

Von der Abfall- zur Rohstoff- und Energiewirtschaft: Umsetzung der Ziele Nachhaltigkeit, Klimaschutz und Ressourceneffizienz in der MBA-Technologie

Dr. Konrad Soyez, Sebastian Plickert, Matthias Koller
Universität Potsdam, Zentrum für Umweltwissenschaften, AG Ökotechnologie,
Park Babelsberg, Haus 7, 14482 Potsdam

4. Wetzlarer Abfalltag, 27.9.01

1 Einleitung

Die mechanisch-biologische Behandlung von Abfällen (MBA) zielt auf der Erzeugung eines ablagerungsfähigen Materials, von dem nur noch geringe Restaktivitäten ausgehen. Darüber hinaus sollen Wertstoffe aus dem Abfall gewonnen werden, darunter insbesondere eine heizwertreiche Fraktion für die energetische Verwertung sowie Wertstofffraktionen für das industrielle Recycling.

Die MBA hat in Deutschland einen beachtlichen Stand erreicht. Ihre Weiterentwicklung ist nichtsdestoweniger dringlich, um eine Technologie bereit zu stellen, die hohen Forderungen der Nachhaltigkeit gerecht wird und damit einen Beitrag zu Klimaschutz und Ressourceneffizienz leistet. Längerfristig werden dadurch auch die Marktpotentiale im Binnen- und Außenmarkt gesichert.

Einige der nachhaltigkeitsbezogenen Forderungen sind bereits in der Abfallablagereungsverordnung (AbfAbIV) vom 1.3.01 vorgegeben und zielen auf die Verbesserung der Klimateffizienz (30. BImSchV) und des Ressourcenmanagements.

Hinzuweisen ist aber generell darauf, dass mit Minderungsmaßnahmen positive Effekte in den Wirkungskategorien zwar verbunden sind. Sie werden aber durch Aufwand in diesen Kategorien erkauft; für ein insgesamt positives Ergebnis sind daher Gesamtbilanzierungen für Aufwand und Nutzen von Minderungsmaßnahmen anzustellen.

Der Beitrag befaßt sich mit ausgewählten Ansatzpunkten, wie die zentralen Forderungen des Klimaschutzes im Abfallbereich durch Anwendung der MBA unter Berücksichtigung von Gesamtbilanzen progressiv erfüllt werden können

2 Grundsätze einer nachhaltigen Abfallwirtschaft

Nachhaltige Entwicklung hat zum Ziel, die ökologische Leistungsfähigkeit des natürlichen Produktionssystems im Interesse zukünftiger Generationen sozialverträglich und ohne Überbeanspruchung der wirtschaftlichen Ressourcen zu sichern. Für den Umgang mit Stoffen wurden von der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des Deutschen Bundestages grundlegende Regeln formuliert:

1. Nutzung erneuerbarer Ressourcen:

Die Abbaurate erneuerbarer Ressourcen soll deren Regenerationsrate nicht überschreiten. Dies entspricht der Forderung nach Aufrechterhaltung der ökologischen Leistungsfähigkeit.

2. Nutzung nicht-erneuerbarer Ressourcen:

Nicht-erneuerbare Ressourcen sollen nur in dem Umfang genutzt werden, in dem ein physisch und funktionell gleichwertiger Ersatz in Form erneuerbarer Ressourcen oder höherer Produktivität der erneuerbaren sowie der nicht-erneuerbaren Ressourcen geschaffen wird.

3. Inanspruchnahme der Aufnahmekapazität der Umwelt:

Stoffeinträge in die Umwelt sollen sich an der Belastbarkeit der Umwelt orientieren, wobei alle Funktionen zu berücksichtigen sind, nicht zuletzt auch die „stille“ und empfindlichere Regelungsfunktion.

4. Beachtung der Zeitmaße:

Das Zeitmaß anthropogener Einträge bzw. Eingriffe in die Umwelt muß im ausgewogenen Verhältnis zum Zeitmaß der für das Reaktionsvermögen der Umwelt relevanten natürlichen Prozesse stehen.

5. Risikominderung für den Menschen:

Gefahren und unvermeidbare Risiken für die menschliche Gesundheit durch anthropogene Einwirkungen sind zu vermeiden.

Die Bundesregierung hat zur Umsetzung dieser Forderungen 1998 mit dem Entwurf eines umweltpolitischen Schwerpunktprogramms (BMU 1998) begonnen. Hinsichtlich Klimaschutz und Ressourcenverbrauch enthält es u.a. folgende Leitziele (Änderungen gegenüber 1990):

- Verdoppelung der Energieproduktivität bis 2020
- Erhöhung der Rohstoffproduktivität auf das 2,5fache bis 2020 auf der Basis von 1993
- Reduzierung der Emissionen der "Kyoto-Gase" (siehe Tab. 1) um 21 % bis 2010
- Reduzierung der CO₂-Emissionen um 25% bis 2005

Tab. 1: Gesamtemissionen von Treibhausgasen ("Kyoto-Gase") in CO₂-Äquivalenten (UBA 1998)

	1996 (UBA, 1998)	1998 (BMU, 2000)
Gesamtemissionen (CO₂-Äquivalente)	1.090 Mio Mg	1.030 Mio Mg
Anteile einzelner Stoffe		
CO ₂	83,5%	87%
CH ₄	9,1%	7,2%
N ₂ O	6,5%	4,9%
H-FKW	0,2%	
FKW	0,1%	
SF ₆	0,5%	
Anteile einzelner Wirtschaftszweige		
Energiebedingte Emissionen	85,0%	
Industrieprozesse	5,7%	
Landwirtschaft	5,4%	5,8%
Abfallwirtschaft	3,8%	
Restabfallbehandlung	1%	

Die Abfallwirtschaft hat zur Erfüllung dieser Leitziele beizutragen, indem sie die Potentiale aller abfallwirtschaftlichen Maßnahmen ausschöpft und Verfahren bereitstellt, die eigenständige Beiträge leisten können.

