

ENTWICKLUNGSPOTENTIALE DER MECHANISCH- BIOLOGISCHEN ABFALLBEHANDLUNG

Eine ökologische Analyse

Uwe Lahl, Barbara Zeschmar-Lahl, Thomas Angerer

MONOGRAPHIEN

Band 125

M-125

Wien, Juni 2000

Projektleitung

Isabella Kossina

Autoren

Uwe Lahl

Barbara Zeschmar-Lahl

Thomas Angerer

Weitere Projektmitarbeiter

Hubert Grech

Übersetzung

Brigitte Read

Dank

Das Umweltbundesamt dankt allen Anlagenbetreibern, Betriebsleitern und den beteiligten öffentlichen Stellen für die kooperative Zusammenarbeit bei der Erhebung der für diese Arbeit erforderlichen Daten.

Insbesondere gilt der Dank für eine inhaltliche Diskussion über die Ergebnisse der gegenständlichen Arbeit

Manfred Assmann (Verband Österreichischer Entsorgungsbetriebe)

Helmut Rechberger (TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft)

Rainer Wallmann (IGW, Ingenieurgemeinschaft Witzenhausen Fricke & Turk GmbH)

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH (Federal Environment Agency Ltd)
Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien (Vienna), Austria

Druck: Riegelnik, 1080 Wien

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2000

Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)

ISBN 3-85457-548-3

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Publikation untersucht die konzeptionellen und technischen Möglichkeiten der mechanisch-biologischen Behandlung von Abfällen in der österreichischen Abfallwirtschaft, auf Basis der aktuell in Österreich gültigen Rechtslage. Diese Möglichkeiten werden einer vergleichenden ökologischen Analyse unterzogen.

Die für diese Untersuchung erforderlichen technischen Basisdaten wurden hauptsächlich den Angaben von österreichischen Betriebsanlagen entnommen. In Einzelfällen, wenn Angaben für die Berechnungen nicht zu erhalten waren, wurde auf deutsche Daten zurückgegriffen. Die Datenquellen sind jeweils kenntlich gemacht.

Ziel dieser Studie ist es nicht, „bessere“ Konzepte von ökologisch „schlechteren“ Konzepten unterscheiden zu wollen, sondern vielmehr die technischen Optimierungspotentiale auszumachen und zu quantifizieren.

➤ GESETZLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

Für die Untersuchung war es erforderlich, die betrachteten MBA-Varianten entsprechend der österreichischen Rechtslage auszugestalten. Nach aktueller Rechtslage ist hier insbesondere die Deponieverordnung zu nennen, die eine Deponierung von MBA-Abfällen mit definierten Anforderungen versieht.

Tab. 1: Rechtsvorschriften und ÖNORMEN mit hoher Priorität für MBA-Anlagen (2); modifiziert

Gesetz, Verordnung, Norm etc.	Schlagworte
Bundes-Abfallwirtschaftsgesetz (AWG)	Ziele der Abfallwirtschaft, Genehmigung von Anlagen, allgemeine Aufzeichnungspflicht
Das jeweilige Landes-Abfallgesetz bzw. die Landes-Abfallordnung	Abfallwirtschaft generell, Behandlung nicht gefährlicher Abfälle, soweit nicht die „Bedarfsregelung“ der Bundesverfassung zutrifft. Definition „betriebliche Abfälle“, etc.
Deponieverordnung (DVO)	Begriffsbestimmung „MBA“, Anforderungen an die Ablagerung der behandelten Abfälle, „Ausnahmeregelung“, oberer Heizwert
Kompostverordnung; im Entwurf	Herstellung von Kompost (Input, Anwendungsmöglichkeiten)
Verordnung über die Sammlung biogener Abfälle	Biogene Abfälle
Gewerbeordnung	Betriebsanlagenrecht, allenfalls im AWG-Genehmigungsverfahren mitanzuwenden
Baurecht	Baubewilligung
Raumordnung	Widmungsbestimmung im Grünland
Forstgesetz	Bewilligungspflicht von Anlagen, die forstschädliche Luftverunreinigungen verursachen
Naturschutzrecht der Länder	Ist die MBA-Anlage einer Deponie vorgeschaltet, kommt auch das Naturschutzrecht zur Anwendung, da Deponien im Grünland errichtet werden (betriebliche Zwischenlager einmal ausgenommen)
Wasserrechtsgesetz (WRG)	Gewässerschutz generell, Einleitung von Abwasser, Anpassung bestehender Deponien an den Stand der Deponieverordnung
Verordnung über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der phys.-chemischen und biologischen Abfallbehandlung	Einleitung von Abwasser

