist daher offensichtlich nicht belastbar.

⁴ ohne AOX und Phenole, denn deren Grenzwerte nach TASI DK II und AbfAbIV für MBA-Rottegut sind gleich.

5.4 Weitere Defizite

Nach Aktenlage hat der Bieter UMWELTSCHUTZ NORD im Rahmen des Ausschreibungsverfahrens keine Analysenergebnisse der Organikfeinfraktion vorgelegt. Vom Büro DALI wurden auch keine weiteren Unterlagen nachgefordert. Als Beleg für die Qualität der Organikfeinfraktion diente dem Büro DALI (2) lediglich einen Auszug aus den Unterlagen von UMWELTSCHUTZ NORD, in dem diese unter Punkt 3.9.2.5.7.4 Verwertungssicherheit die oben zitierten Erklärungen abgab.

Weitere für die angedachte Verwertung relevante Daten wie Salzgehalt im Feststoff und Eluat, Belastung mit weiteren organischen Stoffen, insbesondere PCDD/F, Pentachlorphenol (PCP) und anderen Biozide, weitere (Schwer)Metalle und Elemente (Beryllium), die in der 17. BImSchV/TA Luft geregelt sind, Organozinnverbindungen, Weichmacher (insbesondere Phthalsäureester und Chlorparaffine) und andere Schadstoffe, die in die Senke Restabfall eingetragen werden, standen nicht zur Verfügung.

Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass obige Anforderungen unterschiedliche Überschreitensregelungen beinhalten. So dürfen die genannten LAGA-Zuordnungswerte Boden mit Ausnahme von Cyanide für Z2 und Phenolindex nicht überschritten werden, während die Eluat-Werte der TASI (ausgenommen Leitfähigkeit) im Rahmen der Kontrollanalysen um 50 % überschritten werden dürfen.

Aus fachlicher Sicht sind erhebliche Zweifel angebracht, dass die genannten Werte immer sicher eingehalten werden können. Hintergrund ist ein grundsätzlicher Aspekt der allgemeinen fachlichen Erkenntnisse zur Belastung von Restabfall bzw. daraus erzeugten Fraktionen. Restabfälle weisen einen sehr hohen Schwankungsbereich ihrer Belastungen mit Schadstoffen auf. Für Schwermetalle beträgt die Spannweite teilweise mehr als eine Zehnerpotenz (17), für organische Schadstoffe sind ähnliche Schwankungen zu erwarten. Wechselnde Zusammensetzung und Schadstoffbelastung sind ein grundlegendes Charakteristikum von Abfällen. Im Kern wird hiermit die objektive Abfalleigenschaft und auch die Schädlichkeit begründet, die auch ihren Niederschlag gefunden hat in den Sicherheitsstandards, die in die Regelungen der Abfallbeseitigung eingeflossen sind. Daher wären von UMWELTSCHUTZ NORD umfangreiche Datenkollektive und Statistiken vorzulegen gewesen, um die Aussagen zu belegen.

Das Umweltbundesamt führt hierzu aus (18):

„Die Firmen BIODEGMA und UMWELTSCHUTZ NORD behaupten, umfangreiche Untersuchungsergebnisse zu den anorganischen Schadstoffgehalten (Schwermetalle) der MBAFeinfraktion vorliegen zu haben. Diese Ergebnisse sollen belegen, dass bei der Aufbereitung der Feinfraktion (Abtrennung einer Feinstaubfraktion) eine weitgehende Schadstoffentfrachtung stattfindet. Solche Ergebnisse haben die beiden Firmen dem UBA jedoch aus angeblich „wettbewerblichen Gründen“ noch nicht vorgelegen oder anderwärtig veröffentlichen können. Hinsichtlich der Gehalte an organischen Schadstoffen sind bisher noch keine größeren Untersuchungen durchgeführt worden. Zum erforderlichen Parameterumfang für solche Untersuchungen haben die beiden Firmen noch keine konkreten Vorstellungen.“

6 Ergebnis der Prüfung aus abfallwirtschaftlicher Sicht

6.1.1 Untersuchte Optionen des Einsatzes der Organikfeinfraktion

Im Folgenden wird die Verwendung der Organikfeinfraktion als Zuschlagmaterial in Bodenreinigungsanlagen bzw. zur Deponieabdeckung näher untersucht. Das für die Bodenreinigung vorgesehene TERRAFERM-Verfahren (2) ist ein Rotteverfahren, bei dem die Schadstoffe mikrobiell abgebaut werden sollen.

Der Begriff der Deponieabdeckung ist rechtlich nicht definiert. Aus fachlicher Sicht kommt für den angedachten Einsatz nur die Rekultivierungsschicht einer Deponie in Betracht. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass mit dem Begriff Deponieabdeckung die Rekultivierungsschicht gemeint ist. Als weitere Option wurde von BIODEGMA bzw. der mit BIODEGMA kooperierenden UMWELTSCHUTZ NORD-Gruppe ein Zuschlagen der Organikfeinfraktion zur hochkalorischen Fraktion zwecks gemeinsamer energetischer Verwertung benannt. Diese Option soll ebenfalls geprüft werden. Damit werden folgende Optionen für die Organikfeinfraktion untersucht:

Option 1: Zuschlagmaterial in Bodenreinigungsanlagen

Option 2: Verwendung als Rekultivierungsschicht

Option 3: Zuschlagen der Organikfeinfraktion zur hochkalorischen Fraktion zwecks gemeinsamer energetischer Verwertung.

6.2 Prüfung der Ordnungsgemäßheit

6.2.1 Einklang mit den Vorschriften des KrW-/AbfG sowie anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften

6.2.1.1 Option 1: Verwendung als Zuschlagmaterial in Bodenreinigungsanlagen

Maßgeblich sind in erster Linie das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) und die Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV). Das Schutzziel in diesem Fall ist die Vermeidung des Eintrags von Schadstoffen in den Boden. In der Begründung zum BBodSchG des BMU heißt es (19):

„Über den Umgang mit vorhandenen Gefahren hinausgehend müssen vorsorgebezogene Anforderungen einen dauerhaften Schutz der Funktionen des Bodens gewährleisten. Insbesondere gilt dies gegenüber einem schleichenden Eintrag von Schadstoffen, der auf Dauer zu nicht mehr umkehrbaren Schäden des Bodens führen kann.“

§ 12 BBodSchV regelt die Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden. Schutzgut ist die durchwurzelbare Bodenschicht: das ist die Bodenschicht, die von den Pflanzenwurzeln in Abhängigkeit von den natürlichen Standortbedingungen durchdrungen werden kann (§ 2 Nr. 11 BBodSchV).

§ 12 Abs. 1 BBodSchV regelt die Anforderungen an die **Herstellung** einer durchwurzelbaren Bodenschicht in und auf Böden. Hierfür dürfen nur Bodenmaterial sowie Baggergut nach DIN 19731 (Ausgabe 5/98) und Gemische von Bodenmaterial mit solchen Abfällen, die die stofflichen Qualitäts-

anforderungen der Klärschlammverordnung sowie der nach § 8 KrW-/AbfG erlassenen Verordnungen – das ist bislang nur die Bioabfallverordnung (20) – erfüllen, auf- und eingebracht werden. Die Klärschlammverordnung und die Bioabfallverordnung beziehen sich selbst nur auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch – die BioAbfV auch auf forstwirtschaftlich – genutzte Flächen. Die stofflichen Anforderungen des § 12 Abs. 1 und Abs. 2 BBodSchV mit ihrer Bezugnahme auf diese Verordnungen gelten aber auch für andere Flächen, insbesondere für Siedlungs- und Erholungsflächen.

In Anhang 1 Nr. 2 BioAbfV sind die zugelassenen mineralischen Zuschlagstoffe zur Erstellung von Gemischen nach § 2 Nr. 5 BioAbfV aufgeführt. Es handelt sich um die EAK-Abfallschlüsselnummern 020402 (Nicht spezifikationsgerechter Calciumcarbonatschlamm) und 190903 (Schlämme aus der Dekarbonatisierung) sowie mineralische Zuschlagstoffe (Kalk, Bentonit, Gesteinsmehl, Steinschleifstaub, Sand, Ton). Die EAK-Abfallschlüsselnummer 190303 („Abfälle, die durch biologische Behandlung stabilisiert sind“) ist weder dort noch in Anhang 1 Nr. 1 BioAbfV, „Abfälle mit hohem organischen Anteil“ aufgeführt.

Die Organikfeinfraktion (ASN 190303) erfüllt daher nicht die Anforderung nach § 8 KrW-/AbfG in Verbindung mit der BioAbfV. **Folglich ist ihr Einsatz bei der Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht (§ 12 Abs. 1 BBodSchV) nicht zulässig. Eine Verwendung als Zuschlagmaterial zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht ist daher nicht ordnungsgemäß.**

§ 12 Abs. 2 BBodSchV regelt die Anforderungen an das **Auf- und Einbringen** von Materialien auf oder in eine durchwurzelbare Bodenschicht oder zur **Herstellung** einer durchwurzelbaren Bodenschicht im Rahmen von **Rekultivierungsvorhaben** einschließlich Wiedernutzbarmachung. Das Auf- und Einbringen „ist zulässig, wenn

- insbesondere nach Art, Menge, Schadstoffgehalten und physikalischen Eigenschaften der Materialien sowie nach den Schadstoffgehalten der Böden am Ort des Auf- oder Einbringens die Besorgnis des Entstehens schädlicher Bodenveränderungen nicht hervorgerufen wird **und**
- mindestens eine der in § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 3 Buchstabe b und c des Bundes-Bodenschutzgesetzes genannten Bodenfunktionen nachhaltig gesichert oder wiederhergestellt wird.“

Zum ersten Anstrich: Der Begriff **Materialien** in § 12 Abs. 2 BBodSchV ist weder definiert noch näher beschrieben. Von einer Verordnungsermächtigung in § 6 BBodSchG zur Festlegung von Anforderungen an das Auf- und Einbringen von Materialien hinsichtlich der Schadstoffgehalte und sonstiger Eigenschaften hat der Ordnungsgeber bislang keinen Gebrauch gemacht. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der Materialienbegriff in § 12 Abs. 2 allgemeiner und weiter gefasst ist als die explizit genannten Materialien in § 12 Abs. 1 BBodSchV. Nach der Begründung zum BBodSchG/BBodSchV (19) gelten für § 12 Abs. 2 hinsichtlich der Abwehr von schädlichen Bodenveränderungen hierbei die gleichen Maßstäbe wie in Abs. 1. „Durch eine fachlich orientierte Vollzugshilfe sollen die in § 12 Abs. 2 BBodSchV formulierten Anforderungen an geeignete Materialien vor allem durch Angaben zu zulässigen Stoffgehalten und -frachten sowie die dazugehörigen Untersuchungsmethoden näher bestimmt werden. Diese sind widerspruchsfrei zu den Vorgaben des § 12 Abs. 1 BBodSchV zu entwickeln“ (21). Die Federführung für diese Vollzugshilfe liegt beim LABO. Die genannte Vollzugshilfe liegt noch nicht vor.

Da die Vollzugshilfe nach § 12 Abs. 2 BBodSchV noch nicht vorliegt, kann die Ordnungsgemäßheit des Einsatzes der Organikfeinfraktion in der Bodenaufbereitung zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht im Rahmen von Rekultivierungsvorhaben nicht festgestellt werden.

Zum zweiten Anstrich: **§ 12 Abs. 2 BBodSchV** legt weiter fest, dass das Auf- und Einbringen nur zulässig ist, wenn neben Erfüllung des Schadstoffkriteriums (erster Anstrich) zusätzlich bestimmte Bodenfunktionen nachhaltig gesichert oder wiederhergestellt werden. Neben den natürlichen Bodenfunktionen⁵ sind dies die Nutzungsfunktionen „Standort für land- und forstwirtschaftliche Nutzung“ und „Fläche für Siedlung und Erholung“.

Nachweise, in welchem Umfang die Organikfeinfraktion die Bodenfunktionen nachhaltig sichert oder wiederherstellt, liegen nicht vor und wurden auch von UMWELTSCHUTZ NORD nicht benannt (2):

„Nach Bieterangaben werden für diese Fraktion zurzeit weitergehende Untersuchungen durchgeführt mit dem Ziel, die positiven Einflüsse des Materials in Bezug auf Abbauaktivität, Nährstoffgehalt, Pflanzenverträglichkeit oder Bodenatmung für den zu sanierenden Boden aufzuzeigen.“

Die genannten Anforderungen nach § 12 Abs. 2 BBodSchV sind gleichwertig und müssen beide erfüllt werden, damit die Maßnahme als zulässig gilt (Verbindung durch „und“). Entsprechende Nachweise zur nachhaltigen Sicherung oder Wiederherstellung der Bodenfunktionen durch die eingesetzte Organikfeinfraktion wurden von UMWELTSCHUTZ NORD nicht erbracht. Daher ist die vorgesehene Maßnahme als nicht ordnungsgemäß zu bewerten.

6.2.1.2 Option 2: Verwendung als Rekultivierungsschicht

Die Stilllegung von Deponien ist ein Bereich, der sowohl den Bodenschutz als auch die Abfallbeseitigung berührt. Das Bundes-Bodenschutzgesetz verweist in § 3 Abs. 1 Nr. 2 BBodSchG („Stilllegung von Deponien“) auf die Vorschriften des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes über die Zulassung und den Betrieb von Abfallbeseitigungsanlagen zur Beseitigung von Abfällen sowie über die Stilllegung von Deponien. Hier sind in erster Linie die Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall, TASi) vom 14.05.1993 sowie die Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV) vom 20.02.2001 zu nennen.

Nach derzeit geltendem Recht ist eine direkte Verwendung der Organikfeinfraktion als Rekultivierungsschicht nicht zulässig. Gemäß TASi Punkt 10.4.1.4 d) hat eine Rekultivierungsschicht aus kulturfähigem Boden zu bestehen, der mit geeignetem Bewuchs zu bepflanzen ist. Bei der Organikfeinfraktion handelt es sich nicht um kulturfähigen Boden, sondern um einen Abfall (EAK-Nummer 190303).

Der Einsatz der Organikfeinfraktion als Rekultivierungsschicht ist daher nach geltendem Recht nicht ordnungsgemäß.