Mögliche Minderungsmaßnahmen der MBA in diesen Kategorien müssen allerdings im Zusammenhang mit dem Gesamtbeitrag der Abfallwirtschaft an den klimawirksamen Kategorien

gesehen werden. Im Falle des besonders wichtigen Treibhauspotentials liegen diese unterhalb 4%, für die Restabfallbehandlung sogar nur unter 1 % (Tab. 1).

Das relativiert zwar die Bedeutsamkeit derartiger Bemühungen in der MBA; doch muß ein Beitrag in jeder Technologie geleistet werden, zumal bei Minderungen in den anderen Bereichen die Anteile der Abfallwirtschaft schnell steigen können.

3 Klimabezogene Emissionsminderung der MBA

3.1 Grundlagen

Für die Charakterisierung von Klimawirkungen von Emissionen werden drei Kategorien herangezogen, für die ökobilanzielle Bewertungen auf breiter Datenbasis üblich und standardisiert sind (siehe Tab. 2).

Tab. 2: Wirkungskategorie mit Klimarelevanz

Maßzahl	Äquivalente Begriffe	Abkürzung	Ausgedrückt als [g] Äquivalent
Treibhauspotential	Globale Erwärmung, Global warming potential	GWP	CO ₂
Ozonabbaupotential	Ozone depletion potential	ODP	CFC-11
Sommersmogpotential	Photochemisches Ozonbildungspotential, Photochemical ozone creation potential	PCOP	Ethylen

Bei der Konzipierung von Minderungsmaßnahmen der Klimateffekte von MBA ist zunächst festzuhalten, dass generell jeder Minderungsumfang realisiert werden kann, wenn die nötigen Mittel aufgebracht werden. Da diese begrenzt sind, ist das Minderungsziel quantitativ vorzugeben; danach sind die qualitativ aussichtsreichsten Effekte zu bestimmen, um mit gegebenem Mitteleinsatz die größte Wirkung zu erreichen.

Bei der Festlegung der Reduktionsziele erscheint es sinnvoll, statt Vorgaben für Einzelsubstanzen oder auch Substanzgruppen die akkumulierten Effekte in den jeweiligen klimarelevanten Wirkungskategorien insgesamt gegenüberzustellen, da es letztlich nur um diese, nicht um die Stoffe an sich geht.

Anzustreben ist in jeder Kategorie mindestens die jeweils günstigste Realisierung zum Stand der Technik. Das schließt nicht aus, auch weitere Verbesserungen anzustreben. Als Vergleichssystem der MBA liegt die Müllverbrennung als Alternativtechnologie nahe, wie es z.B. bei der Festlegung des Wertes der zulässigen Emissionen für die Organik-Belastung der Abluft in der 30. BImSchV praktiziert wurde. Hier stehen 55 g TOC/Mg Input für die Prozeßabluft für MBA in Anlehnung an die 17. BImSchV für MVA.

Den vollständigen Vergleich der Abluftemissionen von MBA und MVA auf Basis der in Tab. 2 angegebenen und weiteren ökobilanziellen Kategorien zeigt Abb. 1.

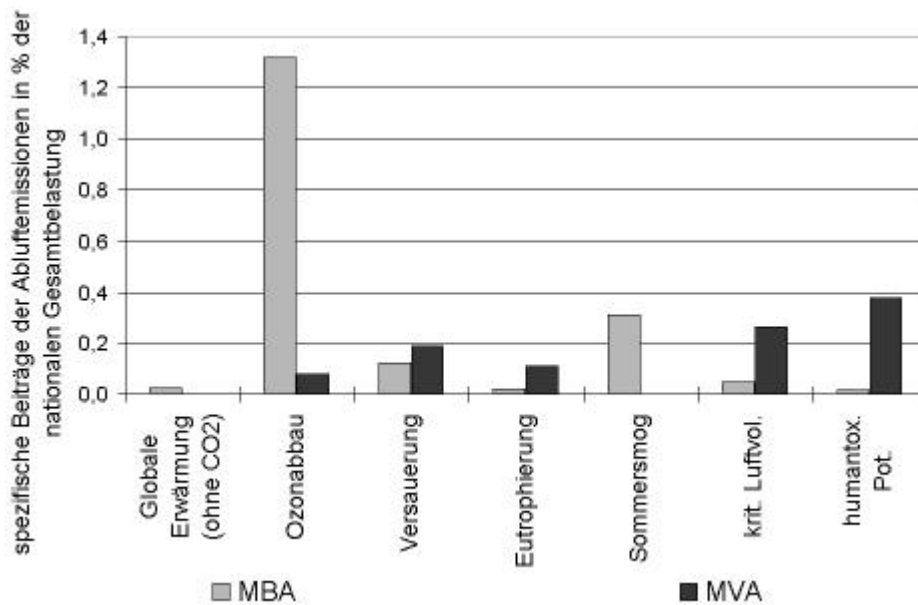


Abb. 1: Vergleich der Wirkungen von MBA- und MVA-Abluft

Der dargestellte Vergleich bezieht sich nur auf die Abluftemissionen selbst; es handelt sich also nicht um einen ökobilanziellen Gesamtvergleich der Technologien, bei dem der Bewertungsrahmen viel weiter gespannt ist (siehe u.a. SOYEZ 2001). Der Bezug auf die Emissionen allein soll verdeutlichen, wo abgasseitig Ansatzpunkte zu finden sind.

Offenbar besteht Nachholebedarf der MBA bei den klimarelevanten Kategorien Sommersmog- und Ozonabbaupotential, weniger beim Treibhauspotential. Doch sollte diese Kategorie wegen ihrer besonderen Bedeutung für das Klima nicht von den Bemühungen um Reduzierung der Belastungen ausgenommen werden. Die Werte der globalen Erwärmung sind ohne CO₂ dargestellt, weil dieses durch technische Maßnahmen praktisch nicht zu beeinflussen ist. Bei den anderen Kategorien ist Nachholebedarf für die MVA zu konstatieren.