Gesetz, Verordnung, Norm etc.	Schlagworte
Altlastensanierungsgesetz (ALSAG)	Altlastensanierungsbeitrag
UVP-Gesetz	Genehmigung von Anlagen
Arbeitnehmer(innen)-schutzgesetz	Gesundheitsschutz, Arbeitssicherheit
Allgemeine Arbeitnehmer-schutz-VO	Gesundheitsschutz, Arbeitssicherheit
Informationsblätter zu einschlägigen Erlässen des ZAI im BMAS *) **)	Spezifische Anforderungen an den Arbeitnehmerschutz, Hygiene
ÖNORM S 2100	Abfallarten
Abfallnachweisverordnung	Aufzeichnungs-, Melde-, Nachweispflicht der Abfallbesitzer
Festsetzungsverordnung	Begriff „gefährliche Abfälle“, Ausstufung von Abfällen

*) BMAS = Bundesministerium für Arbeit und Soziales

**) ZAI = Zentral-Arbeitsinspektorat

Weitere Regelungen sind in Vorbereitung (Richtlinie für die MBA). In diesem Zusammenhang ist die gegenständliche Studie als Beitrag zu werten, entsprechend der oben skizzierten Aufgabenstellung Anforderungen an gleichwertige Lösungen abzuleiten.

➤ **BEGRIFFLICHKEITEN UND DEFINITIONEN**

Die Frage nach einer Definition der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA) erscheint auf den ersten Blick abstrakt und akademisch. Bezieht man mit ein, daß eine derartige Definition zukünftig die Anwendung eines möglichen Anforderungskatalogs an die MBA bestimmt, wird die Bedeutung dieser Fragestellung verständlich.

Wir schlagen eine umfassendere Definition vor, als in der Deponieverordnung festgelegt ist. Eine enge Definition birgt die Gefahr in sich, daß sich Verfahrensanbieter und/oder Betreiber dem geforderten Standard entziehen können.

Die Begrifflichkeit bzw. Definition der MBA sollte jedenfalls enthalten:

„Abfallbehandlungsverfahren von Abfall vor Deponierung / Verbrennung / Verwertung, die über eine und / oder mehrere mechanische und / oder eine oder mehrere biologische Behandlungsstufen (aerob oder anaerob) verfügen.“

➤ **MBA IN ÖSTERREICH**

Die mechanisch-biologische Abfallbehandlung hat in Österreich eine langjährige Tradition und gehört heute, neben der Müllverbrennung, zu den wichtigen verfügbaren Entsorgungsvarianten für Restmüll. In der Tabelle 2 ist eine Auswahl der wichtigsten Betriebsanlagen zur MBA in Österreich dargestellt.

Tab. 2: Betriebsanlagen in Österreich (Standorte und Betreiber; Auswahl) (14), (15)

Bundesland	Standort	Betreiber
Burgenland	Oberpullendorf	Umweltdienst Burgenland, 7350 Oberpullendorf
Niederösterreich	Fischamend	Firma Rottner, 2401 Fischamend
Oberösterreich	Gerling	Firma Zellinger, 4111 Walding
Oberösterreich	Kirchdorf	BAV Kirchdorf, 4560 Kirchdorf
Oberösterreich	Ort im Innkreis	Karl Gradinger, 4710 Grießkirchen
Salzburg	Siggerwiesen	SAB GmbH & CO KG, 5101 Bergheim
Salzburg	Zell am See	ZEMKA, 5700 Zell am See
Steiermark	Aich-Assach	AWV Schladming, 8967 Haus im Ennstal
Steiermark	Allerheiligen	AWV Mürzverband, 8605 Kapfenberg
Steiermark	Frojach-Katsch	AWV Murau, 8842 Katsch
Tirol ¹⁾	Kufstein	Firma Thöni Industriebetriebe GmbH, 6410 Telfs
Wien	Wien (21. Bezirk)	Arge Vererdung Langes Feld, 1210 Wien
Steiermark	Frohnleiten	Marktgemeinde Frohnleiten, 8130 Frohnleiten
Steiermark	Leoben	Fa. Ökokeram, 8700 Leoben

1) Pilotanlage

Die gegenwärtig im Einsatz befindlichen Anlagen zur MBA werden derzeit nicht gemäß den Anforderungen der Deponieverordnung betrieben. Aus diesem Grund war zunächst zu ermitteln, wie sich die Betreiber der Altanlagen auf diese Herausforderung einstellen wollen; welche Zielsetzung der Behandlung in Zukunft umgesetzt werden soll (Tabelle 3).