Nach § 3 Abs. 1 Nr. 2 gelten, soweit das KrW-/AbfG Einwirkungen auf den Boden im Rahmen der Stilllegung von Deponien nicht regelt, für den Zuschlag der Organikfeinfraktion zu Boden, der für die Rekultivierungsschicht von Deponien verwendet werden soll, die Vorschriften des BBodSchG und der BBodSchV. Damit gelten die obigen Ausführungen zu Option 1 bzgl. der Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht im Rahmen von Rekultivierungsvorhaben (§ 12 Abs. 2 BBodSchV), insbesondere zu den Nachweisen zur nachhaltigen Sicherung oder Wiederherstellung der Bodenfunktionen.

Aufgrund des fehlenden Nachweises zur nachhaltigen Sicherung oder Wiederherstellung der Bodenfunktionen ist der Zuschlag zu Boden, der für die Rekultivierungsschicht von Deponien verwendet werden soll, als nicht ordnungsgemäß zu bewerten.

⁵ „natürliche Funktion als a) Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen, b) Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und

Auch die im Entwurf vorliegende Deponieverordnung (DepV) (22), die zukünftig die Anforderungen an die Rekultivierungsschicht regeln wird, hält an dieser Voraussetzung fest. Anhang 5 DepV (Entwurf) enthält Anforderungen an die Rekultivierungsschicht für oberirdische Deponien.

„Die Rekultivierungsschicht des Oberflächenabdichtungssystems ist nach den Nummern 1 und 2 auszuführen. ...

2. Qualitätsanforderungen und -sicherung

Als Material für die Rekultivierungsschicht ist Bodenmaterial oder ein Gemisch von Bodenmaterial mit solchen Abfällen zu verwenden, die in Anhang 1 der Bioabfallverordnung genannt sind und die stofflichen Qualitätsanforderungen der §§ 3 und 4 der Bioabfallverordnung oder die stofflichen Qualitätsanforderungen der Klärschlammverordnung erfüllen. ... Die Verwendung anderer als in Satz 1 genannter Materialien ist zulässig, soweit dies für die ordnungsgemäße Aufbringung und Funktionsfähigkeit der Rekultivierungsschicht erforderlich ist. Die Anforderungen des § 12 Abs. 2 BBodSchV sind einzuhalten. ... Die Schadstoffgehalte und -konzentrationen des verwendeten Bodenmaterials, der Gemische und ihrer mineralischen Bestandteile dürfen die Werte der Tabelle grundsätzlich nicht überschreiten.“

Aus DepV (Entwurf) Anhang 5 ergeben sich drei Prüfpunkte für die zukünftige Ordnungsgemäßheit der Maßnahme:

1. Erforderlichkeit für eine ordnungsgemäße Aufbringung und Funktionsfähigkeit der Rekultivierungsschicht

Es liegen keine Nachweise des Anbieters vor, nach denen davon auszugehen ist, dass für eine ordnungsgemäße Aufbringung und Funktionsfähigkeit der Rekultivierungsschicht der Zuschlag einer Organikfeinfraktion erforderlich ist. Da die Organikfeinfraktion nach dem angebotenen Verfahren in der Praxis bislang nicht erzeugt und eingesetzt worden ist, dürfte ein entsprechender Nachweis auch kaum zu führen sein.

2. Einhaltung der Anforderungen des § 12 Abs. 2 BBodSchV

Dieser Punkt kann erst nach Vorlage der entsprechenden Vollzugshilfe zu § 12 Abs. 2 BBodSchV geklärt werden. Aufgrund des zitierten Beschlusses der Amtschefkonferenz vom Oktober 2000 (21), wonach diese widerspruchsfrei zu den Vorgaben des § 12 Abs. 1 BBodSchV zu entwickeln ist, besteht kein Grund zu der Annahme, dass das Schutzniveau gesenkt werden wird.

3. Einhaltung der zulässigen Feststoffgehalte und Eluatkonzentrationen für Materialien zur Herstellung von Rekultivierungsschichten

Die in der Tabelle in Anhang 5 angegebenen Feststoffkonzentrationen (vgl. Tab. 4) entsprechen den derzeitigen Z1.1-Werten der LAGA, ausgenommen für folgende Stoffe:

- **PAK:** der Wert entspricht Z0
- **Blei und Kupfer:** die Werte liegen zwischen Z0 und Z1.1
- **Chrom:** der Wert liegt zwischen Z1.1 und Z1.2.

Die Eluatkonzentrationen entsprechen den Zuordnungswerten Z1.1 (Boden) der LAGA-Mitteilung 20, die zur Zeit überarbeitet wird. Die endgültigen Werte werden auf der Grundlage der Vorgaben des Grundwasserschutzes entsprechend angepasst werden.

Tab. 4: Zulässige Feststoffgehalte und Eluatkonzentrationen für Materialien zur Herstellung von Rekultivierungsschichten, nach DepV (Entwurf) (22)

Feststoffgehalte		Eluatkonzentrationen ⁶	
	in mg/kg TS		
Polychlorierte Biphenyle (PCB ₆)	0,1	pH-Wert	6,5 – 9
Benzo(a)pyren	0,5	Elektr. Leitfähigkeit	500 µS/cm
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK ₁₆)	5	Chlorid ⁷	0,01 mg/l
		Sulfat ⁷	0,05 mg/l
		Arsen	0,01 mg/l
Blei ⁸	140	Blei	0,04 mg/l
Cadmium ⁸	1,0	Cadmium	0,002 mg/l
Chrom ⁸	120	Chrom (gesamt)	0,03 mg/l
Kupfer ⁸	80	Kupfer	0,05 mg/l
Nickel ⁸	100	Nickel	0,05 mg/l
Quecksilber ⁸	1,0	Quecksilber	0,0002 mg/l
Zink ⁸	300	Zink	0,1 mg/l

Da keine konkreten Analysenergebnisse vorgelegt wurden, kann im Rahmen dieser Stellungnahme auch nicht abschließend festgestellt werden, ob die Verwendung der Organikfeinfraktion nach den obigen Prüfwerten (einmal abstrahiert von den beiden anderen zu erfüllenden Anforderungen, s.o.) zukünftig als ordnungsgemäß anzusehen wäre. Da die Organikfeinfraktion nach Angaben von BIODEGMA lediglich Z2 oder Z1.2 einhält, werden die LAGA-Zuordnungswerte für PCB und PAK im Feststoff nicht eingehalten werden. Für Benzo(a)pyren und Schwermetalle im Feststoff sowie Salze und Schwermetalle im Eluat ist die Einhaltung zu bezweifeln, insbesondere vor dem Hintergrund der beschriebenen Streubreite der Schadstoffbelastung von Restabfällen.

Ein Zuschlag der Organikfeinfraktion zu Boden, der für die Rekultivierungsschicht von Deponien verwendet werden soll, wird auch zukünftig nicht ordnungsgemäß sein. So fehlt der Nachweis der Erforderlichkeit für eine ordnungsgemäße Aufbringung und Funktionsfähigkeit der Rekultivierungsschicht. Die Erfüllung der Anforderungen der Vollzugshilfe zu § 12 Abs. 2 BBodSchV und der Tabelle des Anhang 5 DepV (Entwurf) ist angesichts der Streubreite der Schadstoffbelastung von Restabfällen fraglich (vgl. die Ausführungen zur schwankenden Schadstoffbelastung von Restabfall in Abschnitt 5.3).

6.2.1.3 Option 3: Zuschlagen zur hochkalorischen Fraktion

Nach 4 Abs. 4 KrW-/AbfG ist der einzelne Abfall ohne Vermischung mit anderen Stoffen zu prüfen. Die erzeugte Organikfeinfraktion ist als einzelner Abfall der EAK-Nr. 190303 einzustufen (23). Da die Organikfeinfraktion einen Heizwert deutlich unter 11.000 MJ/Mg aufweisen wird – dies ergibt sich zwingend aus der Massenbilanz und den für die heizwertreichen Fraktionen angegebenen mittleren Heizwerten (24) –, erfüllt sie nicht die Anforderungen des § 6 Abs. 2 Nr. 1 KrW-/AbfG an eine

⁶ Die Eluatkonzentrationen entsprechen den Zuordnungswerten Z1.1 (Boden) der LAGA-Mitteilung 20. Diese wird zur Zeit überarbeitet. Die endgültigen Werte sind daher auf der Grundlage der Vorgaben des Grundwasserschutzes entsprechend anzupassen.

⁷ Untersuchung nur bei Bodenmaterial mit mineralischen Fremdbestandteilen (max. 10 Vol.-%)

⁸ Königswasseraufschluss

energetische Verwertung. Die Organikfeinfraktion ist daher – sofern eine stoffliche Verwertung ausscheidet – zu beseitigen.

Ein Belassen der Organikfeinfraktion in der hochkalorischen Fraktion würde dazu führen, dass das Vermischungsverbot nicht greifen könnte. Allerdings ist die Frage, wie UMWELTSCHUTZ NORD es schaffen will, die Organikfeinfraktion in der heizwertreichen Grobfraktion zu belassen, die als einzige der abgetrennten drei heizwertreichen Fraktionen in der Lage ist, durch diese Maßnahme einen Gesamtheizwert oberhalb von 11.000 MJ/Mg zu behalten (vgl. Tab. 5).

Tab. 5: Modellrechnung: Zuschlag Organikfeinfraktion zur heizwertreichen Fraktion:

	Grobfraktion	Mittelfraktion	Feinfraktion	Organikfeinfraktion
Hu, mittel, MJ/Mg [Bereich (24)]	16.000 [14.000-18.000]	12.000 [10.000-14.000]	11.000 [10.000-12.000]	ca. 7.500
Anteil am Output	25,4%	7,8%	9,8%	17,6%
Heizwert gesamt bei Zuschlag der Organikfeinfraktion, MJ/Mg	12.520	8.880	8.750	

Laut Verfahrensbeschreibung wird die heizwertreiche Grobfraktion vor der biologischen Behandlung abgetrennt. Die heizwertreiche Mittel- und Feinfraktion sowie die Organikfeinfraktion werden dagegen nach der vierwöchigen Rotte abgetrennt. Möglich wäre, die Organikfeinfraktion nach der Rotte in einer der beiden Fraktionen (Mittel-/Fein-) zu belassen. Dann ergäbe sich aber das Problem, dass die betreffende Fraktion nicht den Mindestheizwert für energetische Verwertung einhielte. Außerdem wäre das eine deutliche Änderung des angebotenen Behandlungskonzeptes und hätte gravierende Folgen für die Kosten (die dann erforderliche Beseitigung der betreffenden Fraktion dürfte höhere Kosten verursachen als eine energetische Verwertung).

Rein rechnerisch würde nach Tab. 5, um den Mindestheizwert immer sicher einzuhalten, nur eine Vermischung der Organikfeinfraktion mit der Grobfraktion in Frage kommen. Allerdings fallen diese beiden Fraktionen in der Aufbereitung getrennt und zeitlich entzerrt an (die Organikfeinfraktion fällt vier Wochen später an als die Grobfraktion, mit der sie einmal vereint war). Die Mischung würde ausschließlich zu dem Zweck erfolgen, dass auch die Organikfeinfraktion in die energetische Verwertung eingebracht werden darf. Für die Bewertung des Heizwertkriteriums ist allerdings auf den unvermischten Abfall abzustellen. Des weiteren würde diese Maßnahme eine wesentliche Änderung des angebotenen Verfahrenskonzeptes darstellen. Ein Belassen der Organikfeinfraktion in der heizwertreichen Grobfraktion vor der Rotte unter Ausschleusung einer heizwertreichen Mittel- und Feinfraktion nach der Rotte ist technisch nicht darstellbar.

Die thermische Behandlung der Organikfeinfraktion – auch unter Rückgewinnung von Energie, die der Gesetzgeber in § 5 Abs. 4 Nr. 4 BImSchG allen Betreibern von Verbrennungsanlagen und mit § 8 17. BImSchV insbesondere auch von Abfallverbrennungsanlagen, auferlegt hat (25) – ist aufgrund des Nichterreichens der Heizwertuntergrenze als Beseitigungsvorgang einzustufen.

Die angedachte energetische Verwertung ist daher nach § 6 Abs. 2 Nr. 1 KrW-/AbfG nicht zulässig und daher nicht ordnungsgemäß.

6.2.2 Hauptzweck der Maßnahme

6.2.2.1 Option 1: Verwendung als Zuschlagmaterial in Bodenreinigungsanlagen

Wegen der nicht eindeutig zu klärenden Ordnungsgemäßheit der Option 1 (Datenlage) wird hier ergänzend eine Prüfung der Schadlosigkeit der vorgesehenen Maßnahme durchgeführt.

Im vorliegenden Fall ist der Hauptzweck der Maßnahme daran zu prüfen,

1. ob und welche Rohstoffe durch die Organikfeinfraktion substituiert werden,
2. welche stofflichen Eigenschaften der Organikfeinfraktion genutzt werden,
3. ob und welche Verunreinigungen die Organikfeinfraktion ohne Vermischung mit anderen Stoffen aufweist, verglichen mit den substituierten Rohstoffen.

6.2.2.1.1 Substituierte Rohstoffe

Die als Zuschlagmaterial in Bodenreinigungsanlagen eingesetzte Organikfeinfraktion dient „... als Substitut für andere biologisch aktive Substanzen wie beispielsweise Kompost. Diese dienen in der biologischen Bodensanierung der Optimierung der mikrobiellen Abbaubedingungen von organischen Schadstoffen.“ (26).

„... als organikreicher und biologisch aktiver „Starter“ der Abbauvorgänge ...“ (12).

Als Verfahren kommt das Bodensanierungsverfahren TERRAFERM zum Einsatz (2).

Nach den oben zitierten Aussagen dient die Organikfeinfraktion als Substitut für biologisch aktive Substanzen wie z.B. Kompost oder Stroh (27). Deren Funktion ist, wie aus der Beschreibung des TERRAFERM-Verfahrens hervorgeht (27), vornehmlich die eines Strukturmaterials, nicht aber z.B. die Einbringung von Nährstoffen. Diese werden ggf. separat zugegeben:

„Dazu werden ... speziell an die Bodenstruktur angepaßte Substrate (Kompost, Stroh etc.) zur Verbesserung der Bodenmatrix zugegeben. Mineralische Nährstoffe (ausgewogenes Stickstoff-Phosphor-Verhältnis) zur Versorgung der Mikroorganismen werden untergemischt, wenn notwendig adaptierte Bakterien und Pilze im Boden angereichert und der Boden optimal mit Sauerstoff versorgt.“

6.2.2.1.2 Stoffliche Eigenschaften

Die Zugabe von Strukturmaterial zur biologischen Behandlung abbaubarer Organik hat hauptsächlich den Zweck, die Bodenmatrix zu verbessern, insbesondere das verfügbare Luftporenvolumen und die Porenstabilität zu erhöhen. Nur bei einem ausreichenden Luftporenvolumen werden die Mikroorganismen genügend mit Sauerstoff versorgt, ist ihre hohe Aktivität und damit eine optimale Rotte gewährleistet. Weiter dient Strukturmaterial dazu, den Wassergehalt des Rottegemisches auf einen optimalen Wert einzustellen.