3.2 3.2. Emissionsminderung durch verbesserte Gasreinigung

Bei der Suche nach Emissionsminderungspotentialen sind die spezifischen Abgasqualitäten der Prozesse heranzuziehen; bei der MBA handelt es sich um folgende fünf Gruppen (Tab. 3):

Tab. 3: Substanzgruppen der Abluft von MBA und ihre Klimarelevanz

Substanzgruppe	Herkunft	Klimarelevanz
Kohlendioxid, Methan	Biologischer Abbau	+, CO ₂ : -
Organische Verbindungen	Metabolite, Neubildungen	+
Leichtflüchtige KW	Stripprodukte	+
Schwermetalle, schwerflüchtige Organik	Abfall	-
Keime	Bioprozeß, Abfall	-

Klimarelevant sind nur die drei ersten Gruppen. Dabei ist CO₂ aus der Betrachtung auszuschließen, da es in Bioprozessen ausschließlich aus den nativ organischen Bestandteilen des

Abfalls entstehen kann und daher als klimaneutral einzustufen ist. Im Grunde ist zu fordern, dass möglichst der gesamte Kohlenstoff auf biologischem Wege zu CO₂ und nicht zu anderen Stoffen, wie z.B. Methan, umgesetzt wird, da CO₂ die geringste Klimawirkung unter den hier zu betrachtenden Gasen aufweist (Faktor 1).

Die Substanzen dieser drei Gruppen beeinflussen verschiedene Wirkungskategorien. Ihre prozentualen Beiträge an den Gesamtwerten der drei klimabezogenen und weiteren ökobilanziellen Kategorien zeigt Abb. 2.

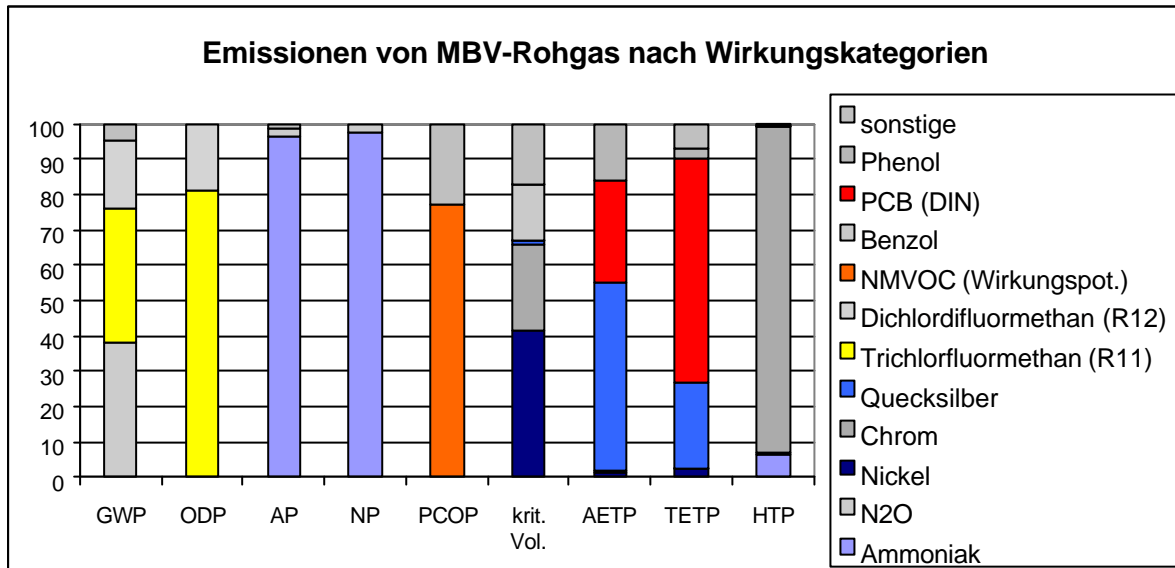


Abb. 2: Emissionen von MBA-Rohgas nach Wirkungskategorien

Als charakteristische Hauptbelastungen in den drei Kategorien ergeben sich folgende Substanzen (Tab. 4). Das Treibhauspotential wird besonders von N₂O sowie den Halogenkohlenwasserstoffen R11 und R12 bestimmt; letztere machen praktisch auch vollständig das Ozonabbaupotential ODP aus. Das Sommersmogpotential PCOP wird überwiegend durch die NMVOC geprägt. Methan als Begleiter von unzureichend geführten Rotteprozessen ist trotz seiner hohen spezifischen Klimarelevanz an den Emissionswirkungen mit weniger als 5% (unter Sonstige bei GWP) beteiligt und kann daher aus der Betrachtung entfallen.

Tab. 4: Charakteristische klimawirksame Substanzen der MBA-Emissionen und Abbaugrade im Biofilter

Substanz	Klimakategorie			Abbau im Biofilter (MÜLLER 1999)
	GWP	ODP	PCOP	
R11	*	*		21%
R12	*	*		(20%)
N ₂ O	*			0%
NMVOC			*	51%

Das Hauptaugenmerk ist auf die Halogen- und anderen Kohlenwasserstoffe zu richten. Diese sind durch einen Bioprozess teilweise nicht oder schwer abbaubar (Abbaugrade siehe Tab. 4, letzte Spalte), so dass Optimierungen der in den Anlagen meist vorhandenen Biofilter diesbe-

zügig zwar Verbesserungen erwarten lassen, aber letztlich keine vollständige Beseitigung dieser Schadstoffe ermöglichen. Das ist durch den Einsatz thermischer Verfahren zu erwarten. Hier ist nach dem Aufwand/Nutzen-Verhältnis zu fragen, und zwar neben dem ökonomischen auch dem ökologischen. Denn eine gesamt-ökologisch gleichwertige oder bessere Reinigungsleistung wird nur dann erreicht, wenn Zusatzaufwendungen für den Bau und den Betrieb der Reinigungsanlage nicht größer sind als die erzielten Reinigungseffekte. Der Vergleich auf der Basis des Treibhauspotentials ist hier besonders sinnvoll, da bei den thermischen Reinigungsverfahren der treibhauswirksame energetische Aufwand entscheidend ist. Abb. 3. stellt die Verhältnisse dar. Nur solche Technologien sind sinnvoll, deren Treibhausbeitrag unterhalb der Grenzlinie ökologischer Nutzen/ökologischer Aufwand liegt.