Tab. 3: Betriebsanlagen (Auswahl) – Zielsetzung der Abfallbehandlung (15), (16), (17)

Standort	Inbetriebnahme	Zielsetzung bei Inbetriebnahme	Gegenwärtige Zielsetzung (Juni/Juli 1999)	Zukünftige Zielsetzung
Oberpullendorf	1978 – 1981	deponierbare Restfraktion zu reduzieren, Verwertung des Reifkompostes in der Landwirtschaft	Splitting: heizwertreiche Fraktion, Fe-Metalle, Fraktion für den Biofilterbau, Methanoxidationsschicht, Deponierekulturivierung	Deponiefraktion nur wenn andere Verwertung nicht möglich; Methanoxidationsschicht, usw.
Fischamend ¹⁾	1996	biologische Vorbehandlung der Deponiefraktion	Restmüllsplitting	Splitting mit Erzeugung einer Deponiefraktion und heizwertreichen Fraktion
Gerling	1994	Reduktion der Abbauprozesse in der Deponie, Reduktion der Siggerwasserbelastung und der Gasbildung	Reduktion der Abbauprozesse in der Deponie, Reduktion der Siggerwasserbelastung und der Gasbildung	Splitting mit Erzeugung einer Deponiefraktion und heizwertreichen Fraktion, Splitting mit Erzeugung einer Deponiefraktion und einer oder mehrerer Wertstofffraktionen
Kirchdorf	1986	Annahme und Verwertung von Haus- und Sperrmüll sowie hausmüllähnlichen Gewerbeabfall	Annahme und Verwertung von Haus- und Sperrmüll sowie hausmüllähnlichen Gewerbeabfall	Splitting mit Erzeugung einer Fraktion zur thermischen Behandlung und mehrerer Wertstofffraktionen
Ort im Innkreis	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Siggerwiesen	1978	Herstellung von Müllkompost, Volumenreduktion	Klärschlammverarbeitung, Volumenreduktion, Geruchsminimierung	Splitting mit Erzeugung einer Deponiefraktion und heizwertreichen Fraktion

Standort	Inbetriebnahme	Zielsetzung bei Inbetriebnahme	Gegenwärtige Zielsetzung (Juni/Juli 1999)	Zukünftige Zielsetzung
Zell am See	1978	Kompostierung von Restmüll und Klärschlamm	Durchführung eines entsprechenden Materialsplittings und weitgehendste Reduktion der zu entsorgenden Mengen	Splitting mit Erzeugung einer Deponiefraktion und heizwertreichen Fraktion
Aich-Assach	1977	Abfälle durch Kompostierung verwerten	Splitting: weitestgehende Verwertung der gewonnenen Teilströme wie Kompost und heizwertreiche Fraktion	Splitting: Mittelfristig erfüllen der Deponieverordnung (2004); Fortführung der Verwertung und Vermarktung der Komposte aus dem Hausmüll; verwerten der abgetrennten heizwertreichen Fraktion
Allerheiligen	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Frojach-Katsch	1981	Hygienisierung des Hausmülls, Reduzierung der zu deponierenden Abfallmenge	Reduzierung der zu deponierenden Abfallmenge, herabsetzen der Reaktionsfähigkeit des Deponiegutes	Splitting mit Erzeugung einer Deponiefraktion und heizwertreichen Fraktion
Kufstein ¹⁾	1999 ²⁾	Splitting mit Erzeugung einer Deponiefraktion und heizwertreichen Fraktion		
Wien	1993	Erzeugung standortgerechter Erden zur Rekultivierung der Deponie „Langes Feld“	k.A.	k.A.
Frohnleiten	k.A.	Erzeugung von Erdsubstraten zur Rekultivierung der Deponie Donawitz	k.A.	k.A.
Leoben	1989	Erzeugung von Erdsubstraten zur Rekultivierung der Halde Donawitz	k.A.	k.A.