Die Organikfeinfraktion weist eine Korngröße im Bereich von < 10 mm auf und liegt damit im unteren Bereich vergleichbarer Strukturmaterialien. Welche Auswirkungen die Organikfeinfraktion auf die biologischen Prozesse in der Bodenbehandlung hat, ist bislang auch UMWELTSCHUTZ NORD nicht bekannt, da derzeit erst diesbezügliche Versuche durchgeführt werden (2):

„Nach Bieterangaben werden für diese Fraktion zurzeit weitergehende Untersuchungen durchgeführt mit dem Ziel, die positiven Einflüsse des Materials in Bezug auf Abbauprodukte, Nährstoffgehalt, Pflanzenverträglichkeit oder Bodenatmung für den zu sanierenden Boden aufzuzeigen.“

6.2.2.1.3 Schadstoffbelastung

Für die Hauptzweckprüfung ist die Frage nach den im einzelnen Abfall bestehenden Verunreinigungen zu untersuchen. Im Folgenden wird die Schadstoffbelastung der Organikfeinfraktion mit der von Komposten und Stroh verglichen.

Konkrete Analysendaten zur Schadstoffbelastung der Organikfeinfraktion liegen nicht vor bzw. waren nicht verfügbar. Daher wurden die Zuordnungswerte, die diese Fraktion nach Aussagen der Anbieter einhalten soll, herangezogen. Verwendet werden die Zuordnungswerte der LAGA für Boden. Unter den Begriff Boden fällt auch solcher, der in Bodenbehandlungsanlagen gereinigt worden ist (15).

6.2.2.1.3.1 Schadstoffe im Feststoff

Zum Vergleich der Schadstoffgehalte im Feststoff wurden Daten zu Komposten aus Baden-Württemberg von 1997 (28) sowie von Deutschland aus dem Jahr 2000 (29) herangezogen. Die Daten für Stroh stammen aus der PHYLLIS-Biomasse-Datenbank (30), die laufend aktualisiert wird. Tab. 6 zeigt die Resultate des Vergleichs der Schadstoffgehalte im Feststoff.

Schwermetalle

Die Belastung des substituierten Rohstoffs Stroh liegt, betrachtet man die Maximalgehalte, für alle Schwermetalle bis auf Cadmium deutlich unter dem jeweiligen Z0-Wert der LAGA für Böden. Zieht man den Mittelwert für Cadmium heran, wird der Z0-Wert zu weniger als 20 % ausgeschöpft. Für Thallium fehlen Daten, hier ist eine Aussage nicht möglich.

Die Schwermetallbelastung des substituierten Rohstoffs Kompost aus deutschen Kompostierungsanlagen für Bio-, Garten- und Parkabfälle in Deutschland liegt über der von Stroh, hält aber die Z1.1-Werte überwiegend ein:

- Z0-Werte: Im Durchschnitt der Mittelwerte deutscher sowie baden-württembergischer Anlagen werden die jeweiligen Z0-Werte für einzelne Schwermetalle erreicht (Cadmium) oder leicht überschritten (Kupfer und Zink). Zieht man die Maximalgehalte der Komposte aus Baden-Württemberg heran, werden bei Bioabfallkomposten die Z0-Werte für Kupfer und Zink, bei Grünkomposten darüber hinaus auch noch die Z0-Werte für Cadmium, Chrom und Quecksilber überschritten. Betrachtet man den oberen Bandbereich der Mittelwerte deutscher Anlagen, werden alle Z0-Werte überschritten.
- Z1.1-Werte: Im Durchschnitt der Mittelwerte deutscher sowie der Mittel- und Maximalwerte baden-württembergischer Anlagen werden die jeweiligen Z1.1-Werte für alle Schwermetalle sicher unterschritten. Zieht man den oberen Bandbereich der Mittelwerte deutscher Anlagen heran, werden die Z1.1-Werte für Cadmium, Chrom, Nickel, Quecksilber und Zink überschritten.
- Z1.2-Werte/Z2-Werte: Zieht man den oberen Bandbereich der Mittelwerte deutscher Anlagen heran, werden alle Z1.2-Werte unterschritten, ebenso alle Z2-Werte (deutlich).

Es liegen keine Analysendaten für die Schwermetallbelastung der Organikfeinfraktion vor, daher können nur allgemeine Aussagen getroffen werden:

- Die Aussage von UMWELTSCHUTZ NORD, wonach die Analysenergebnisse der Schwermetallgehalte der Organikfeinfraktion „teilweise“ innerhalb der Grenzwerte (= Zuordnungswerte) nach LAGA Z0 liegen, ist, da nicht quantifiziert, nicht aussagekräftig genug. Diese Aussage trafe bereits zu, wenn nur für ein oder zwei der neun Schwermetalle Z0 eingehalten werden würde.
- Stroh hält für alle Parameter die Z0-Werte ein. Die Schwermetallbelastung der Organikfeinfraktion liegt daher sicher über der von Stroh.
- Die Organikfeinfraktion hält nach Aussagen von BIODEGMA lediglich die LAGA-Z2- bzw. Z1.2-Werte ein (12). Komposte unterschreiten im Mittel die jeweiligen Z1.1-Werte für alle Schwermetalle und im oberen Bandbereich der Anlagenmittelwerte auch alle Z1.2-Werte.
- Aus fachlicher Sicht ist auch zu bezweifeln, dass die Z2-Werte mit der erforderlichen Sicherheit eingehalten werden (vgl. die Ausführungen in Abschnitt 5.3).

Organische Schadstoffe

Für Stroh liegen keine Daten zur Belastung mit organischen Schadstoffen vor, so dass Aussagen nicht möglich sind.

Für Komposte liegen vereinzelte ältere Daten zur Belastung mit polychlorierten Biphenylen (PCB) vor, die sich im Bereich von Z1.1 bewegen (vgl. Tab. 6). Untersuchungen von Grün- und Bioabfallkomposten aus Baden-Württemberg (28) ergaben Gehalte an PCB von im Mittel 0,06 bis maximal 0,15 mg/kg TS. Damit halten die Mittelwerte den Z1.1- und die Maximalwerte den Z1.2-Wert der LAGA für PCB ein.

Die Gehalte an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK, hier 16 EPA-PAK) lagen im Grün- und Bioabfallkompost aus Baden-Württemberg im Mittel bei 4 – 6 mg/kg TS und erreichten maximal 11 – 24 mg/kg TS. Die Mittelwerte liegen unter oder knapp über dem Z0-Wert, die Maximalwerte überschreiten den Z1.1- bzw. Z2-Wert jeweils nur knapp.

„Angesichts der deutlich erhöhten Gehalte in einigen wenigen Proben aus bestimmten Anlagen und der teilweise gefundenen jahreszeitlichen Variabilität sollten weitere Untersuchungen über mögliche Eintragswege gemacht werden.“ (31). Die erhebliche Streuung spiegelt sich in den 75-Perzentil-Werten wieder, die bei beiden Kompostarten nur wenig über den Mittelwerten lagen. Für Bioabfallkomposte betrug das 75-Perzentil 4,52 mg PAK/kg TS, für Grüngutkomposte 6,93 mg PAK/kg TS.

Nach UMWELTSCHUTZ NORD hält die Organikfeinfraktion die Einsatzgrenzwerte (= Zuordnungswerte) für die organischen Schadstoffe nach LAGA (Feststoffe) bzw. nach TASI Anhang B für die untersuchten Parameter ein. Konkrete Angaben darüber, welche der LAGA-Zuordnungswerte bzw. nach TASI Anhang B für die verschiedenen Parameter von der Organikfeinfraktion im Einzelnen eingehalten werden, fehlen.

Die Organik-Zuordnungswerte nach LAGA sind in Tab. 6 wiedergegeben. Sie liegen z.B. für PCB deutlich über den Belastungen von Komposten.

Nach TASI Anhang B sind lediglich zwei organische Parameter im Feststoff begrenzt:

- Organischer Anteil des Trockenrückstandes: 5 % (als Glühverlust) bzw. 3 % (als TOC)
- Extrahierbare lipophile Stoffe der Originalsubstanz: 0,8 %

Tab. 6: Schadstoffgehalte in der Organikfeinfraktion sowie in Strukturmaterial (Komposte und Stroh); alle Angaben in mg/kg Trockensubstanz (Feststoff); 75-P. = 75-Perzentil

Parameter*	LAGA: Zuordnungswerte Boden mg/kg TS (15)				Komposte (TS), Baden-Württemberg, 1997 (28)				Komposte Deutschland (TS), 2000		Stroh (TS), PHYLLIS- Datenbank (30)		
	Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	Bioabfall (n = 13)		Grüngut (n = 12)		Anlagenmittelwerte (29)		n =	Mittel	Max.
					Mittel [Median]	Max. [75-P.]	Mittel [Median]	Max. [75-P.]	Durch- schnitt	Oberer Band- bereich**			
PAK (EPA)	5	10	15	20	4,26	10,72 [4,52]	6,34	23,67 [6,93]					
PCB _{gesamt}	0,02	0,1	0,5	1	0,068	0,148 [0,080]	0,060	0,132 [0,070]	0,09***				
As	20	30	50	150	[3,4]		[4,6]				13	1,1	2,5
Pb	100	200	300	600	49,4	66,8	33,6	63,0	60	178	40	2,4	11,6
Cd	0,6	1	3	10	0,35	0,58	0,33	0,92	0,6	1,6	40	0,1	0,6
Cr _{gesamt}	50	100	200	600	30,5	48,6	28,3	52,7	30	189	13	2,8	12,0
Cu	40	100	200	600	52,4	67,2	35,2	58,6	44	96	41	4,7	11,4
Ni	40	100	200	600	15,2	34,2	13,2	16,7	18	104	13	2,1	6,0
Hg	0,3	1	3	10	0,177	0,241	0,134	0,353	0,20	1,50	27	0,0	0,0
Tl	0,5	1	3	10		0,1****		0,1****			0		
Zn	120	300	500	1.500	188,0	237,0	133,0	174,0	196	362	13	16,1	26,0

* Weitere Zuordnungswerte für Kohlenwasserstoffe, BTEX, EOX, LHKW, CN_{gesamt}; hier nicht ausgewiesen, da keine Meßwerte verfügbar.

** nach Ausreißerbereinigung

*** 1994: Mittelwert aus 68 Proben (32)

**** nur in wenige Proben nachweisbar

Da die Organikfeinfraktion die Zuordnungswerte der AbfAbIV nicht einhält – sonst würde BIODEGMA eine achtwöchige Nachaufbereitung vor Deponierung nicht für erforderlich halten –, ist aus Erfahrungen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (33) davon auszugehen, dass insbesondere der Zuordnungswert der AbfAbIV für Glühverlust von 18 % und damit auch der Zuordnungswert der TASI für den organischen Anteil des Trockenrückstandes (Glühverlust: 5 %) nicht eingehalten werden kann. Für eine Überprüfung der Einhaltung der oben genannten Zuordnungswerte der TASI fehlen allerdings konkrete Analysendaten.

6.2.2.1.3.2 Schadstoffe im Eluat

Nach UMWELTSCHUTZ NORD werden die Zuordnungswerte nach TASI Anhang B für die untersuchten Parameter eingehalten (2). Weiter hält die Organikfeinfraktion die Zuordnungswerte für die organischen Schadstoffe nach LAGA (Feststoffe) ein. Die Beschränkung dieser Aussage auf den Feststoff – im Gegensatz zu den TASI-Werten – legt die Vermutung nahe, dass die Zuordnungswerte für die organischen Schadstoffe nach LAGA im Eluat nicht eingehalten werden und daher die Organikfeinfraktion eine Qualität schlechter als Z2 aufweist.

Nach BIODEGMA hält die Organikfeinfraktion die LAGA-Z2- bzw. Z1.2-Werte (ohne Beschränkung auf den Feststoff) ein (12).

Konkrete Befunde zu Eluatanalysen der Organikfeinfraktion liegen nicht vor. Hilfsweise werden daher Analysen an vergleichbaren Feinfraktionen hinter mechanisch-biologischer Aufbereitung herangezogen. Untersuchungen an derartigen Feinfraktionen ergaben, dass die LAGA-Zuordnungswerte für Boden respektive für Recyclingbaustoffe (LAGA Z0 bis Z2) bzw. die Zuordnungswerte nach TASI (DK I und DK II) für verschiedene Parameter im Eluat nicht sicher eingehalten werden. Tab. 7 zeigt einen Vergleich der im Versuch gemessenen Eluat-Werte mit den entsprechenden Zuordnungswerten.

Danach werden die Eluat-Zuordnungswerte der LAGA für Böden/Recyclingbaustoffe für die Salze Chlorid und Sulfat, für die Schwermetalle Blei, Kupfer, Nickel und Zink sowie für die organischen Stoffe TOC und Phenolindex nicht sicher eingehalten. Für die organischen Stoffe ist sogar die Einhaltung des TASI-Zuordnungswertes zur Deponieklasse I fraglich. Es kann daher nicht ohne weiteres und ohne Vorlage konkreter Analyseergebnisse davon ausgegangen werden, dass die Eluatbelastung der Organikfeinfraktion die genannten Zuordnungswerte der LAGA und auch der TASI Anhang B für alle Parameter einhält.

Die substituierten Rohstoffe haben sich in der biologischen Behandlung als Strukturmaterial bewährt. Für die Organikfeinfraktion steht dieser Nachweis nach Aussagen des Anbieters noch aus. Die Schadstoffbelastung der Organikfeinfraktion konnte nur abgeschätzt werden. So waren konkrete Analysendaten zur Schadstoffbelastung im Feststoff und im Eluat nicht verfügbar. Daher mussten die jeweiligen Zuordnungswerte, die diese Fraktion nach Aussagen der Anbieter einhalten soll, herangezogen werden. Ein Vergleich mit den Schadstoffgehalten der substituierten Rohstoffe ergibt:

- Im Feststoff unterschreiten die substituierten Rohstoffe Stroh und Kompost die genannten LAGA-Zuordnungswerte zum Teil deutlich. Ein Nachweis, dass die Organikfeinfraktion für alle Parameter die Zuordnungswerte der LAGA im Feststoff einhält, steht aus.
- Im Eluat von der Organikfeinfraktion vergleichbarem Material erwiesen sich insbesondere die Salze, die organischen Verbindungen (TOC und Phenole) und das Schwermetall Kupfer als problematisch.