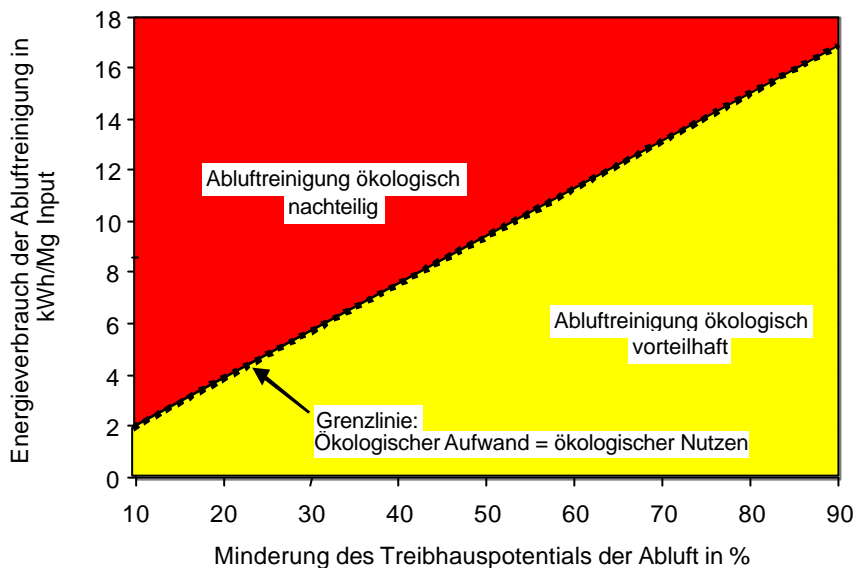


Abb. 3: Grenznutzen der Abluftreinigung bezüglich des Treibhauspotentials (Soyez, 2000)

Nach vorliegenden Untersuchungen an thermischen Verfahren liegen die Aufwendungen unterhalb der Grenzlinie, so dass damit zu rechnen ist, dass die eingesetzten Techniken zu tatsächlichen Effekten bei der Klimaverbesserung der MBA führen. Die Bilanzierung der thermisch-regenerativen Abgasreinigung (RTO) unter zwei verschiedenen Konzepten der Energiezufuhr zeigt z.B. folgende Ergebnisse (siehe Tab. 4).

Tab. 4: Treibhauseffekt-Bilanz der regenerativen thermischen Abgasreinigung (kg CO₂-Äquivalente/Mg Abfall) (BZL, 2000)

		Anlage Rennerod	Anlage Aßlar
Belastungen	Erdgasproduktion (Vorkette)	0,21	0,015
	CO ₂ aus Erdgasverbrennung	6,17	0,44
	CO ₂ (TOC-Oxidation)	0,62	0,62
	Stromverbrauch	3,4	3,4
	Lachgasbildung	1,9	1,9
Gutschriften	FCKW-Mineralisierung	- 8,67	- 8,67
	Methan-Oxidation	- 4,45	- 4,45
	Deponiegasentsorgung	0	- 69,2
Summe		- 2,72	- 77,8

Festzustellen ist sowohl bei der Energiezufuhr aus Erdgas als auch bei der Deponiegasnutzung eine Klimaentlastung (negative CO₂-Bilanzen). Allerdings ist der Wert im Falle der Anlage Rennerod gering. Hier steht einem Aufwand von etwa 12 kg CO₂-Äquivalenten eine Entlastung von 13 kg CO₂-Äquivalenten gegenüber. Bereits relativ geringe Änderungen in der Aufwandsseite können daher zu einem Umschlagen der Bilanz führen. Die Nutzung von Deponiegas weist hingegen eine deutliche Entlastungsbilanz aus. Offenbar ist sie aber nur realisierbar, wenn eine Anlage im direkten Umfeld einer Deponie gebaut wird - was aus Gründen enger Stoffkreisläufe und der Mehrfachnutzung von Flächen über den Klimaschutz hinaus positiv in Richtung Nachhaltigkeit zu bewerten ist.

3.3 Minderung der spezifischen Luftmengen von Rotteanlagen

Die im Prozeß der MBA eingesetzte Luftmenge stellt einen technologischen Faktor mit Umweltrelevanz und ein Kriterium des Klimaschutzes dar. Denn Luft wird auch bei nur geringer Verunreinigung qualitativ entwertet. Für den Lufttransport sind zudem Energieaufwendungen erforderlich, die direkte Umweltwirkungen ausüben. Die in der MBA eingesetzte Luftmenge ist andererseits entscheidend für die Durchführbarkeit der soeben dargestellten Reinigungstechniken, was Minderungen auf möglichst geringe spezifische Lufteinsätze verlangt.

Der spezifische Netto-Luftbedarf für die biologische Reaktion bei weitgehendem Abbau der organischen Substanz des Abfalls liegt bei weniger als 2.000 m³/Mg Input. Da zu geringe Restkonzentration des Sauerstoffs im Prozeßgas die Reaktionsgeschwindigkeit ungünstig beeinflusst, werden Werte um 18% angestrebt. Dann liegt der spezifische Luftbedarf bei etwa 7.000 m³/Mg Input. Allerdings zeigen neuere Untersuchungen, daß die Reaktionsgeschwindigkeit auch bei Werten um 5 % Sauerstoff im Abgas noch nicht gehemmt wird. Bei vollständiger Nutzung der Abgase der mechanischen Aufbereitung für die biologische Behandlung, der Getrenntführung von unterschiedlich belasteter Luft, wie von schwach belasteter Hallenluft und von Abgasen aus dem Bioprozeß bei aeroben Verfahren, erscheint es als realistisch, die spezifischen Abgasmengen von MBA mit weitgehender Rotte des Materials auf ≤3.000 m³/Mg zu begrenzen (Ketelsen, 2001), wie in neu geplanten Anlagen auch vorgesehen.