1) Pilotanlage

2) Geplante Inbetriebnahme der gesamten Betriebsanlage

k.A. keine Angaben

Es wird deutlich, daß insgesamt der Weg ins Splitting mit Erzeugung einer Deponiefraktion nach österreichischer Rechtslage und heizwertreichen Fraktion(en) anvisiert wird. Stabilisierungsvarianten spielen derzeit eher keine Rolle.

Daher wurden im Rahmen dieser Untersuchung insbesondere die verschiedenen Möglichkeiten von Splittingkonzepten näher betrachtet.

➤ ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG – METHODISCHE GRUNDLAGEN

Für die ökologische Bewertung sind die Umweltauswirkungen nach relevanten Kategorien erfaßt. Diese Kategorien sind insbesondere:

- Energieverbrauch / Energiebereitstellung,
- Humantoxikologisch relevante Stoffe,
- Treibhauspotential,
- Photooxidantienbildungspotential (Sommersmog),
- Versauerungspotential,
- Eutrophierungspotential,
- Flächenverbrauch, Abfallentstehung.

Im Rahmen dieser Studie wird auf ein Rechenprogramm zurückgegriffen, welches speziell für Bewertungsfragen in der Abfallwirtschaft entwickelt wurde.

Es werden die lokalen Effekte (Quellenstärken) der zu bewertenden Verfahren errechnet. Diese lokalen Ergebnisse sind wichtig für die Erfassung von Auswirkungen an Standorten von Anlagen.

Zusätzlich werden die ökologischen Bilanzergebnisse in Anlehnung an die hierfür international festgelegten Normen (DIN EN ISO 14040 ff.) errechnet. Diese globalen Ergebnisse beziehen die wesentlichen, über die lokalen Auswirkungen hinausgehenden Gut- und Lastschriften mit ein. Lastschriften sind beispielsweise die Energieverbräuche einer MBA und Gutschriften sind beispielsweise die mit der Müllverbrennung verbundenen Energieauskopplungen. In der Abbildung 1 ist die Methodenkombination in der gegenständlichen Studie dargestellt.

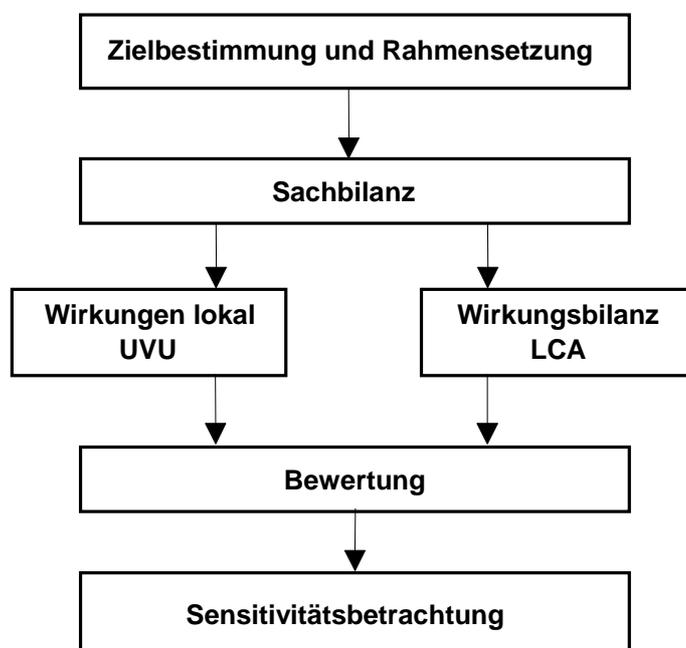


Abb. 1: Methodenkombination in der gegenständlichen Studie

➤ **VARIANTEN**

Als Bezugseinheit dient eine Entsorgungsdienstleistung von 1.000 kg österreichischen Hausmüll in Anlehnung an die Qualität, wie sie 1995 von Schachermayer, Bauer, Ritter und Brunner 1995 eingehend ermittelt wurde. Für diese Bezugseinheit wurde die Entsorgung entsprechend der folgenden Varianten berechnet (Tabelle 4), wobei jeweils die beste Untervariante ermittelt wurde.