Tab. 7: Eluat-Untersuchungen von Feinfraktionen nach mechanisch-biologischer Aufbereitung (34)

Parameter	Einheit	LAGA: Zuordnungswerte Boden [Recyclingbaustoffe, abweichend]				TASi, Anhang B		Technikums- versuch, Mittel	Probe BMA Dresden	Eluate überschreiten folgende Zuordnungswerte
		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	DK I	DK II			
Chlorid	mg/l	10	10 [20]	20 [40]	30 [150]				59	Z2 [Z1.2]
Sulfat	mg/l	50	50 [150]	100 [300]	150 [600]				158	Z2 [Z1.1]
TOC	mg/l					20	100	36,2	83	DK I
Phenolindex	mg/l	< 0,01	0,01	0,05	0,1	0,2	50	0,64	0,90	Z2, DK I
Arsen	mg/l	0,01	0,01	0,04	0,06 [0,05]	0,2	0,5			
Blei	mg/l	0,02	0,04	0,1	0,2 [0,1]	0,2	1	0,06	0,04	Z0 bzw. Z1.1
Cadmium	mg/l	0,002	0,002	0,005	0,01 [0,005]	0,05	0,1	n.n.	n.n.	
Chrom _{gesamt}	mg/l	0,015	0,03	0,075	0,1	0,05*	0,1*	0,01*	0,02*	
Kupfer	mg/l	0,05	0,05	0,15	0,3 [0,2]	1	5	0,39	0,17	Z2 bzw. Z1.2
Nickel	mg/l	0,04	0,05	0,15 [0,1]	0,2 [0,1]	0,2	1	0,09	0,18	Z1.1 bzw. Z1.2
Quecksilber	mg/l	0,0002	0,0002	0,001	0,002	0,005	0,02			
Zink	mg/l	0,1	0,1	0,3	0,6 [0,4]	2	5	0,24	0,23	Z1.1

* Chrom-VI

Anmerkung: Wenn Z2 oder Z1.2 überschritten sind, sind automatisch auch Z1.1 und Z0 überschritten.

Beseitigung des Schadstoffpotenzials

Nach Aussagen von BIODEGMA wäre eine mindestens achtwöchige Nachrotte erforderlich mit dem Ziel, aktivitätsarmes Material gemäß Abfallablagerungsverordnung auf der Deponie abzulagern (12). Die Parameter, die durch diese Nachrotte eingehalten werden sollen, sind die Atmungsaktivität (AT_4) oder alternativ das Gasbildungspotenzial (GB_{21}). Den gleichen Effekt der Reduzierung dieser Parameter würde auch die Mitbehandlung der Organikfeinfraktion im Rahmen der biologischen Bodenbehandlung erzeugen. Während die Organikfeinfraktion einen Wert aufweisen wird, der deutlich über dem Zuordnungswert von 5 mg O_2/g TS liegen dürfte (da erst nach achtwöchiger Nachrotte einhaltbar), beträgt die Atmungsaktivität von deutschen Böden lediglich 0,1 – 0,5 mg O_2/g TS (35).

Hauptzweck

Nach den dargestellten Ergebnissen ist der Hauptzweck der Maßnahme **nicht** in der stofflichen Verwertung der Organikfeinfraktion zu sehen. Die eine mögliche stoffliche Verwertung begründende Charakterisierung steht ebenso aus wie der Nachweis der Eignung und positiven Beeinflussung der biologischen Bodenbehandlung durch den Einsatz der Organikfeinfraktion.

Vielmehr ist der Hauptzweck der Maßnahme in einer **Beseitigung** des Schadstoffpotenzials (AT_4 , GB_{21} , Salze, Phenole, einzelne Schwermetalle) zu vermuten. Mehr als eine Vermutung kann hier mangels verfügbarer Analysendaten nicht geäußert werden.

Eine Organikfeinfraktion, die vergleichbare Eluatbelastungen aufwies wie die dargestellte Feinfraktion aus mechanisch-biologischer Aufbereitung von Restabfall, dürfte wegen der Belastung mit Salzen, Phenolen und Kupfer nicht mehr als Boden oder Recyclingbaustoff verwertet werden. Der Gehalt an TOC und Phenolen im Eluat würde sogar eine Ablagerung des Materials auf einer Deponie Klasse II erfordern.

Aus fachlicher Sicht ist zudem auch zu bezweifeln, dass die Z2-Werte für Boden mit der erforderlichen Sicherheit eingehalten werden (vgl. die Ausführungen in Abschnitt 5.3).

6.2.3 Option 2: Verwendung als Rekultivierungsschicht

Als weitere Option wird die Verwendung der Organikfeinfraktion zur Deponieabdeckung angeführt (2). Eine direkte Verwendung ist nach TASI nicht ordnungsgemäß (kein Boden, sondern Abfall), ebenso nicht der Einsatz in einer Deponierekultivierungsschicht (derzeit noch nach § 12 Abs. 2 BBodSchV). So ist der Nachweis der Erforderlichkeit für diesen Einsatz nicht zu erbringen. Die Kompatibilität mit Anhang 5 DepV (Entwurf) ist aus gleichem Grund ebenfalls fraglich (vgl. Abschnitt 6.2.1.2). Daher kann die Hauptzweckprüfung entfallen.

6.2.4 Option 3: Zuschlagen zur hochkalorischen Fraktion

Option 3 kommt prinzipiell als Maßnahme einer energetischen Verwertung der Organikfeinfraktion in Betracht. Da die Organikfeinfraktion einen Heizwert deutlich unter 11.000 MJ/Mg aufweisen wird – dies ergibt sich zwingend aus der Massenbilanz und den für die heizwertreichen Fraktionen angegebenen mittleren Heizwerten –, ist eine energetische Verwertung nach § 6 Abs. 2 Nr. 1 KrW-/AbfG nicht zulässig. Daher ist eine Prüfung des Hauptzwecks der Maßnahme nicht mehr erforderlich.

„Wenn im Einzelfall bereits die – unterstellte – energetische Verwertung nach § 6 Abs. 2 KrW-/AbfG unzulässig ist, kann die aufwendige Prüfung, ob die Maßnahme eine energetische Verwertung (A.d.V. als Hauptzweck) darstellt, dahinstehen.“ (36).

Ein Vermischen von Abfällen zur Verwertung (hier: hochkalorische Fraktion) mit Abfällen zur Beseitigung (hier Organikfeinfraktion) hat zur Konsequenz, dass „ihre Vermischung und ihr späterer Einsatz gemeinsam mit heizwertreichen Abfällen ... nicht als energetische Abfallverwertung angesehen werden“ kann (7). Ein Zuschlagen der Organikfeinfraktion zur hochkalorischen Fraktion führt dazu, dass das gesamte Gemisch dem Hauptzweck nach als Abfall zur Beseitigung einzustufen und damit zu beseitigen ist.

6.3 Prüfung der Schadlosgkeit

Nach § 5 Abs. 5 KrW-/AbfG entfällt der Vorrang der Verwertung von Abfällen, wenn deren Beseitigung die umweltverträglichere Lösung darstellt. Als zulässige Beseitigungsmaßnahme für die Organikfeinfraktion kommt derzeit entweder eine thermische Behandlung und Ablagerung der Behandlungsrückstände in Betracht. Eine Deponierung der Organikfeinfraktion ist nicht zulässig, da das Material nicht den Anforderungen der AbfAbIV genügt; durch eine mehrwöchige Nachrotte wäre aber die Deponierfähigkeit grundsätzlich herstellbar. Daher könnte die Organikfeinfraktion nach einer entsprechenden Behandlung in einer geeigneten Anlage gemäß AbfAbIV ordnungsgemäß deponiert werden.

6.3.1 Option 1: Verwendung als Zuschlagmaterial in Bodenreinigungsanlagen

6.3.1.1 Zu erwartenden Emissionen

Die bei der Verwertung der Organikfeinfraktion als Zuschlagmaterial in Bodenreinigungsanlagen **zu erwartenden Emissionen** sind zu vergleichen mit denen einer Abfallverbrennungsanlage oder einer Deponierung nach AbfAbIV. Die Errichtung der jeweiligen Anlagen (mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlage, Bodenreinigungsanlage, Deponie Klasse II, Müllverbrennungsanlage) wird nicht betrachtet.

a) Energiegewinnung

Die Energiegewinnung wird im Abschnitt 6.3.1.3 Einzusetzende oder zu gewinnende Energie behandelt.

b) Rohstoffgewinnung

Die Erzeugung der Organikfeinfraktion aus Restabfall ist neben dem Energiebedarf mit der Emission von Schadstoffen aus der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsanlage verbunden. Diese soll nach Angaben von UMWELTSCHUTZ NORD alle gesetzlichen Vorgaben – insbesondere die der 30. BImSchV – erfüllen. Aufgrund unterschiedlicher spezifischer Abgasvolumina sollen hier keine Konzentrations-, sondern nur die Frachtbegrenzungen der 30. BImSchV herangezogen werden. Danach ist die Emission an organischen Stoffen von MBAs nach auf 55 g C/Mg Abfall begrenzt. Bei der thermischen Behandlung von einem Mg Abfall in einer MVA mit Rostfeuerung entspricht dies der Emission bei voller Ausschöpfung des Grenzwertes der 17. BImSchV (10 mg TOC/m³).

Die Emission an Lachgas (N₂O, Distickstoffoxid) ist nach 30. BImSchV begrenzt auf 100 g/Mg Abfall. Der Lachgas-Emissionsfaktor für Rostfeuerungsanlagen in Deutschland liegt hingegen bei 5,5 – 66 g/Mg Abfall (37, 38). Geht man für die MBA von einer Einhaltung dieser Frachtbegrenzung aus, ist festzuhalten, dass die MBA zu einer deutlich höheren spezifischen Emission an Lachgas führt als die MVA. Auch für die Deponierung von MBA-Rottegut, welches die AbfAbIV einhält, ist eine Freisetzung

von Lachgas nicht auszuschließen. Diesen Schluß legen z.B. Abluftuntersuchungen an offenen Kompostanlagen nahe (39). Diesbezügliche Messungen liegen aber nicht vor.

Bezüglich der Emissionen anderer Schadstoffe ist hier auf das stoffliche Gefährdungspotenzial der Schadstoffslenke Restabfall abzustellen. Das UBA führt hierzu aus (40):

„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. POP⁹) 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.“

Zu den genannten POP zählen u.a. die Polychlorierten Biphenyle (PCB) und die Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK). Beide werden – ebenso wie die biologisch nicht abbaubaren Schwermetalle – anteilig in die Organikfeinfraktion verlagert (s.u., Emissionen aus der jeweiligen Behandlung).

c) Transport

Die transportgebundenen Emissionen sind – gleichartige Transportmittel unterstellt – entfernungsabhängig. Im Fall einer Kombination von MBA und Bodenbehandlung an einem Standort sind die Transportvorgänge marginal (insbesondere wenn der Transport über Förderband anstelle von Fahrzeugen erfolgt). Sind MBA und Bodenbehandlung räumlich getrennt, z.B. weil der Zuschlag zur Bodenbehandlung am vorgesehenen Standort Langhagen nicht genehmigt wird und das Material zur Anlage in Lünen, die über eine entsprechende Genehmigung verfügt, transportiert werden muss, fallen ca. 470 km Transportkilometer an. Die Entfernung zur nächstgelegenen Bodenbehandlungsanlage von UMWELTSCHUTZ NORD (Genehmigungssituation unklar) in Hamburg oder Lüneburg beträgt ca. 200 km, ebenso zu den nächstgelegenen MVAs in Hamburg oder Berlin-Ruhleben. Die Frage der transportgebundenen Emissionen ist daher nur in Verbindung mit der Genehmigungsfähigkeit der geplanten Maßnahme am geplanten Standort oder den nächstgelegenen Bodenbehandlungsanlagen zu beantworten. Da an anderer Stelle dargelegt wurde, dass diese Maßnahme nicht ordnungsgemäß ist, dürfte der Vergleich der Emissionen keine Unterschiede (Transport zur nächstgelegenen Anlage) ergeben. Im Falle eines Transportes des Materials nach Lünen fallen die transportbedingten Emissionen höher aus.

d) Behandlung

Die Emissionen der jeweiligen Behandlung sind zu vergleichen. Es sind die Pfade Boden/Grundwasser und Luft zu betrachten. Aus systematischen Gründen erfolgt die Behandlung des Boden/Grundwasser-Pfades für Boden und für MVA-Schlacken in Abschnitt 6.3.1.4 Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, Abfällen zur Verwertung oder daraus gewonnenen Erzeugnissen.

⁹ POP – persistent organic pollutant

Behandlung / Pfad Boden/Grundwasser

Müllverbrennungsanlage (MVA): Für die thermische Behandlung der Organikfeinfraktion in konventionellen Rostfeuerungsanlagen mit anschließender Deponierung der Rückstände ist das Ziel einer möglichst weitgehenden Umwandlung von Schadstoffen in weniger gefährliche Stoffe, die ein verringertes oder ein deutlich verringertes bis kein ökotoxikologisches Potenzial (inhärent sicher) aufweisen, schon jetzt weitestgehend erfüllt.

„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.“ (40).

Deponierung nach AbfAbIV: Aufgrund des Multibarrierenkonzeptes des Deponiebaus (geologische Barriere plus Basisabdichtungssystem) ist auch in diesem Fall ein Ausschleusen von Schadstoffen aus dem Stoffkreislauf in eine Senke weitestgehend sichergestellt.

Bodenreinigungsanlage: Die Emissionen aus der geschlossenen Bodenreinigungsanlage in den Pfad Boden/Grundwasser erfolgen im Wesentlichen über das Abwasser der Anlage sowie über das ausgeschleuste Produkt. Im Falle einer Kreislaufführung kann die Anlage ggf. abwasserfrei arbeiten. Böden, die die für eine Verwertung geforderte Qualität nicht einhalten, sind gemäß den Vorgaben der AbfAbIV, ggf. nach thermischer Vorbehandlung, zu deponieren. Aufgrund des Multibarrierenkonzeptes des Deponiebaus (geologische Barriere plus Basisabdichtungssystem) ist ein Ausschleusen von Schadstoffen aus dem Stoffkreislauf in eine Senke dabei weitestgehend sichergestellt. Über sonstige ggf. zu deponierende Behandlungsrückstände liegen keine Informationen vor. Die Emissionen über das Produkt werden aus systematischen Gründen in Abschnitt 6.3.1.4 behandelt.