3.4 Integration von Anaerob-Prozessen

Noch zu wenig genutzt ist das Potential der Vergärungsanlagen, obgleich hierfür einige Vorteile auch im Bereich Klimaschutz und Ressourcenmanagement sprechen, insbesondere in der Möglichkeit, den Luftbedarf zu minimieren - siehe Tab. 5.

Tab. 5: Vor- und Nachteile der Vergärung gegenüber Rotteverfahren

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Möglichkeit einer vorgeschalteten Nasstrennung ermöglicht bessere Stoffstromtrennung • bessere Steuerbarkeit der Prozessbedingungen ⇒ kürzere Behandlungsdauer • geringerer Flächenbedarf • Nutzbarkeit des entstehenden Biogases als hochwertiger Energieträger ⇒ positive Energiebilanz • keine Belüftung ⇒ keine Wärmeverluste ⇒ keine Abluftemissionen 	<ul style="list-style-type: none"> • hohe Störimpfindlichkeit der Rühr- und Pumpwerke ⇒ gute Störstoffabtrennung erforderlich • höherer verfahrens- und regelungstechnischer Aufwand • Lignine werden anaerob kaum abgebaut ⇒ zur Gewährleistung eine weitgehenden Abbaus der organischen Substanz ist i. d. R. eine aerobe Behandlungsstufe erforderlich (Nachrotte) • Geruchsbelastung der Vergärungsrückstände • mangels Verdunstung fällt Überschusswasser als Abwasser an, das gereinigt werden muss

Der potenzielle Beitrag einer Vergärungsstufe zur ökologischen Optimierung der MBV hängt von der Effizienz der Vergärungsstufe z.B. hinsichtlich Biogasausbeute und Eigen-Energieverbrauch ab, darüber hinaus aber auch von den Nutzungsmöglichkeiten des erzeugten Biogases. Der Eigenenergiebedarf liegt zwischen 15 bis 25%.

In Abb. 4 sind die möglichen ökologischen Effekte von Gasertrag und thermischem Nutzungsgrad der Stromgewinnung bezüglich des Treibhauseffektes dargestellt.

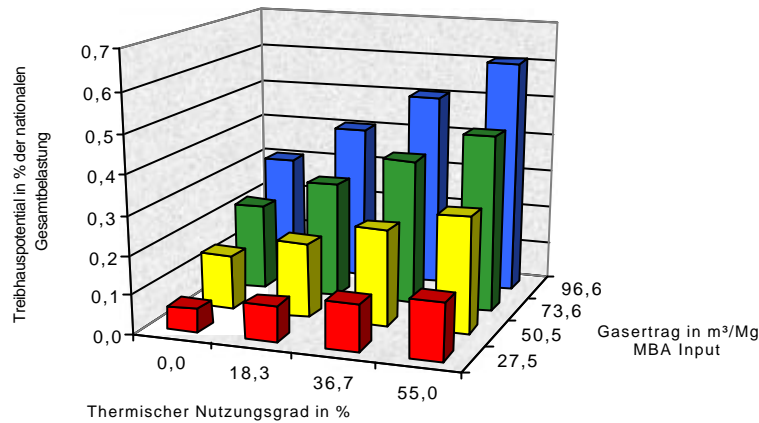


Abb. 4: Entlastungen zum Klimaschutz durch Vergärung (Koller 2000)

3.5 Verbesserte Produktqualität

Bezüglich der Klimarelevanz der MBA sind neben den direkten Emissionen aus dem Anlagenbetrieb auch die mit der Ablagerung des MBA-Materials verbundenen Effekte zu betrachten, insbesondere die Bildung von Deponiegas. Je intensiver ein Restabfall vorbehandelt wird, desto höher also die Qualität des Endproduktes der MBA ist, um so geringer sind die aus der Deponie zu erwartenden Restemissionen an Methan, weiteren Deponiegasen sowie Sickerwasser. Diesen Zusammenhang mit AT_4 als Ablagerungsparameter und der Gasbildung im Deponiesimulationsreaktor (DSR) zeigt Abb. 5.

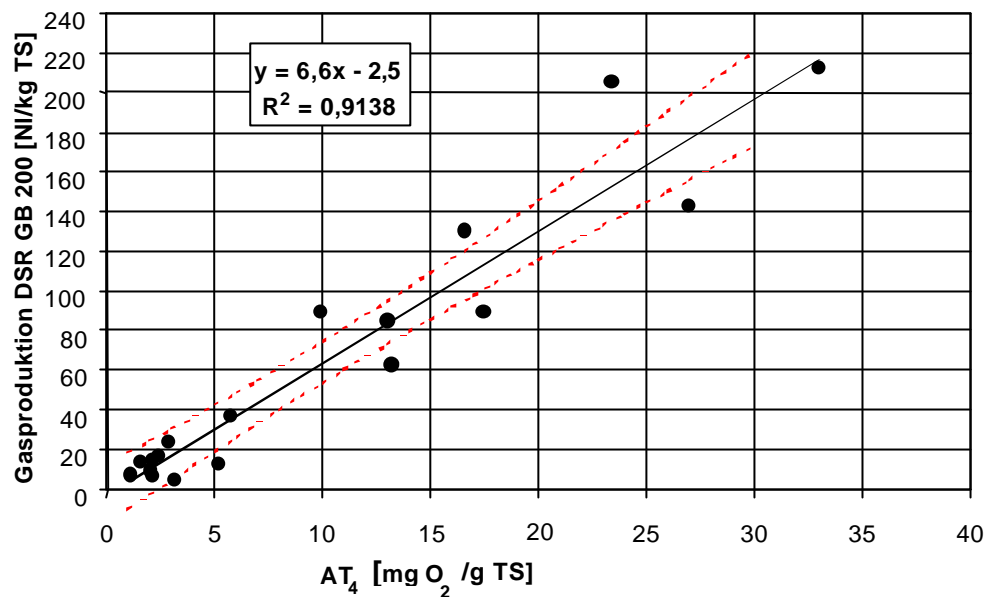


Abb. 5: Korrelation zwischen AT₄ und Gasbildung im Deponiesimulationsreaktor in 200 Tagen (Ehrig, 1999)