Als Bewertungsmaßstab (Bezugsvariante) für eine gleichwertige Lösung von Konzepten der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung in Kombination mit der Verbrennung heizwertreicher Fraktionen wurde die Entsorgung in der MVA Wels festgelegt. Wels wurde deshalb ausgewählt, weil die Gutschriftenstruktur (nur Stromauskopplung) suboptimal ist. Die sonstigen österreichischen MVAs, die in Form der Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden, weisen günstigere ökobilanzielle Ergebnisse auf. Durch die Auswahl der MVA Wels kann daher nicht der Vorwurf erhoben werden, der Bewertungsmaßstab für akzeptable Lösungen sei zu hoch angelegt worden. Eine weitere wichtige Randbedingung für die Berechnungen stellen die von der MVA ausgehenden Emissionen dar. Das Emissionsniveau der MVA Wels bezogen auf andere MVAs in Österreich liegt derzeit in einem vergleichbaren Rahmen.

Tab. 4: In der gegenständlichen Studie untersuchte Varianten

Variante	Untervariante	Technik
1	A	MVA - Energie: Stromauskopplung wie MVA Wels MVA - Emissionen: kostenoptimierte Neuanlage
	B	MVA - Energie: Stromauskopplung wie MVA Wels MVA - Emissionen: wie MVA Wels
	C	MVA - Energie: Prozessdampfbereitstellung, verdrängtes Kohlekraftwerk MVA - Emissionen: wie MVA Wels
2	A	MBA: Status quo Biofilter (MBA Kufstein) Verbrennung: Anlage Lenzing Deponierung: Theoretische Optimalvariante (95 %, 10 m ³ /Mg)
	B	MBA: optimierter Biofilter mit Ammoniakwäscher Verbrennung: Anlage Lenzing Deponierung: Theoretische Optimalvariante (95 %, 10 m ³ /Mg)
	C	MBA: thermischer Filter (Reinigungsleistung > 90 %), Abluftkreislaufführung Verbrennung: Anlage Lenzing Deponierung: Theoretische Optimalvariante (95 %, 10 m ³ /Mg)
3	A	MBA: thermischer Filter (Reinigungsleistung > 90 %) mit Abluftkreislaufführung Verbrennung: Anlage Lenzing Deponierung: ungünstigere Variante (10 %, 30 m³/Mg)
	B	MBA: thermischer Filter (Reinigungsleistung > 90 %) mit Abluftkreislaufführung Verbrennung: Anlage Lenzing Deponierung: Optimalvariante, aber Methanoxidationsschicht, im Winter nicht optimal (50 %, 10 m³/Mg)
	C	MBA: thermischer Filter (Reinigungsleistung > 90 %) mit Abluftkreislaufführung Verbrennung: Anlage Lenzing Deponierung: Theoretische Optimalvariante (95 %, 10 m³/Mg)
4	A	MBA: thermischer Filter (Reinigungsleistung > 90 %) mit Abluftkreislaufführung Verbrennung: Anlage Lenzing Deponierung: Theoretische Optimalvariante (95 %, 10 m ³ /Mg)
	B	MBA: thermischer Filter (Reinigungsleistung > 90 %) mit Abluftkreislaufführung Verbrennung: MVA Wels Deponierung: Theoretische Optimalvariante (95 %, 10 m ³ /Mg)
	C	MBA: thermischer Filter (Reinigungsleistung > 90 %) mit Abluftkreislaufführung Verbrennung: Kraftwerk (Schmelzkammerfeuerung) mit vorgeschalteter Pyrolysetrommel Deponierung: Theoretische Optimalvariante (95 %, 10 m ³ /Mg)
	D	MBA: thermischer Filter (Reinigungsleistung > 90 %) mit Abluftkreislaufführung Verbrennung: Kraftwerk (Wirbelschicht) mit niedrigem Emissionsstandard (nur bei Abscheidung von Säurebildnern) Deponierung: Theoretische Optimalvariante (95 %, 10 m ³ /Mg)
5	A	MBA: thermischer Filter (Reinigungsleistung > 90 %) mit Abluftkreislaufführung Verbrennung: EBS+: konventionelles Zementwerk EBS-: MVA Wels Deponierung: Theoretische Optimalvariante (95 %, 10 m ³ /Mg)
	B	MBA: thermischer Filter (Reinigungsleistung > 90 %) mit Abluftkreislaufführung Verbrennung: EBS+: optimiertes Zementwerk EBS-: MVA Wels Deponierung: Theoretische Optimalvariante (95 %, 10 m ³ /Mg)
6	A	MBA: Stabilatanlage / thermischer Filter (Reinigungsleistung > 90 %) mit Abluftkreislaufführung Verbrennung: MVA Wels Deponierung: entfällt für MBA-Output
	B	MBA: Stabilatanlage / thermischer Filter (Reinigungsleistung > 90 %) mit Abluftkreislaufführung Verbrennung: Anlage Lenzing Deponierung: entfällt für MBA-Output

➤ SYSTEMGRENZE UND SENSITIVITÄTSBETRACHTUNG

Für die Berechnung wurden alle wesentlichen Behandlungsschritte und Einflußgrößen einbezogen. Die Systemgrenzen wurden entsprechend Abbildung 2 gewählt.