Behandlung / Luftpfad

Organische Schadstoffe:

Die Emissionen von **Müllverbrennungsanlagen (MVA)** über das Abgas sind über die 17. BImSchV begrenzt. Die Freisetzung an organischen Schadstoffen ist gegenüber dem Eintrag über den Abfall resp. die Organikfeinfraktion deutlich reduziert. Dies gilt auch für POP wie z.B. Dioxine/Furane (PCDD/F). Die durchschnittliche Belastung von Restabfall mit PCDD/F liegt bei 50 – 200 µg I-TE/Mg TS (41). Bei einem mittleren Rauchgasvolumen von 5.500 m³/Mg FS und einem einzuhaltenden Grenzwert im Reingas von 0,1 ng I-TE/Nm³ beträgt der luftseitige Austrag an PCDD/F rund 340 ng I-TE/Mg TS. Die meisten MVAs unterschreiten den Grenzwert der 17. BImSchV heute deutlich und dürften bei im Mittel 0,02 ng I-TE/Nm³ liegen (42). Danach gelangen i.d.R. weniger als 1 % der im Abfall enthaltenen PCDD/F in die Abluft (wobei die ggf. durch Rekombination neu gebildeten PCDD/F in dieser Bilanz enthalten sind). Für andere organische Schadstoffe gilt dies gleichermaßen.) Die Emission klimarelevanter Gase wird mit knapp 1.100 1.087 kg CO₂/Mg verbrannten Restabfalls (FS, 30 % Kohlenstoff) angegeben. Für die Organikfeinfraktion würde der Wert entsprechend dem reduzierten Organikgehalt niedriger ausfallen.

Die Organikfeinfraktion kann nach einer Nachrotte entsprechend AbfAbIV auf einer **Deponie** Klasse II abgelagert werden. Durch entsprechende Anforderungen an das abzulagernde Material sowie an die technische Ausstattung und Emissionsminderung wird die Freisetzung von Schadstoffen minimiert. Die Deponie erfüllt damit die Funktion einer Senke für Schadstoffe. Die klimarelevante Emission von deponiertem MBA-Rottegut (Rottezeit: 3 – 4 Monate, ca. 30 % Wassergehalt) wird mit ca. 87 kg CO₂-Äq./Mg MBA-Rottegut (43) abgeschätzt (bei einem GWP-Äquivalenzfaktor von 21 für Methan).

Die (Mit-)Behandlung der Organikfeinfraktion in einer **Bodenreinigungsanlage** führt in Abhängigkeit der Abluffassung und -reinigung zur Emission von Schadstoffen in die Umwelt. Zum Emissionsschutz heißt es in der Selbstdarstellung des Verfahrens (27):

„TERRAFERM-Bodensanierung erfolgt in einer geschlossenen Anlage, so dass die Emission von Schadstoffen auf ein Mindestmaß begrenzt bleibt. Leichtflüchtige Schadstoffe werden kontrolliert über Biofilter abgeleitet.“

Bei den bei der Bodenreinigung anfallenden leichtflüchtigen Schadstoffen handelt es sich zumeist um aus dem kontaminierten Erdreich verdampfte Schadstoffe und/oder um Abbauprodukte von Schadstoffen, die einem mikrobiellen Abbau zugänglich sind. Daher ist dieses Verfahren insbesondere für Kohlenwasserstoffe/Mineralölprodukte sowie aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX¹⁰) geeignet (27).

Im Gegensatz zum kontaminierten Boden handelt es sich bei Restabfall regelmäßig um ein Vielstoffgemisch und eine Senke für die in Publikumsprodukten enthaltenen Schadstoffe. Es ist davon auszugehen, dass die im Restabfall enthaltenen organische Schadstoffe anteilig in die Organikfeinfraktion gelangen werden. Die Organikfeinfraktion, die in die Bodenbehandlung gelangt, hat zwar bereits eine vierwöchige biologische Behandlung durchlaufen. Sie wird daher kaum noch leichtflüchtige oder leicht abbaubare organische Verbindungen enthalten, sondern vornehmlich schwer abbaubare und/oder schwer flüchtige Organik. In wieweit diese durch die Mitbehandlung in der Bodenreinigung verfügbar gemacht und in die Abluft verlagert wird, ist nicht bekannt, ist aber auch nicht auszuschließen. Sollte dies der Fall sein, wären z.B. Abbauprodukte von chlororganischen Verbindungen (Chloraromaten, Chloraliphaten), von Kunststoffprodukten und deren Additiven (Phthalate, Chlorparaffine) und andere (Terpene, Siloxane, PAK) in der aus der Organikfeinfraktion stammenden Abluft zu erwarten. Entsprechende Abluftuntersuchungen bei Einsatz der Organikfeinfraktion in der Bodenreinigung sind nicht verfügbar. Screening-Untersuchungen von MBA-Abluft zeigen aber, dass die meisten der oben genannten Verbindungen in der Abluft nach biologischer Behandlung nachweisbar sind (44).

Biofilter sind nun nur bedingt für die Reinigung organisch belasteter Abluft aus der Restabfallbehandlung geeignet. Insbesondere für die Entfernung nicht oder sehr langsam biologisch abbaubarer, flüchtiger Schadstoffe aus der Abluft sind Biofilter nicht geeignet. So weisen z.B. die chlororganischen Verbindungen nur eine geringe bis mittlere Entfernbarkeit durch Biofilter auf (45, 46). Aus diesem Grund sieht die 30. BImSchV für die mechanisch-biologische Behandlung von Abfällen auch Grenzwerte vor, die nur durch eine thermische Behandlung eingehalten werden können.

Beim Vergleich der organischen Emissionen von biologischen und thermischen Verfahren der Abfallbehandlung stellt sich natürlich auch, anders als bei den Schwermetallen, die Frage nach den unterschiedlichen toxikologischen Profilen der Emissionen. Hierfür ist eine Aufklärung der Einzelstoffzusammensetzung der organischen Emissionen erforderlich. Der Vergleich der stoffspezifischen Aufschlüsselung eines MBA-TOCs (47) mit einem MVA-TOC (48) enthält keine Hinweise, dass die TOCs nach unterschiedlichem Standards zu regulieren wären (49, 50); Details in (51). Eine vergleichbare Aufschlüsselung der organischen Emissionen bei Einsatz der Organikfeinfraktion in der Bodenreinigung ist nicht verfügbar.

Ein Vergleich der jeweils emittierten organischen Frachten ist nicht möglich, da für die Bodenbehandlung keine Daten zum Abluftvolumen zur Verfügung stehen. Ein Vergleich der zulässigen Konzentrationen ist nicht zielführend.

¹⁰ BTEX = Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylole

Anorganische Schadstoffe:

Bei **Müllverbrennungsanlagen (MVA)** sind die abgasseitigen Emissionen an anorganischen Schadstoffen, speziell Schwermetalle, gegenüber dem Eintrag über den Abfall resp. die Organikfeinfraktion deutlich reduziert. Bei Rostfeuerungsanlagen gelangen mit Ausnahme von Quecksilber weniger als 1 % und mit Ausnahme von Thallium sogar weniger als 0,1 % der im Abfallinput enthaltenen Schwermetalle ins Reingas (17).

Im Falle der **Deponierung** der gerotteten Organikfeinfraktion, die die Anforderungen der AbfAbIV einhält, ist nur eine geringe Freisetzung anorganischer Schadstoffe in die Luft anzunehmen. Dies gilt nicht für die Remobilisierung von Schwermetallen, die über biologische Prozesse (Biomethylierung) in einen flüchtigen Zustand überführt werden können (Quecksilber, Zinn).

In der **Bodenreinigungsanlage** werden infolge der mechanischen und biologischen Behandlung Schwermetalle teils gasförmig, überwiegend aber staubgebunden über die Abluft ausgetragen. Rohgasuntersuchungen an der MBA Quarzbichl (52) ergaben hohe Schwermetallkonzentrationen in der Abluft insbesondere hinter der Heißrotte. Dabei wiesen Zinn, Mangan, Blei, Kupfer und Chrom die höchsten Werte auf. Schwermetalle werden durch Biofilter nur ungenügend zurückgehalten. Untersuchungen zur Wirksamkeit eines Biofilters hinter der aeroben Behandlung eines Restmüll-Klärschlamm-Gemischs (Kranichstein) ergaben eine mittlere Reduktionsrate für Quecksilber (32- 55 %) und praktisch keine Wirksamkeit für Cadmium (53).

Der Vergleich der zu erwartenden Emissionen zeigt, dass sowohl für den Luftpfad als auch für den Pfad Boden/Grundwasser die thermische Behandlung und auch die Deponierung nach AbfAbIV eine größere Sicherheit bzgl. der Zerstörung von organischen und bzgl. der sicheren Rückhaltung und Ausschleusung von anorganischen Schadstoffen, insbesondere Schwermetallen, aufweist als der Einsatz der Organikfeinfraktion in der Bodenbehandlung.

6.3.1.2 Ziel der Schonung der natürlichen Ressourcen

Bei der **Schonung der natürlichen Ressourcen** sind nicht nur wirtschaftliche Ressourcen wie Rohstoffe, sondern auch z.B. Wasser, Luft und Boden zu betrachten. Im vorliegenden Fall sind die natürlichen Ressourcen zu betrachten, die mit der Organikfeinfraktion direkt verbunden sind. So ist es nicht zulässig, den sanierten Boden für die Ressourcenbetrachtung heranzuziehen, da die Betrachtung ausschließlich für den unvermischten Abfall zu erfolgen hat (54).

Nach Aussagen des Anbieters dient die Organikfeinfraktion als Substitut für biologisch aktive Substanzen wie z.B. Kompost. Bei **Kompost** handelt es sich um behandelte Bioabfälle. Die getrennte Erfassung und Kompostierung von Bioabfällen führt zur Verringerung der Aufwändungen in der Restabfallbehandlung, erzeugt einen ressourcenschonenden Rohstoff (Ersatz von Mineraldünger oder Torf) und dient der Verbesserung der Ressource Boden (Humusbilanz, Struktur, Wasserhaushalt u.a.). Die Schadstoffgehalte im Kompost werden durch die BioAbfV begrenzt. Der Einsatz von Komposten in der Bodenbehandlung ist unter dem Aspekt der Schonung natürlicher Ressourcen gegenüber der Anwendung in der Land- und Forstwirtschaft sowie im Gartenbau als gleichwertig anzusehen. Die CO₂-Emissionen, die aus der Umwandlung des Kohlenstoffes resultieren, gelten als klimaneutral, da sie aus der Umwandlung von nachwachsenden Rohstoffen stammen.

Bei der **Organikfeinfraktion** steht ein Nachweis vergleichbarer ressourcenschonender Effekte noch aus. Im Gegensatz zum Kompost ist nicht davon auszugehen, dass der gesamte Organikgehalt aus nachwachsenden Quellen stammt, also nur pflanzlichen oder tierischen Ursprungs ist. So geht das

IPCC¹¹ in seiner „Gute-Praxis“-Richtlinie für die Erstellung nationaler Treibhausgasinventare (37) davon aus, dass Restabfall zu 33 – 50 % (FS) (Standard: 40 %) aus Kohlenstoff besteht, der wiederum zu 30 – 50 % (Standard: 40 %) fossilen Ursprungs ist. Danach beträgt das Verhältnis von klimaneutralem, regenerativen Kohlenstoff zu klimarelevantem, fossilen Kohlenstoff im unbehandelten Restabfall 1 : 1 bis 7 : 3. Bei der mechanischen Abtrennung der heizwertreichen Grobfraktion werden insbesondere Papier/Pappe, Holz und Kunststoffe ausgeschleust. Es gibt keinen plausiblen Grund anzunehmen, dass bei der vierwöchigen biologischen Behandlung in der MBA vorrangig der fossile Kohlenstoff abgebaut wird bzw. anschließend in die hochkalorische Mittel- und Feinfraktion gelangt, und sich der klimaneutrale Kohlenstoff in der Organikfeinfraktion konzentriert. Entsprechende analytische Nachweise stehen aus. Der in der Organikfeinfraktion enthaltene fossile Kohlenstoff wird in der Bodenbehandlung oder später bei umweltoffener Anwendung anteilig wieder als klimarelevantes CO₂ freigesetzt werden.

6.3.1.3 Einzusetzende oder zu gewinnende Energie

Einzusetzende Energie: Laut UMWELTSCHUTZ NORD weist das gesamte Aufbereitungsverfahren einen Energiebedarf von 58,3 kWh/Mg Abfall auf (ohne Treibstoff für Betriebsfahrzeuge und ohne Stützgas für thermische Abluftbehandlung). Bei einem Anteil der Organikfeinfraktion von 17,6 % am Anlageninput entspricht dies einem Energiebedarf von 1.190 MJ/Mg Organikfeinfraktion. Der Energiebedarf von Kompostierungsanlagen liegt im Bereich von 20 – 80 kWh/Mg Input (55), was einem Energiebedarf von 160 – 640 MJ/Mg Fertigkompost entspricht. Die einzusetzende Energie für die Erzeugung der Organikfeinfraktion übersteigt damit den Energiebedarf für die Erzeugung von Kompost deutlich.

Zu gewinnende Energie: Beim Einsatz als Zuschlagmaterial in der **Bodenbehandlungsanlage** wird der Energiegehalt der Organikfeinfraktion (ca. 7.000 – 8.000 MJ/Mg) nicht genutzt. Die Anlage erzeugt nicht, sondern verbraucht Energie. Relevant ist jedoch nur die Energie, die durch den Einsatz der Organikfeinfraktion mehr eingesetzt werden müsste oder eingespart werden kann. Hierüber liegen keine Angaben vor. Bei der Deponierung einer nachgerotteten Organikfeinfraktion, die die Anforderungen der AbfAbIV erfüllt, findet ebenfalls keine Nutzung des Energiegehaltes statt. Die Nachrotte, die i.ü. selbst einen Energiebedarf aufweist, führt dazu, dass noch vorhandene Energieträger weiter abgebaut werden. Demhingegen ermöglicht der Energiegehalt der Organikfeinfraktion eine selbstgängige Verbrennung in einer MVA. Je nach Heizwert und Anlagenführung ist auch eine anteilige Rückgewinnung der bei der Verbrennung entbundenen Energie (Strom, Wärme, Prozeßdampf) möglich, die jedoch wegen des Unterschreitens des Mindestheizwertes nicht als energetische Verwertung gilt.