Allerdings ist zu berücksichtigen, dass mit der Vorbehandlung selbst Aufwendungen in klimarelevanten Kategorien verbunden sind. Diese müssen in Rechnung gestellt werden. Da eine zunehmende Prozeßdauer höheren Aufwand, aber geringere Restorganikgehalte erbringt, ist ein Minimum der Gesamtbelastungen zu erwarten. Der Betrieb sollte an diesem für die Gesamt-Klimarelevanz der MBA günstigsten Punkt durchgeführt werden. Die Verhältnisse zeigt Abb. 6.

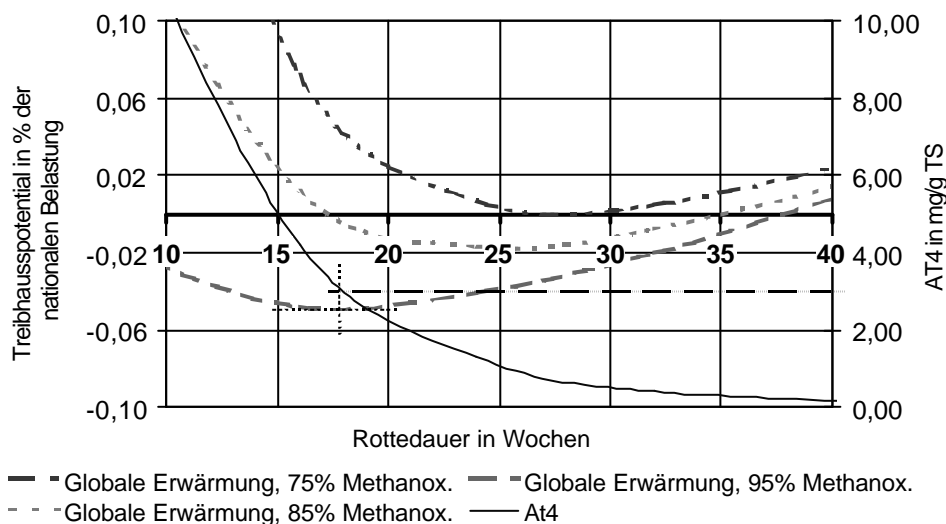


Abb. 6: Verlauf von Treibhauspotential und AT₄ über der Rottedauer (Koller, 2000)

Bei einem MBA-Material mit einem AT₄ = 5 reduzieren sich die Restgasmengen auf etwa 20-40 NI/kg TS. Der während der Vorbehandlung erfolgte Abbau der leicht zugänglichen organischen Substanz führt dazu, dass im wesentlichen schwerer abbaubare Substanzen im Deponeiekörper verbleiben. Es ist deswegen mit einer wesentlich längeren Halbwertszeit zu rech-

nen. Die Verringerung der Emissionen bei gleichzeitiger Verlängerung der Halbwertszeit führt dazu, dass eine aktive Entgasung mit den derzeit verwendeten Verfahren nicht möglich, nicht notwendig bzw. nicht zweckmäßig ist. Für eine 20 m hohe Deponie ergeben sich noch Restgasemissionen von weniger als $2 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Das darin enthaltene Methan kann ohne aktive Entgasungsmaßnahmen bereits durch die mikrobielle Methanoxidation in einer gasdurchlässigen Deponiedeckschicht zu mehr als 95% eliminiert werden, so dass keine relevante Umweltbelastung in den klimatischen Kategorien resultiert.

Das setzt allerdings voraus, dass für die MBA-Deponie Technologien angewendet werden, die einen solchen aktiven Gasaustausch mit der Umgebung zulassen, ohne andere Gefährdungen der Umwelt hervorzurufen.

4 Klimateffekte des Ressourcen-Managements von Restabfall

Restabfall ist bekanntlich der Abfall nach Anwendung aller Möglichkeiten der Abfallvermeidung und Abfallverwertung; er enthält viele nutzbare Stoffe, die abgetrennt und verwertet werden können (Abb. 7).