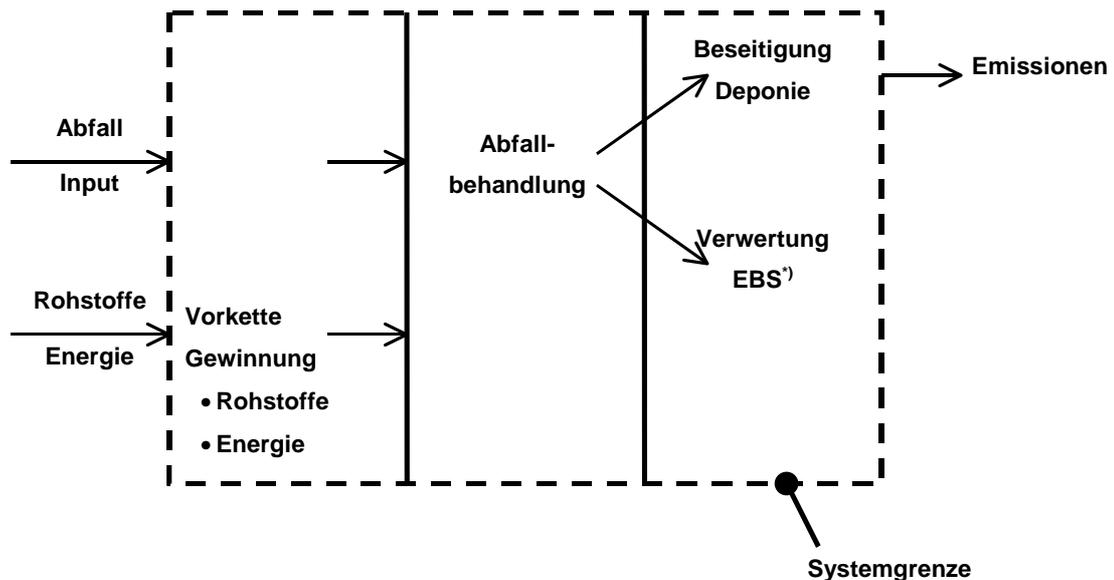


Abb. 2: In der gegenständlichen Studie festgelegte Systemgrenze

Die Auswirkungen der gewählten Systemgrenze und wichtigen Randbedingungen werden in einer ausführlichen Sensitivitätsbetrachtung auf Belastbarkeit und Ergebnisrelevanz analysiert.

➤ ERGEBNISSE DER BEWERTUNG

Die gegenständliche Untersuchung zeigte, daß *die Konzepte der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung in Kombination mit der Verbrennung heizwertreicher Fraktionen* verglichen mit *der Monoverbrennung* unter ökologisch hochwertigen Bedingungen entsprechend dem Stand der Technik zu ökologisch akzeptablen Ergebnissen führen können. Unter ökologisch hochwertigen Bedingungen ist u. a. eine weitergehende Abluftreinigung sowie die Einhaltung des oberen Heizwertes nach Deponieverordnung zu verstehen.

Dabei müssen jedoch alle Behandlungsschritte (mechanische/biologische/thermische Behandlung, Deponierung, etc.) entsprechend dem Stand der Technik stattfinden. Dies ist zur Zeit in Österreich noch nicht der Fall.

Die folgende Abbildung zeigt die lokalen Ergebnisse für die untersuchten Kategorien im Vergleich. Es wurden die jeweiligen Bestvarianten (siehe auch Tabelle 4) der Splittinglösungen und der Stabilisierung mit der Monoverbrennung in der existierenden MVA Wels (Variante 1B) verglichen.