6.3.1.4 Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, Abfällen zur Verwertung oder daraus gewonnenen Erzeugnissen

Bei der thermischen Behandlung der Organikfeinfraktion in einer **MVA** findet eine gezielte Anreicherung von nicht abbaubaren Schadstoffen vorrangig in den Abfällen zur Beseitigung (Filterstaub, Rauchgasreinigungsrückstände) statt. Des weiteren fallen Schlacken an, die als Abfall zur Verwertung genutzt werden. Eine Verglasung von Schlacke in Rostfeuerungsanlagen findet nicht statt.

¹¹ Intergovernmental Panel on Climate Change

Deren Schlacke muss vor der Verwertung aufbereitet und abgelagert werden. Vor dem ersten Einsatz der Schlacke ist deren Eignung für die Verwertung nachzuweisen. Sofern die vorgegebenen Zuordnungswerte (Salze, Schwermetalle) eingehalten werden, dürfen Schlacken verwertet werden. Gegenwärtig kommt hierfür nur die Einbauklasse 2 (Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen) in Frage (15).

Für die **Ablagerung** einer nachgerotteten Organikfeinfraktion nach AbfAbIV gilt gleichfalls die gezielte Anreicherung von nicht abbaubaren Schadstoffen im Abfall zur Beseitigung (Deponiegut). Ein Erzeugnis oder Abfall zur Verwertung wird nicht hergestellt.

Beim Einsatz der Organikfeinfraktion in der **Bodenbehandlung** ist die Anreicherung von Schadstoffen im Erzeugnis „aufbereiteter Boden“ zu prüfen. Hierzu ist ein Vergleich mit dem zu behandelnden Bodenmaterial erforderlich. Annahmegrenzwerte für Böden und Abfälle wurden nur für den Feststoff festgesetzt. Tab. 8 zeigt, dass die Annahmewerte für Schwermetalle bis auf Blei den LAGA Z2-Werten entsprechen. Die Annahmewerte für organische Schadstoffe liegen um Faktor 100 bis 1.000 (PAK) über den Z2-Werten, die die Organikfeinfraktion nach Anbieterangaben einhält. Die organischen Schadstoffe werden im Verlauf der Behandlung überwiegend abgebaut, wobei das Verfahren laut Selbstdarstellung des Anbieters für PAK nur mit Einschränkung geeignet ist (27). Eine Anreicherung von Schadstoffen im Erzeugnis ist, zumindestens für die in Tab. 8 aufgeführten anorganischen Schadstoffe, aufgrund der zulässigen höheren Belastung des Materials, dem die Organikfeinfraktion zugemischt wird, nicht zu erwarten. Diese Aussage ist auf die genannten Parameter beschränkt. Weitere relevante Schwermetalle (nach 17. BImSchV) sind nicht von dieser Aussage erfasst. Für die organischen Parameter gilt diese Aussage ebenfalls nur mit Einschränkung. Der Annahmegrenzwert für Kohlenwasserstoffe bezieht sich nur auf Mineralölkohlenwasserstoffe, während die Z-Werte auch andere, schwerer abbaubare organische Verbindungen umfassen, die nicht unbedingt im Verlauf der Bodenbehandlung mineralisiert werden, z.B. PCDD/F. Hier sei noch einmal auf die Funktion von Restabfall als Schadstoffsenke verwiesen. Das Umweltbundesamt führt hierzu aus (18):

„Für den Nachweis der Schadlosigkeit der Verwertung der Feinfraktion müssten daher bei den organischen Verbindungen für mehrere hundert Einzelstoffe Grenzwerte festgelegt und deren Einhaltung regelmäßig kontrolliert werden. Den persistenten Stoffen müsste bei solchen Untersuchungen besondere Bedeutung zukommen, da diese weder im biologischen Abfallbehandlungsverfahren noch nach der Verbreitung in der Umwelt abgebaut werden.“

6.3.1.5 Ergebnis für Option 1

Die Prüfung der Schadlosigkeit ergibt, dass die **Beseitigung** in einer Müllverbrennungsanlage oder die Ablagerung der nachgerotteten Organikfeinfraktion auf einer Deponie nach AbfAbIV für fast alle untersuchten Kriterien **die umweltverträglichere Maßnahme** gegenüber der Verwertung in einer Bodenbehandlungsanlage darstellt. Bzgl. der Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, Abfällen zur Verwertung oder daraus gewonnenen Erzeugnissen bestehen für die Bodenbehandlung offene Fragen bzgl. organischer Parameter sowie nicht erfasster Schwermetalle.

Tab. 8: Vergleich der Annahmegrenzwerte der Bodenbehandlungsanlage Lünen für Böden und Abfälle mit den LAGA-Zuordnungswerten Boden

Stoff	LAGA-Zuordnungswerte Boden, mg/kg TS				Annahmegrenzwert in mg/kg TS (56)
	Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	
Kohlenwasserstoffe	100	300	500	1.000	100.000 (Mineralöl-KW)
PAK (EPA)	5	10	15	20	20.000
BTEX	<1	1	3	5	1.000
EOX	1	3	10	15	15
LHKW	<1	1	3	5	5
PCB ges.	0,02	0,1	0,5	1	1
As	20	30	50	150	150
Pb	100	200	300	600	1.000
Cd	0,6	1	3	10	10
Cr ges.	50	100	200	600	600
Cu	40	100	200	600	600
Ni	40	100	200	600	600
Hg	0,3	1	3	10	10
Tl	0,5	1	3	10	10
Zn	120	300	500	1.500	1.500
CN ges.	1	10	30	100	100

6.3.2 Option 2: Verwendung als Rekultivierungsschicht

Da diese Option als **nicht ordnungsgemäß** einzustufen ist – ein direkter Einsatz ist nach TASI/DepV (Entwurf) nicht zulässig, die Kompatibilität mit Anhang 5 DepV (Entwurf) ist nicht gegeben (kein Nachweis der Erforderlichkeit) –, kann eine Prüfung der Schadlosigkeit entfallen.

6.3.3 Option 3: Zuschlagen zur hochkalorischen Fraktion

Diese Option ist aufgrund des Nichterreichens der Heizwertuntergrenze des § 6 Abs. 2 Nr. 1 KrW-/AbfG bereits als **nicht ordnungsgemäß** einzustufen. Eine Prüfung der Schadlosigkeit kann entfallen.

6.4 Hochwertige Verwertung

Im vorliegenden Fall ist insbesondere anhand der Ergebnisse von verfügbaren Ökobilanzen zu prüfen, ob der Einsatz in der Bodenbehandlung oder als Rekultivierungsschicht eine hochwertige Verwertung darstellt. Entsprechende Ökobilanzen sind bislang nicht verfügbar. Untersuchungen aus Österreich, die sich mit der sog. „Vererdung“ einer MBA-Fraktion befasst haben, sind nur bedingt geeignet, da die dort favorisierten und untersuchten Verfahrensvarianten die Vermischung der gerotteten Fraktion mit anorganischen Zuschlagstoffen beinhalteten (57).

Das vom Sachverständigenrat für Umweltfragen hervorgehobene Kriterium der Hochwertigkeit, die Vermeidung oder Verringerung der Entropie oder Dissipation, die Verbreitung von in kleinen Mengen unschädlichen, durch Konzentration aber schädlichen Inhaltsstoffen, wird mit den beiden Maßnahmen Einsatz in der Bodenbehandlung oder für eine Rekultivierungsschicht nicht erfüllt. In beiden Fällen wird das der Organikfeinfraktion innewohnende Schadstoffpotenzial – das über die Charakterisierung der LAGA-Z-Werte nur unvollkommen beschrieben wird (vgl. Abschnitt 5.4) – nicht (Schwermetalle, PCDD/F) oder nur anteilig (Organik) abgebaut und im Falle der Ausbringung des behandelten Bodens bzw. als Deponieabdeckungsmaterial auf lange Sicht wieder verfügbar gemacht. Die thermische Behandlung mit anschließender Ablagerung der Rückstände auf gesicherten Deponien oder aber die Ablagerung nach AbfAbIV überführen das innewohnende Schadstoffpotenzial, namentlich die Schwermetalle, in einen Zustand höherer Dichte und Verfügbarkeit, so dass die Schadstoffe in Senken überführt werden können. Organische Schadstoffe werden bei thermischen Verfahren zudem weitaus effektiver abgebaut bzw. mineralisiert als dies bei biologischen Verfahren der Fall ist.

Die Prüfung des Energiebedarfs der verschiedenen Verwertungsalternativen hat ergeben, dass lediglich bei der zulässigen thermischen Behandlung in Müllverbrennungsanlagen eine anteilige Nutzung des Energiegehaltes erfolgt.

6.5 Zusammenfassung: Bewertung aus abfallwirtschaftlicher Sicht

Tab. 9 fasst die Ergebnisse der abfallwirtschaftlichen Prüfung zusammen. Es zeigt sich, dass Option 2 (Deponierekultivierung) und Option 3 (Zuschlag zur hochkalorischen Fraktion) bereits aufgrund der nicht gegebenen Ordnungsgemäßheit als Maßnahmen ausscheiden. Beide Maßnahmen stehen nicht in Einklang mit den Vorschriften des KrW-/AbfG sowie anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften und sind daher als nicht ordnungsgemäß und damit als nicht zulässig zu bewerten.

Für die Option 1 (Verwendung in Bodenbehandlung) ergibt sich ein differenzierteres Bild.

- Der Einsatz der Organikfeinfraktion in der Bodenbehandlung zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht ist nicht ordnungsgemäß und daher nicht zulässig.
- Der Einsatz der Organikfeinfraktion als Rekultivierungsschicht (Deponieabdeckung) ist nicht ordnungsgemäß und daher nicht zulässig.
- Für die Herstellung eines unter Zuschlag der Organikfeinfraktion erzeugten Bodens zum Zwecke der Rekultivierung (Deponieabdeckung) fehlt der nach § 12 Abs. 2 BBodSchV erforderliche Nachweis der nachhaltigen Sicherung oder Wiederherstellung der Bodenfunktionen durch die Organikfeinfraktion. Diese Maßnahme ist nicht ordnungsgemäß und daher ebenfalls nicht zulässig.
- Die Hauptzweckprüfung lässt eher eine Maßnahme zur Beseitigung des Schadstoffpotenzials vermuten.
- Bei der Prüfung der Schadlosigkeit ergeben alle Kriterien (Emissionen, Ressourcen, Energie, Anreicherung von Schadstoffen), dass die Beseitigung die umweltverträglichere Maßnahme darstellt.
- Bei der Prüfung der Hochwertigkeit zeigt sich, dass Option 1 keine hochwertige Verwertung im Hinblick auf die Dissipation von Schadstoffen darstellt.

Insgesamt ergibt sich auch für Option 1 eine nicht gegebene Ordnungsgemäßheit sowie nicht gegebene Erfüllung weiterer Anforderungen an eine Verwertung nach KrW-/AbfG.

Tab. 9: Bewertung aus abfallwirtschaftlicher Sicht – Zusammenstellung der Ergebnisse

	Option 1: Verwendung in Bodenbehandlung	Option 2: Rekultivierungsschicht	Option 3: Zuschlag hochkalorische Fraktion
Prüfung Ordnungsgemäßheit			
a) Einklang mit den Vorschriften des KrW-/AbfG sowie anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften	<ul style="list-style-type: none"> • nicht kompatibel mit § 12 Abs. 1 BBodSchV (hier BioAbfV oder AbfKlärV) • nicht kompatibel mit § 12 Abs. 2 BBodSchV (kein Nachweis der nachhaltigen Sicherung oder Wiederherstellung der Bodenfunktionen) 	Direkter Einsatz : <ul style="list-style-type: none"> • nicht zulässig (TASI/DepV), da kein Boden Bei Vermischung mit Boden: <ul style="list-style-type: none"> • nicht kompatibel mit § 12 Abs. 2 BBodSchV (kein Nachweis der nachhaltigen Sicherung oder Wiederherstellung der Bodenfunktionen) • nicht kompatibel mit Anhang 5 DepV (Entwurf) (kein Nachweis der Erforderlichkeit für eine ordnungsgemäße Aufbringung und Funktionsfähigkeit der Rekultivierungsschicht) 	<ul style="list-style-type: none"> • nicht zulässig nach § 6 Abs. 2 Nr. 1 KrW-/AbfG (Mindestheizwert nicht erreicht)
b) Hauptzweck	<ul style="list-style-type: none"> • ungeklärt, da stoffliche Charakterisierung fehlt; Funktion im Behandlungsprozeß nicht nachgewiesen; Eluate vergleichbarer Materialien sowie Stabilitätsparameter lassen Hauptzweck Beseitigung vermuten 	<ul style="list-style-type: none"> • Prüfung kann entfallen, da kein Einklang mit Vorschriften des KrW-/AbfG sowie anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften 	
Prüfung Schadlosigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Alle Kriterien (Emissionen, Ressourcen, Energie, Anreicherung von Schadstoffen) ergeben, dass eine Beseitigung die umweltverträglichere Maßnahme darstellt. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prüfung kann entfallen, da nicht ordnungsgemäß 	
Prüfung Hochwertigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • keine Hochwertigkeit im Hinblick auf Dissipation von Schadstoffen 	<ul style="list-style-type: none"> • Prüfung kann entfallen, da nicht ordnungsgemäß 	

7 Weitere ökologische Aspekte

Unabhängig von den „harten“ Prüfkriterien der Ordnungsgemäßheit und Schadlosigkeit stellen sich beim vorliegenden Verfahren von BIODEGMA/UMWELTSCHUTZ NORD auch grundsätzliche ökologische Fragen, die eher im „weicheren“ Vorsorgebereich lokalisiert sind. Sie sollen aber hier angesprochen werden, weil sie zum Gesamtbild des Vorhabens gehören.

7.1 Umweltpolitische Ziele

Restabfall stellt eine Senke für die Schadstoffe aus Haushalten und Gewerbe dar. Die Stoffeinträge in den Restabfall sind nicht nur über Punktquellen (z.B. Batterien) zu beschreiben, sondern erfolgen auch diffus. Das Schadstoffpotenzial des Restabfalls ist z.B. mit den Z-Werten der LAGA nur unzureichend erfasst.