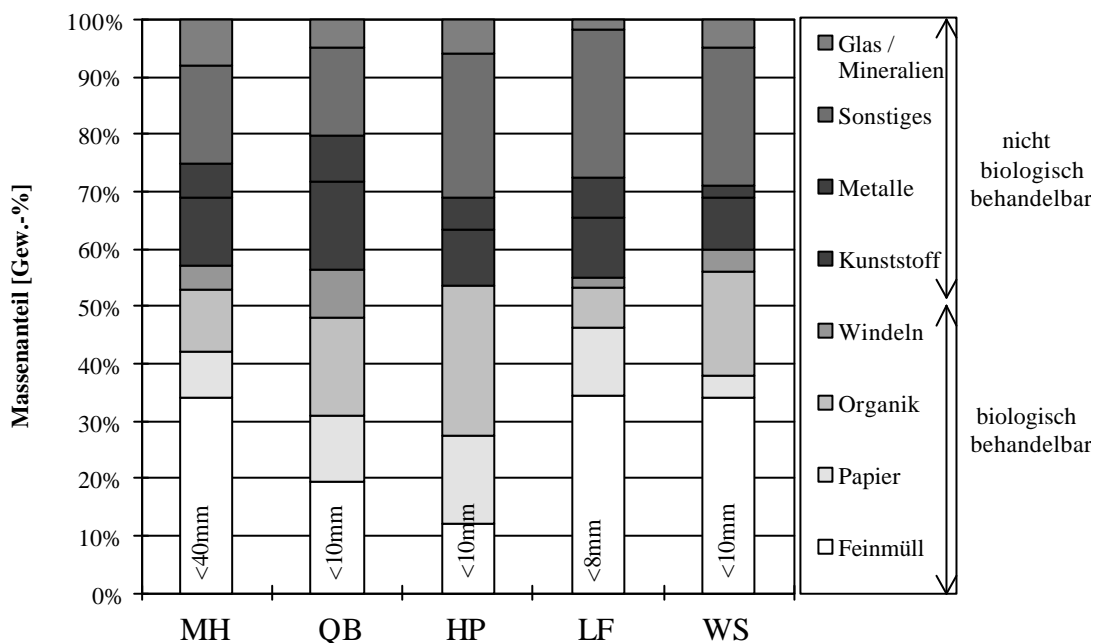


Abb. 7: Zusammensetzung unbehandelter Restabfälle unterschiedlicher Herkunft

(Legende: MH Meisenheim; QB Quarzbichl; HP Heppenheim; LF Lohfelden; WS Ostprignitz-Ruppin)

Durch die Ausschleusung von Abfallkomponenten ist neben dem Beitrag zum Materialrecycling auch ein Klimateffekt zu erzielen. Doch auch hier ist zu fragen, ob sich derartige Maßnahmen abgesehen von der Wirtschaftlichkeit für die Verbesserung der Klimawirksamkeit der Gesamtprozesse und für andere Nachhaltigkeitsforderungen tatsächlich lohnen, stellt man die Gesamtaufwendungen in Rechnung.

In Abb. 8 ist für ausgewählte Bewertungskriterien dargestellt, wie eine stoffliche Verwertung der NE- bzw. der Kunststofffraktion die Klimawirksamkeit einer Intensiv-MBA beeinflusst. Hier ist ein Einfluß vor allem beim Treibhauspotential erkennbar, während die Gutschriften für das Ozonabbaupotential nur geringfügig sind. Der Haupteffekt liegt beim Kunststoffrecycling. Eine Verwertung des Alu-Anteils in der NE-Fraktion bringt dagegen geringere Vorteile.

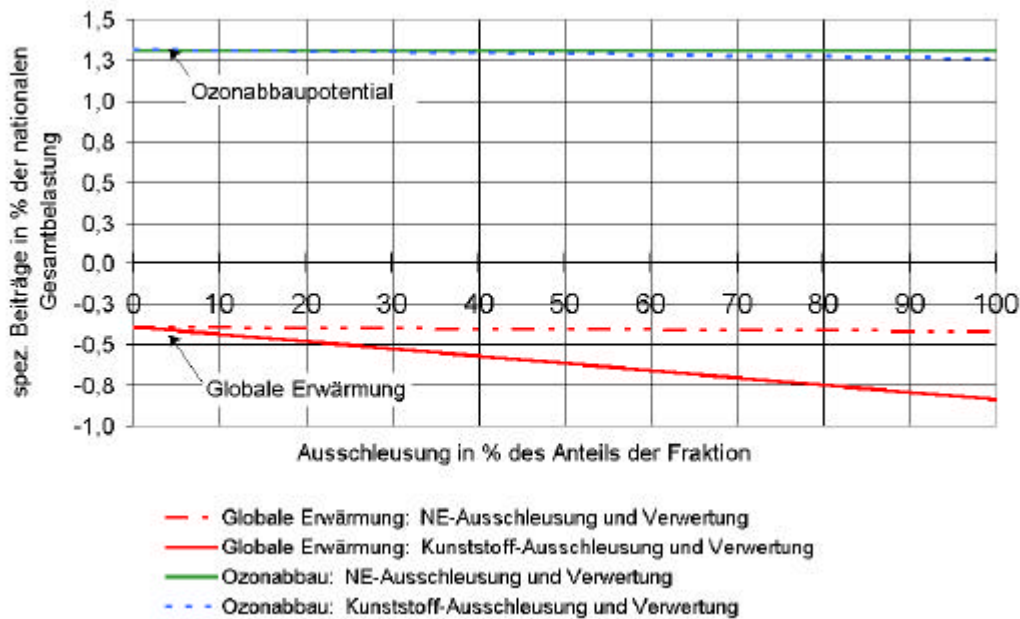


Abb. 8: Auswirkung stofflicher Verwertungen auf Treibhaus- und Ozonabbaupotential

Für die Umsetzung derartiger Potentiale ist ein erheblicher Entwicklungsbedarf zu verzeichnen, weil eine Gewinnung von Wertstoffen außer Metallen in der mechanischen Stufe von MBA auf der Basis vorliegender Ergebnisse derzeit nicht realisierbar erscheint. Die Techniken der Materialtrennung und der Anreicherung der Wertstofffraktionen sind dafür entscheidend weiterzuentwickeln.

4.1 Klima-Auswirkungen der Transportaufwendungen für Abfallkomponenten

Da bei der Verwertung von Abfallkomponenten auch Transportaufwendungen entstehen, sind die damit zusammenhängenden Klimawirkungen zu berücksichtigen. Das wurde im folgenden an der Situation untersucht, dass Ersatzbrennstoffe hergestellt werden, die dann in einer entsprechenden Anlage energetisch zu verwerten sind. Die beste Lösung ist naturgemäß die direkte Kopplung der Ersatzbrennstoff-Erzeugung mit der Verwertung. Das wird nur in Ausnahmefällen möglich sein, da i.a. zu wenige Abnehmer für den Brennstoff bzw. für die Abwärme aus der Kraft-Wärme-Kopplung vorhanden sind.

In den meisten Fällen ist eine Entfernung zu überwinden, um die Produkte an den Markt zu bringen. Tolerable Entfernungen können u.a. aus dem Break-even-point abgeleitet werden, bei dem sich die Produktions-Vorteile und die Transportaufwendungen ausgleichen. Im Falle des Klimafaktors PCOP liegt die tolerable Entfernung bei etwa 1000 km für den Eisenbahn-Transport, im Falle des Lkw-Transportes verringert sie sich um zwei Drittel (siehe Abb.9). Das bedeutet, dass zumindest im Falle der LKW-Transporte nur eine regionale Vermarktung in Frage kommt; bei Eisenbahntransporten erscheint ein globalerer Markt als zulässig.