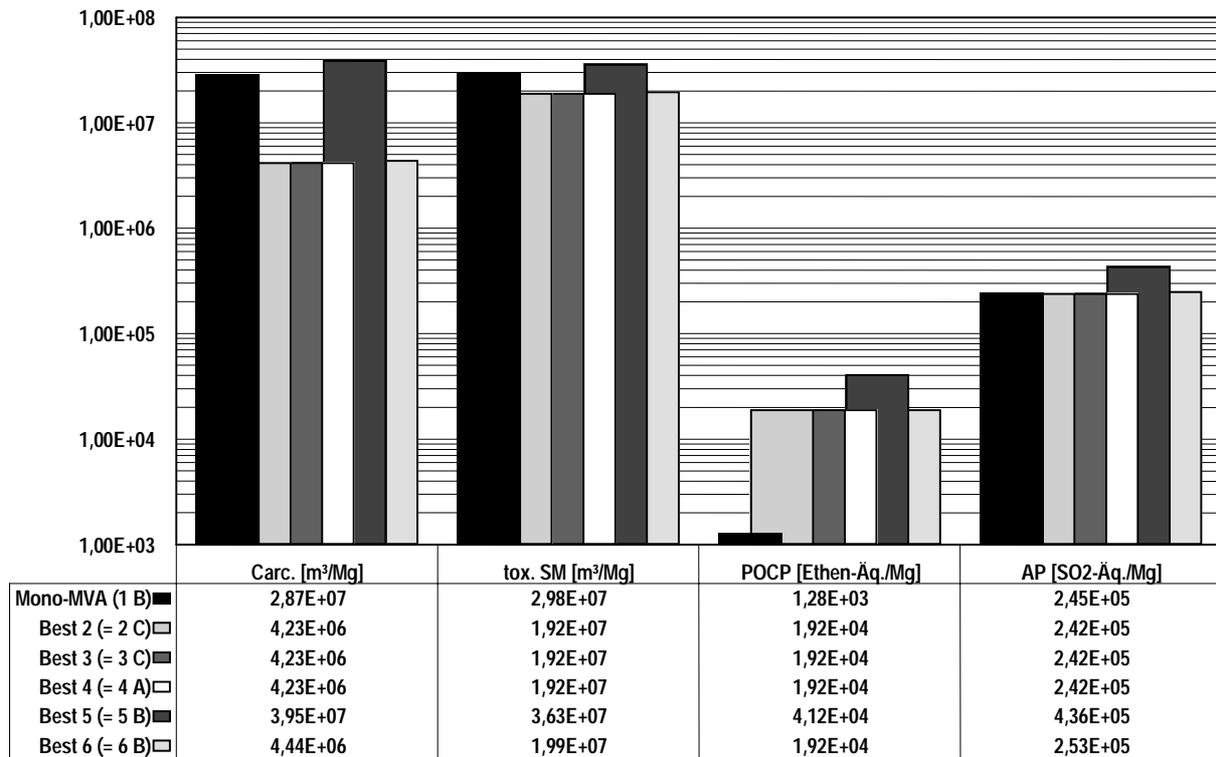


Abb. 3: Vergleich der lokalen Auswirkungen der jeweiligen Bestvarianten der Splittinglösungen und der Stabilisierung mit der Monoverbrennung in der existierenden MVA Wels (Luftpfad)

Es wird deutlich, daß auf hohem Niveau der einzelnen Behandlungsschritte der Splitting- und Stabilisierungsvariante entsprechend dem Stand der Technik eine annähernde Gleichwertigkeit der Konzepte in Bezug auf die lokalen Emissionen (Nachbarschaftsschutz) möglich ist.

Bezogen auf die Kategorie POCP gelingt die Gleichwertigkeit nicht vollständig, trotz hoher Anforderungen an die Abluftreinigung der MBA.

Bezogen auf die Kategorie kumulierte Primärenergie weisen die Splitting- und insbesondere die Stabilisierungsvarianten Vorteile gegenüber der MVA Wels auf (Abb. 4). Dieser Vorteil verringert sich deutlich (bzw. kehrt sich um), sofern die als Bezugsvariante betrachtete MVA mit effektiver Kraft-Wärme-Kopplung betrieben würde (wie die Wiener MVAs).