Umweltpolitische Zielsetzung war und ist es, die Abfallbehandlung und -beseitigung zu einer Senke für Schadstoffe zu machen. Schadstoffe sollen dabei in speziellen Stoffströmen konzentriert und dann sicher ausgeschleust werden. Dies gilt z.B. für die Verbrennung, bei der die organischen Schadstoffe zerstört und anorganische Schadstoffe wie Schwermetalle in den Schlacken und Stäuben konzentriert und entsorgt werden. Aus diesem Grund wurden in der Vergangenheit hohe Anforderungen an die Behandlung und Beseitigung dieses Vielstoffgemisches gestellt. Fehlentwicklungen wie z.B. die Behandlung auf niedrigstem technischen Niveau mit Verlagerung eines Großteils der Schadstoffe in Luft und Boden wurden beispielsweise kürzlich durch die Abfallablagereungsverordnung und 30. Bundes-Immissionsschutzverordnung korrigiert.

Diesen umweltpolitischen Zielvorstellungen wird die Planung und Zulassung von Verfahren, die die Schadstoffe wieder in der Umwelt verteilen, nicht gerecht. Das vorgesehene Verfahren – Zuschlag der Organikfeinfraktion zur Bodenbehandlung – berührt in erster Linie das Schutzgut Boden. Der Bodenschutz, lange Jahre Stiefkind der Umweltpolitik, hat erst in den letzten Jahren durch das Bundes-Bodenschutzgesetz und die Bundes-Bodenschutzverordnung einen eigenen „Rechtsanspruch“ erhalten. § 1 BBodSchG besagt:

„Zweck dieses Gesetzes ist es, nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren ... und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen.“

Allein aus diesem Vorsorgegedanken kann das irreversible Verteilen eines Stoffstroms, dessen Schadstoffpotenzial nur ausschnittsweise und dort auch nur sehr lückenhaft und unpräzise beschrieben ist, im Schutzgut Boden nicht gutgeheißen werden. Dieses widerspricht allen bisherigen umweltpolitischen Zielsetzungen, Schadstoffe zu konzentrieren und in Senken zu verbringen.

7.2 Präzedenzwirkung

Obwohl nach den obigen Ausführungen die Ordnungsgemäßheit und Zulässigkeit dieses Vorhabens als nicht gegeben angesehen wird, sollen mögliche Folgeentwicklungen beleuchtet werden, die zu erwarten sind, falls UMWELTSCHUTZ NORD oder andere Anbieter mit vergleichbaren Ansätzen in diesem oder einem anderen Vergabeverfahren mit seinem Modell dennoch zum Zuge kommt.

Die vorgesehene Maßnahme „Zuschlag der Organikfeinfraktion aus der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung zur Bodenbehandlung“ ist eine neue, bislang nicht realisierte oder erprobte Behandlungsoption für einen Teilstrom aus der Restabfallbehandlung. In sofern stellt die anstehende Entscheidung zur Ausschreibung der Restabfallensorgung der Landkreise Bad Doberan und Güstrow einen Präzedenzfall dar, der in anderen Vergabeverfahren als Nachweis der Zulässigkeit und Machbarkeit herangezogen werden wird.

Das Anlagenkonzept von BIODEGMA/UMWELTSCHUTZ NORD steht in Konkurrenz zu anderen MBA-Verfahren. Es ist vergleichsweise günstig, weil es einen Teil der Behandlungskosten, die bei Einhaltung der AbfAbIV und 30. BImSchV zwingend anfallen, einsparen kann. BIODEGMA dazu (12): „Es wird darauf hingewiesen, dass die Verwertung der Feinfraktion eine Kostensenke darstellen kann.“

Die Kostensenke ergibt sich, weil eine verlängerte Intensivrottendauer bzw. eine Nachrotte (ggf. offen) ebenso entfallen kann wie die Kosten für die Ablagerung. Je nach Konstellation können die Aufbereitungskosten in der Bodenbehandlung auch mit den zu erzielenden Einnahmen für den Boden verrechnet werden.

Wird die Verwendung der Organikfeinfraktion zukünftig als Verwertungsmaßnahme anerkannt, werden andere MBA-Verfahren, die alle ihre Outputströme ordnungsgemäß und schadlos verwerten und/oder beseitigen, aus Gründen der Wirtschaftlichkeit kaum noch den Zuschlag erhalten. In der Folge werden sich derartige Verfahrenskonzepte, seien es nun UMWELTSCHUTZ NORD/BIODEGMA oder andere Anbieter, die ebenfalls auf diesen Weg setzen, am Markt durchsetzen. Restabfall wird damit seine Senkenfunktion verlieren, die dort eingebrachten Schadstoffe werden nicht mehr konzentriert und schadlos entsorgt, sondern anteilig wieder großflächig und irreversibel in der Umwelt, insbesondere im Boden verteilt. Schadstoffsенke ist dann nicht mehr die gesicherte Deponie, sondern der Boden. Eine Überwachung der Qualität der erzeugten Mischböden sowie eine Kontrolle der Einhaltung des Vermischungsverbot bei Überschreiten der Annahme- oder Einsatzwerte dürfte in dem erforderlichen Umfang kaum machbar sein.

Zudem dürften, wenn das Einfallstor“ Organikfeinfraktion zur „Verwertung“ in der Bodenaufbereitung zugelassen wird, auch bei anderen Abfallerzeugern Begehrlichkeiten geweckt werden.

In einer gemeinsamen Stellungnahme zur Publikation von Wolfgang Butz vom Umweltbundesamt (58), der sich kritisch mit dem vorgesehenen Einsatz der Organikfeinfraktion in der Bodenbehandlung auseinandergesetzt hat, schreiben UMWELTSCHUTZ NORD und BIODEGMA (59):

„Eine ausschließliche Verwertung von Feinfraktionen aus der MBA in Bodenreinigungsanlagen ist nicht beabsichtigt. Es sollen dort solche Fraktionen verwertet werden, deren Schadstoffgehalte den „Output“-Grenzwerten der jeweiligen Anlage entsprechen bzw. den zulässigen Gehalten am Einbauort der Böden. Diese Fraktionen werden nicht produziert, wenn die Anlagentechnik, die Qualität des Ausgangsmaterials oder die

Genehmigungssituation dieses nicht zulassen. Für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ist dies nur von geringer Bedeutung.“

Der Stellungnahme von UMWELTSCHUTZ NORD und BIODEGMA liegt eine Fiktion zugrunde, die in der bisherigen abfallwirtschaftlichen Fachdiskussion als sehr problematisch angesehen wird: Es wird unterstellt, dass mittels repräsentativer Probenahme und Analyse die belasteten von den unbelasteten Chargen unterscheidbar sind. Diese Fiktion ist bei einem heterogenen Vielstoffgemisch nicht aufrecht zu erhalten. Allenfalls durch einen sehr hohen Aufwand an Probenahme, Analyse und Statistik wobei einer engen behördlichen Überwachung könnten Bodenkontaminationen eingegrenzt werden. Aber dieser Aufwand ist weder im Angebot von UMWELTSCHUTZ NORD enthalten, noch ist er behördlicherseits darstellbar. Daher ist an dieser Stelle von einem vorprogrammierten Vollzugsdefizit auszugehen.

Daher ist auch dem letzten Satz zu widersprechen. Aufgrund der großen Variationsbreite der Schadstoffgehalte im Restabfall ist die Einhaltung der jeweils zulässigen Gehalte (Anlagenoutput oder am Einbauort) in der Organikfeinfraktion nicht immer gesichert. Chargen der Organikfeinfraktion, die diese Werte nicht einhalten, dürfen nicht bis zum Erreichen der Annahmewerte der Bodenbehandlungsanlage mit weniger belastetem Material „verdünnt“ werden. Sie sind, da andere Verwertungsoptionen als nicht ordnungsgemäß ausscheiden, zu beseitigen. Die Kosten für die erforderliche Nachrotte, den Transport und die Deponierung dürften dann eine erhebliche Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens haben.

Um die Organikfeinfraktion AbfAbIV-konform ablagern zu können, ist eine mindestens achtwöchige Nachrotte erforderlich (12). Damit steigen die Betriebskosten der MBA an, insbesondere dann, wenn die Organikfeinfraktion nicht die Anforderungen der 30. BImSchV an eine offene Nachrotte erfüllt. Das Umweltbundesamt dazu (18):

„Nach den Anforderungen der 30. BImSchV hat die biologische Behandlung in einem gekapselten oder eingehausten System zu erfolgen. Die Abluft ist hierbei zu fassen und einer Abgasreinigung zuzuführen. Als Ausnahme kann die zuständige Behörde eine offene Nachrotte zulassen, wenn der Abfall eine Atmungsaktivität von unter 20 mg O₂/g Trockenmasse einhält und durch sonstige betriebliche Maßnahmen eine Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen sichergestellt wird.“

Es ist offen, ob die aus dem BIODEGMA-Verfahren nach vierwöchiger Intensivrotte abgetrennte Organikfeinfraktion diesen Wert für die offene Nachrotte einhält. Nach Messungen im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens (60) sowie an der MBA Hannover (61) sind hierfür in der Regel 4 Wochen Intensivrotte nicht ausreichend. Um die Anforderungen an eine offene Nachrotte einzuhalten, müsste die Intensivrottendauer entsprechend verlängert werden (um ca. 1-2 Wochen). Dieses hätte erhebliche finanzielle Auswirkungen für die vorgesehene Verfahrenskonzeption von UMWELTSCHUTZ NORD.

8 Fazit

Die vorgesehene Maßnahme „Zuschlag der Organikfeinfraktion aus der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung zur Bodenbehandlung“ stellt eine neue, bislang nicht realisierte oder erprobte Behandlungsoption für einen Teilstrom aus der Restabfallbehandlung dar. In sofern stellt die anstehende Entscheidung einen Präzedenzfall dar, der in anderen Vergabeverfahren als Nachweis der Zulässigkeit und Machbarkeit dieses oder eines vergleichbaren Verfahrens herangezogen werden wird.

Nach abfallwirtschaftlicher Prüfung erweist sich der Zuschlag der Organikfeinfraktion in der Bodenbehandlung weder als ordnungsgemäß, noch als schadlos oder hochwertig: Weder darf die Organikfeinfraktion in der Bodenbehandlung zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht noch als Rekultivierungsschicht für Deponien (Deponieabdeckung) verwendet werden. Ein Zuschlag zum Boden für eine solche Rekultivierungsschicht ist nicht ordnungsgemäß und daher ebenfalls nicht zulässig. Die Hauptzweckprüfung lässt eher eine Maßnahme zur Beseitigung des Schadstoffpotenzials vermuten. Die Schadlosigkeitsprüfung ergibt für alle Kriterien (Emissionen, Ressourcen, Energie, Anreicherung von Schadstoffen), dass die Beseitigung der Organikfeinfraktion die umweltverträglichere Maßnahme darstellt. Im Hinblick auf die Dissipation von Schadstoffen insbesondere in den Boden stellt diese Option ebenfalls keine hochwertige Verwertung dar. An dieser Stelle sei auch auf die gegenwärtigen Bemühungen des Ordnungsgebers, die Schadstoffeinträge in den Boden über Klärschlamm, Bioabfall/Kompost und landwirtschaftliche Abfälle deutlich zu reduzieren, verwiesen.

Die Optionen Deponierekultivierung und Zuschlag zur hochkalorischen Fraktion stehen beide nicht in Einklang mit den Vorschriften des KrW-/AbfG sowie anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften und sind daher als nicht ordnungsgemäß und damit als nicht zulässig zu bewerten.

Der vorgesehene Zuschlag der Organikfeinfraktion zur Bodenbehandlung wird dem Vorsorgegedanken zum Schutz der Umwelt nicht gerecht. Es führt vielmehr zu einem irreversiblen Verteilen eines Stoffstroms, dessen Schadstoffpotenzial nur ausschnittsweise und dort auch nur sehr lückenhaft und unpräzise beschrieben ist, im Schutzgut Boden. Dieses widerspricht allen bisherigen umweltpolitischen Zielsetzungen, Schadstoffe zu konzentrieren und in Senken zu verbringen.

BZL Kommunikation und Projektsteuerung GmbH

Gez. Dipl.-Biol. Barbara Zeschmar-Lahl, GF

Oyten, den 10. Januar 2002

9 Referenzen

- 1 DALI: Vergabevorschlag vom 22.10.2001
- 2 Schreiben von DALI vom 16.10.2001 an den Landkreis Bad Doberan, Dezernat II, Herrn Dr. Kraatz/Frau Godemann
- 3 Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG), vom 27. September 1994, BGBl. I S. 2705, zuletzt geändert durch Artikel 8 des Gesetzes zur Umsetzung der UVP-Änderungsrichtlinie, der IVU-Richtlinie und weiterer EG-Richtlinien zum Umweltschutz vom 27. Juli 2001, BGBl. I S. 1950
- 4 vgl. Kunig, in: Kunig/Paetow/Versteyl, Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, Kommentar, Rdnr. 25 zu § 5 Rdnr. 28 m.w.N.; zit. in MUNLV NRW: Erlass vom 23.10.2000 betr. Entsorgung von Abfällen in immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen. Az IV A3-958-22164/3, IV A2, 811/11/24-37002, V A5-8818.2, V B4-8001.8.18.1
- 5 vgl. von Lersner/Wendenburg, Recht der Abfallbeseitigung, Stand Juli 1999, § 5 Rdnr. 11
- 6 Hösel G., von Lersner H.: Recht der Abfallbeseitigung, hier: Kommentar KrW-/AbfG § 5 Abs. 2, Rn. 8, Kz. 0105
- 7 So Bund/Länder-Konsepapier zum Abfallbegriff. Recht der Abfallbeseitigung, Kz. 0702, hier S. 24, vorletzter und letzter Absatz.
- 8 Hösel G., von Lersner H.: Recht der Abfallbeseitigung, hier: Kommentar KrW-/AbfG § 5 Abs. 2, Rn. 36 - 39, Kz. 0105
- 9 Bund/Länder-Konsepapier zum Abfallbegriff, s.o., hier S. 26/27
- 10 Hösel G., von Lersner H., s.o., hier: Kommentar KrW-/AbfG § 5 Abs. 2, Rn. 7, Kz. 0105
- 11 verfügbar durch Akteneinsicht am 11.12.2001 im Wirtschaftsministerium, Schwerin
- 12 Heering M., Zeschmar-Lahl B.: Der Branchenführer MBA-Technik – Systemanbieter und Lieferanten der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung. Hrsg: Fachverband Thermoprozess- und Abfalltechnik im VDMA Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau. Rhombos-Verlag, Berlin, 2001; der BIODEGMA betreffende Text wurde mit Mail vom 03.04.2001 von BIODEGMA autorisiert.
- 13 Vergabevorschlag von DALI, 22.10.2001, dort Abbildung der BIODEGMA-Stoffstromanlage und Tabelle mit Massenbilanz
- 14 Schreiben von DALI vom 16.10.2001 an den Landkreis Bad Doberan, Dezernat II, Herrn Dr. Kraatz/Frau Godemann: Auszug aus Unterlagen UMWELTSCHUTZ NORD, 3.9.2.5.7.4, Abs. 1
- 15 LAGA: Stoffliche Verwertung von Abfällen in und auf Böden. Stand 6. November 1997. Müllhandbuch, Kz. 6541, Lfg. 2/99
- 16 Fricke K., Münnich K., Ziehmann G., Wallmann R.: Auswirkungen der neuen Abfallverordnungen auf die MBA- und Deponietechnik. KA Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall (48) 10, 1396 – 1406, 2001
- 17 MUNLV NRW: Erlass vom 23.10.2000 betr. Entsorgung von Abfällen in immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen. Az IV A3-958-22164/3, IV A2, 811/11/24-37002, V A5-8818.2, V B4-8001.8.18.1; dort Anhang II.02 Ableitung Modell-Restabfall: diverse Quellen zur Schadstoffbelastung in deutschem Restabfall; Maximalbelastung mehr als zehnfach über Minimalbelastung bei für Blei (Faktor 22), Cadmium (Faktor 19), Quecksilber (Faktor 17), Kupfer (Faktor 15)
- 18 Butz W., Engelmann B. (Umweltbundesamt): Ansätze zur Umsetzung und Umgehung der Anforderungen der Abfallablagerungsverordnung und der 30. BImSchV bei MBA-Konzepten.