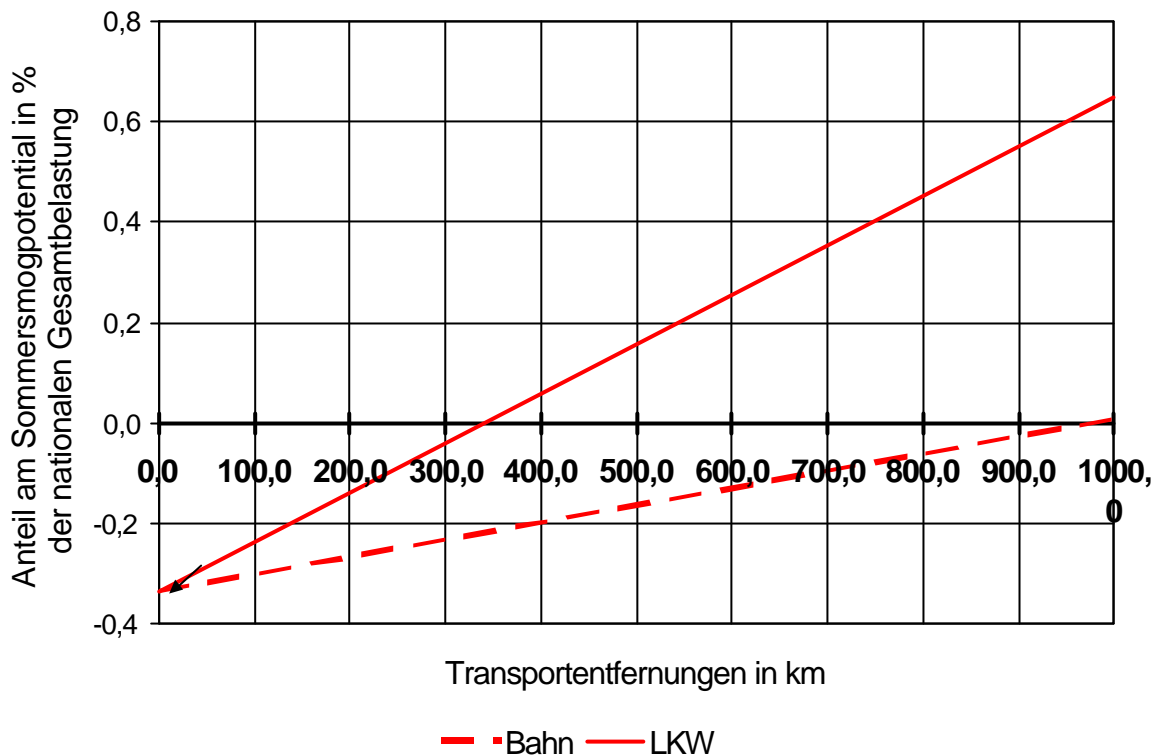


Abb. 9: Auswirkungen der Transportentfernungen auf das Sommersmogpotential

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die MBA weist beträchtliche Potentiale für die Verbesserung der Klimateffizienz auf. Die Haupteffekte liegen im Bereich der Gasreinigung mittels thermischer Verfahren, um persistente Verbindungen zu beseitigen, die durch Bioprozesse nicht zerstört werden können. Weitere Effekte sind durch das Prozeßmanagement und die Verwertung der Abprodukte zu erzielen, wobei die Klimateffekte des Kunststoffrecyclings am erheblichsten sind. Die Mitbetrachtung von Transportaufwendungen zeigt Vorteile für regionale Varianten.

6 Literatur

- | | |
|---------------|--|
| BMU, 2001 | Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen (AbfAbIV), vom 1.3.2001. |
| Bund, 2000 | Nationales Klimaschutzprogramm, 18.10.2000 |
| BZL, 2000 | Thermisch-regenerative Abgasreinigung für die mechanisch-biologische Abfallbehandlung. Studie im Auftrag der Herhof-Umwelttechnik, Oyten, 2000. |
| Cuhls, 1999 | Cuhls, C.; Doedens, H.: Bilanzierung von Umweltchemikalien bei der biologischen Behandlung von Restabfällen. Phase 2: Emissionen, Schadstoffbilanzen und Abluftbehandlung. Endbericht BMBF-Verbundvorhaben, TV 4/3, Hannover, 1999 |
| Doedens, 2000 | Doedens, H.: Stellungnahme zu Verordnungsentwürfen betreffend MBA (AbfAbIV und 29. BImSchV), 23.5.00, Hannover. |

-
- Ehrig, 2000 Ehrig, H.-J.; Höring, K.: Anforderungen an und Bewertung von biologischen Vorbehandlungen für die Ablagerung. Endbericht BMBF-Verbundvorhaben TV 3/4, Wuppertal, 1999.
- Koller, 2000 Koller, M. u.a.: Ableitung von Entscheidungsgrundlagen, Teil B: Ökobilanzielle Untersuchungen. In: Soyez, K.; Thrän, D.; Koller, M.: Ableitung von Entscheidungsgrundlagen zur mechanisch-biologischen Abfallbehandlung. Endbericht BMBF-Verbundvorhaben, TV 1, Potsdam, 2000.
- Müller, 1999 Müller, W.; Fricke, K.: Stabilisierung von Restabfall durch mechanisch-biologische Behandlung und Auswirkungen auf die Deponie. Endbericht BMBF-Verbundvorhaben, TV 2/1, Witzenhausen, 1999.
- Soyez, 2001 Mechanisch-biologische Abfallbehandlung - Technologien, Ablagerungsverhalten, Bewertung. Erich-Schmidt-Verlag, Berlin, 2001.
- UBA, 1998 Umweltbundesamt. Daten zur Umwelt. Berlin, 1998.