- Manuskript zum Beitrag für die Niedersächsischen Abfalltage am 19.-20. Feb. 2002 in Hannover, zu beziehen über W. Butz
- 19 Begründung: http://www.bmu.de/download/dateien/begr9_9.zip
 - 20 Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung – BioAbfV) vom 21. September 1998, BGBl. I S. 2955
 - 21 Abgrenzungsgrundsätze (08.08.2000) und Begründung (18.09.2000) zu den Anwendungsbereichen der BBodSchV hinsichtlich des Auf- und Einbringens von Materialien auf und in den Boden von den diesbezüglichen abfallrechtlichen Vorschriften. Beschluss der 26. Amtschefkonferenz am 11./12. Oktober 2000 in Berlin
 - 22 Entwurf einer Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV), Entwurf vom 04.09.2001, in der Fassung vom 23.11.2001
 - 23 vgl. das Telefax von UMWELTSCHUTZ NORD vom 22.10.2001 an DALI, mit dem „genehmigungsrechtlichen Nachweis zur Verwendung der Organikfeinfraktion in der Bodenreinigungsanlage am Standort Lünen (Nordrhein-Westfalen)“
 - 24 Schreiben UMWELTSCHUTZ NORD an DALI, 28. Mai 2001, Tabelle unter d)
 - 25 Nach § 5 Abs. 4 Nr. 4 BImSchG sind die Betreiber von genehmigungsbedürftigen Anlagen verpflichtet, entstehende Wärme für ihre Anlagen selbst zu nutzen oder an Dritte abzugeben, soweit dies nach Art und Standort der Anlage technisch möglich und zumutbar ist. Nach 17. BImSchV § 8 müssen Abfallverbrennungsanlagen die aus der Verbrennung entstehende Wärme, falls sie sie nicht selbst nutzen oder an Dritte zur Nutzung abgeben können, zur Stromerzeugung nutzen, falls eine elektrische Klemmleistung von mehr als 0,5 MW erzeugbar ist.
 - 26 UMWELTSCHUTZ NORD: Angebotsunterlagen, Verfahrensablauf, hier Abschnitt 3.9.2.5.7.3.4; Anlage zum Schreiben von DALI vom 16.10.2001 an den Landkreis Bad Doberan, Dezernat II, Herrn Dr. Kraatz/Frau Godemann
 - 27 Terraferm Verfahren. <http://www.altec.at/terraferm.htm>
 - 28 Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg: Hohe Kompostqualität ist möglich. Begleituntersuchungen zum Kompostierungserlass des Landes Baden-Württemberg: Räumliche und zeitliche Variabilität der Inhaltsstoffe von Komposten. 1997, <http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/bofaweb/berichte/rb2/rb231.htm>
 - 29 Bidlingmaier W., Kehres B.: Ansätze der Europäischen Kompost-Richtlinie und deren Relevanz für die biologische Abfallbehandlung in Deutschland. Wiemer K./Kern M. (Hrsg.): Bio- und Restabfallbehandlung V, 200 - 206, 2001
 - 30 PHYLLIS database biomass, hier: Group STRAW, <http://www.ecn.nl/phyllis/>
 - 31 Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg: Hohe Kompostqualität ..., s.o.; <http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/bofaweb/berichte/rb2/rb2.htm#Top>
 - 32 Poletschny, Verwertung biologischer Abfälle, Hrsg.: Wiemer/Kern, 1994, S. 79
 - 33 So weist die Deponiefraktion z.B. der MBA Bassum einen Glühverlust von 30 – 35 Gew.-%, die der MBA Quarzbichl von 40 Gew.-% auf (Zeschmar-Lahl et al., 2000). Für Glühverlust-Gehalte von 30 – 40 % bewegt sich der korrespondierende TOC-Gehalt im Bereich von 12 – 22 % TS (Fricke et al., 2001). TOC-Gehalte oberhalb von 16 % korrelieren mit Ho-Werten oberhalb von 8.000 MJ/Mg und liegen damit außerhalb der Ausnahmeregel nach AbfAbfV Anhang 4, Punkt 3.2 (z.B. Ho max. 7.000 MJ/Mg). Quellen:
Zeschmar-Lahl B., Jager J., Ketelsen K., et al.: Mechanisch-biologische Abfallbehandlung in Europa. Hrsg.: VKS e.V., A.S.A. e.V., Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, 2000
Fricke K., Münnich K., Ziehmann G., Wallmann R.: Auswirkungen der neuen Abfallverordnungen

- auf die MBA- und Deponietechnik. KA Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall (48) 10, 1396 – 1406, 2001
- 34 Dr. Kurt Wengenroth, Herhof Umwelttechnik, persönliche Mitteilung/Mail von 19.12.2001
- 35 Pichler 1999, zitiert in: Soyez K. (Hrsg.): Mechanisch-biologische Abfallbehandlung: Technologien, Ablagerungsverhalten und Bewertung. Gesamtdarstellung der wissenschaftlichen Ergebnisse des Verbundvorhabens „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“. Erich-Schmidt-Verlag, Berlin, Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 120, 2001
- 36 Bund/Länder-Konsenspapier zum Abfallbegriff, s.o., hier S. 22, Abschnitt 2.1.3.1, Absatz 1
- 37 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Inventories. Report accepted by the IPCC Plenary at its 16th session held in Montreal, 1-8 May, 2000. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/gp/5_Waste.pdf, hier: Table 5.7; Daten Deutschland von Johnke 1999, s.u.
- 38 Johnke, B.: Emissions from waste incineration. Background paper for Expert meeting on good practice in inventory preparation: Emissions from waste. IPCC/OECD/IEA National Greenhouse Gas Inventories Programme, (Unpublished – TSU, Japan). 1999
- 39 Gronauer A., Helm M., Schön H. 1997; zit. in: Schachermayer E., Baumeler A., Kisiakova A.: Reduktion von Treibhausgasen durch Optimierung der Abfallwirtschaft. Müll und Abfall 2, 64 – 73, 1999
- 40 Umweltbundesamt: Bericht zur „Ökologischen Vertretbarkeit“ der mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen (MBA) einschließlich deren Ablagerung. Berlin, Juli 1999
- 41 Wilken M., Zeschmar-Lahl B.: Schadstoffe in festen Abfällen. Müllhandbuch, Kz. 1752, Lfg. 7/94
- 42 aus: Lahl U., Zeschmar-Lahl, B., Weiler, C.: Studie zu den abfallwirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen der im Arbeitsentwurf einer Abfallverwaltungsvorschrift (AbfallVwV) vertretenen Rechtspositionen. Studie im Auftrag des UVM Baden-Württemberg. August 2000; Tab. 32: Aktuelle Reingaswerte (Tagesmittelwerte bzw. Mittelwerte über längere Betriebszeiten) von MVAs in Baden-Württemberg; Berechnung des Mittelwertes jeweils mit ½ Nachweisgrenze

Parameter	Einheit	MVA Göppingen 1998/99	MVA Stuttgart 1998/99	MVA Ulm 1998/99	MVA Mannheim 1998/99	MVA Böblingen 1998/99	arithmet. Mittelwerte Ba-Wü 1998/99
PCDD/F I-TE	ng/Nm ³	0,0013	0,059	0,035	< 0,01	0,0005	0,020

- 43 Fischer B., Fuchs A., Obid G.: Klimarelevanz verschiedener Restabfallbehandlungsverfahren. Müll und Abfall 10, 596 – 603, 1999
- 44 Cuhls C., Poschmann F., Doedens H., Levsen K.: Screening und Bilanzierung von Umweltchemikalien bei der Restabfallbehandlung. BMBF-Verbundvorhaben Mechanisch-Biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen. Beiträge der 1. Tagung, 13./14. März 1996, Potsdam
- 45 Jäger D.: Biologische Reinigung CKW-kontaminierter Abluft. In: UBA: Abluftreinigung. Theorie und Praxis biologischer und alternativer Technologien. Wien, Tagungsberichte, Bd. 13, 140 - 143, 1995
- 46 Torres E.M., Basrai S.S., Kogan V.: Evaluation of two biotechnologies controlling POTW air emissions. Biofiltration 1996. Int. Symp., 3.-6.10.1996, Los Angeles, Tagungsband, S. 182 - 197
- 47 Angerer T., Reisenhofer A.: Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung – Pilotanlage Kufstein. In: Bericht BE – 126 des Umweltbundesamtes, 1999.
- 48 Jay K., Stieglitz L.: Identification and quantification of volatile organic components in emissions of waste incineration plants. Chemosphere Vol 30, No. 7, 1249–1260, 1995.

- 49 Lahl U., Zeschmar-Lahl B., Angerer T.: Entwicklungspotenziale der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung – Eine ökologische Analyse. Umweltbundesamt: Monographien Bd. 125, Wien, Juni 2000
- 50 Häusler G., Lahl U., Zeschmar-Lahl B.: Emissionsvergleich MBA/MVA. Umweltbundesamt Wien, Interner Bericht, IB-613, Wien, Juni 2000
- 51 Vergleich der Aufschlüsselung eines MBA-TOCs mit einem MVA-TOC; Fracht in g/Mg Restabfall, nach Umweltbundesamt: Monographien Bd. 125, s.o.

Fracht in g/Mg	MBA Kufstein /Abluft nach Containerbiofilter	MVA Mannheim / Reinluft
TA Luft, Summe 2.3 (Carcinogene)	0,032	0,098
TA Luft, Summe Klasse 1 gesamt	2,7	0,13
TA Luft, Summe Klasse 2 gesamt	70,6	0,42
TA Luft, Summe Klasse 3 gesamt	30,7	4,94
nicht zuordnenbar zu einer Klasse	0,0	0,51
nicht identifizierte organische Stoffe	195,3	1,70
TOC gesamt	299,3	7,80

Die verwendeten Daten zur MBA (Pilotanlage Kufstein) erfassen nur die Emissionen aus der Rotte (nicht aus der Aufbereitung). Daher dürften diese Daten auch eher als unterer Bereich der MBA-Gesamtemission anzusehen sein. Hinzu kommt, dass die TOC-Fracht der MVA Mannheim vor der Nachrüstung auf das Niveau der 17. BImSchV untersucht wurde.

- 52 Doedens H., Cuhls C.: MBA vor Deponie – neue Erkenntnisse aus laufenden Forschungsvorhaben. VDI-Bildungswerk: Planung von MBA, Betriebserfahrungen, Risiken. Seminar 43-98-02, 3./4.3.1997, Düsseldorf, und Folien der Autoren zum Vortrag
- 53 Müller W., Fricke K.: Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung unter Berücksichtigung der Aerob- und Anaerobtechnik. In: Fricke K., Thomé-Kozmiensky K.J., Neumüller G. (Hrsg.): Integrierte Abfallwirtschaft im ländlichen Raum, EF-Verlag Berlin, 259 - 523, 1994
- 54 Bund/Länder-Konsenspapier zum Abfallbegriff, hier S. 24, Abschnitt 2.1.4.2 Mischen, Absatz 1
- 55 Rösch C.: Vergleich stofflicher und energetischer Wege zur Verwertung von Bio- und Grünabfällen – unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Baden-Württemberg. Forschungszentrum Karlsruhe, Technik und Umwelt, FZKA 5857, Dezember 1996
- 56 Bezirksregierung Arnsberg: Genehmigungsbescheid vom 15. August 2000, 52.5.1.3-978.3/99, der Fa. Umweltschutz Ruhr GmbH, Auszug, hier 2. Annahmegrenzwerte
- 57 Rolland C. (UBA Wien): Positionspapier zur Vererdung von Abfällen aus abfallwirtschaftlicher Sicht. BE-187, Wien, September 2001
- 58 Butz W.: Entwicklung der MBA vor dem Hintergrund der Ablagerungsverordnung und der 30. BImSchV. WLB, Heft 7-8, 2001
- 59 Stellungnahmen der Firmen UMWELTSCHUTZ NORD und BIODEGMA in WLB, Heft 9, 2001, zum Beitrag Butz, W., s.o.
- 60 Soyez K. (Hrsg.): Mechanisch-biologische Abfallbehandlung, s.o, hier Abb. 7-6, S. 272
- 61 Ketelsen K.: die MBA-Demonstrationsanlagen in Niedersachsen als Bausteine stoffstromspezifischer Entsorgungsmodelle. In: Doedens H., Düllmann H. (Hrsg.): Konzeption und Betrieb von mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen. Zulassungskriterien und Entscheidungshilfen. Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis Bd. 112, 163 – 180, 1999