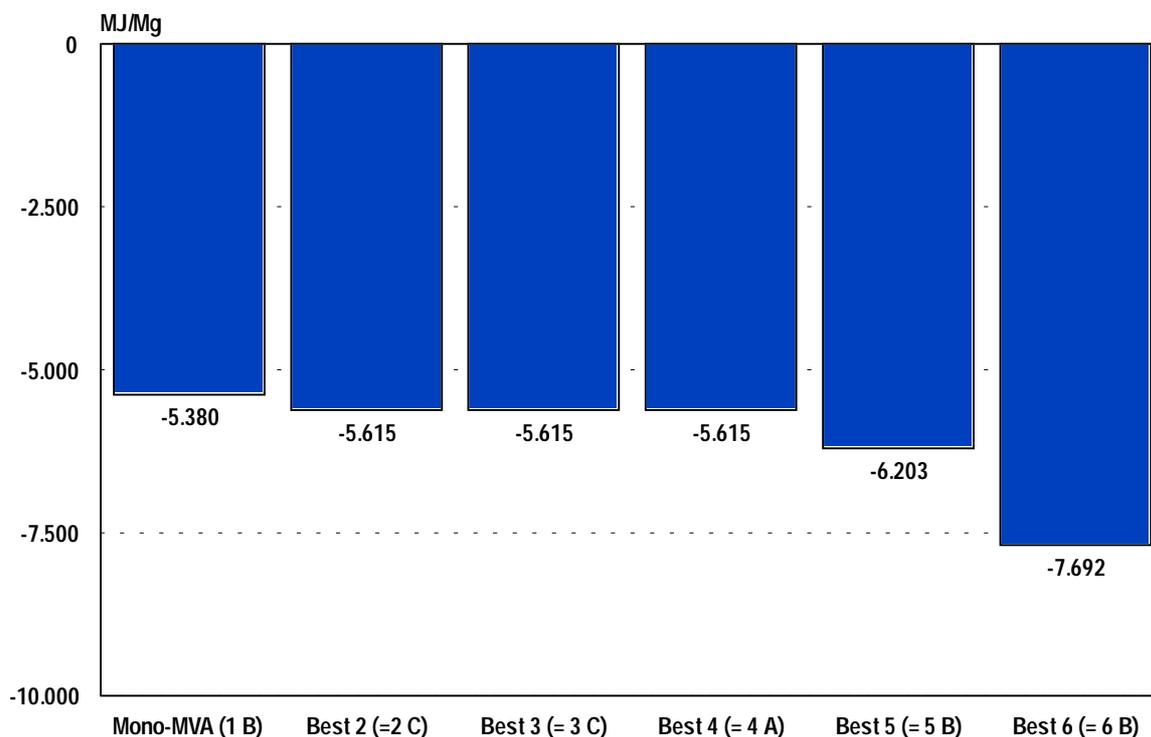


Abb. 4: Vergleich der kumulierten Primärenergie der jeweiligen Bestvarianten der Splittinglösungen und der Stabilisierung mit der Monoverbrennung in der existierenden MVA Wels (Luftpfad) (negative Werte = Energieeinsparung = Umweltentlastung)

Die folgende Abb. 5 vergleicht wiederum die Bestvarianten auf globaler Ebene mit der Monoverbrennung in der MVA Wels. Auch hier sind die Abstände zwischen Splitting-/Stabilisierungsvarianten und Monoverbrennung nicht so deutlich, als daß man hieraus ein negatives umweltbezogenes Votum gegen derartige Konzepte ableiten kann.

Somit sind die gesetzeskonformen Möglichkeiten der Alternativen zur Monoverbrennung auch aus ökologischer Sicht zu befürworten. Allerdings ist es hierfür erforderlich, für alle Behandlungsteilschritte eines Splitting- bzw. Kombinationskonzeptes (Vorbehandlung, Deponie und Verbrennung) hohe ökologische Standards festzulegen.

Die insgesamt akzeptablen Ergebnisse sind nur dann erreichbar, wenn die österreichische Heizwertregelung in der Deponieverordnung konsequent umgesetzt wird. Diese Regelung stellt den entscheidenden ökologischen Effekt dar, da sie bewirkt, daß die energiereichen Abfallbestandteile weitgehend einer energetischen Verwertung zugeführt werden müssen. Wird für die energetische Verwertung auf Anlagen zurückgegriffen, die einen der klassischen MVA vergleichbaren Emissionsschutzstandard (wie Lenzing) und eine sehr hohe energetische Effizienz aufweisen, können Splittingvarianten und Stabilisierungslösungen sogar ökologisch günstigere Ergebnisse (gegenüber der Monoverbrennung) erreichen (global).

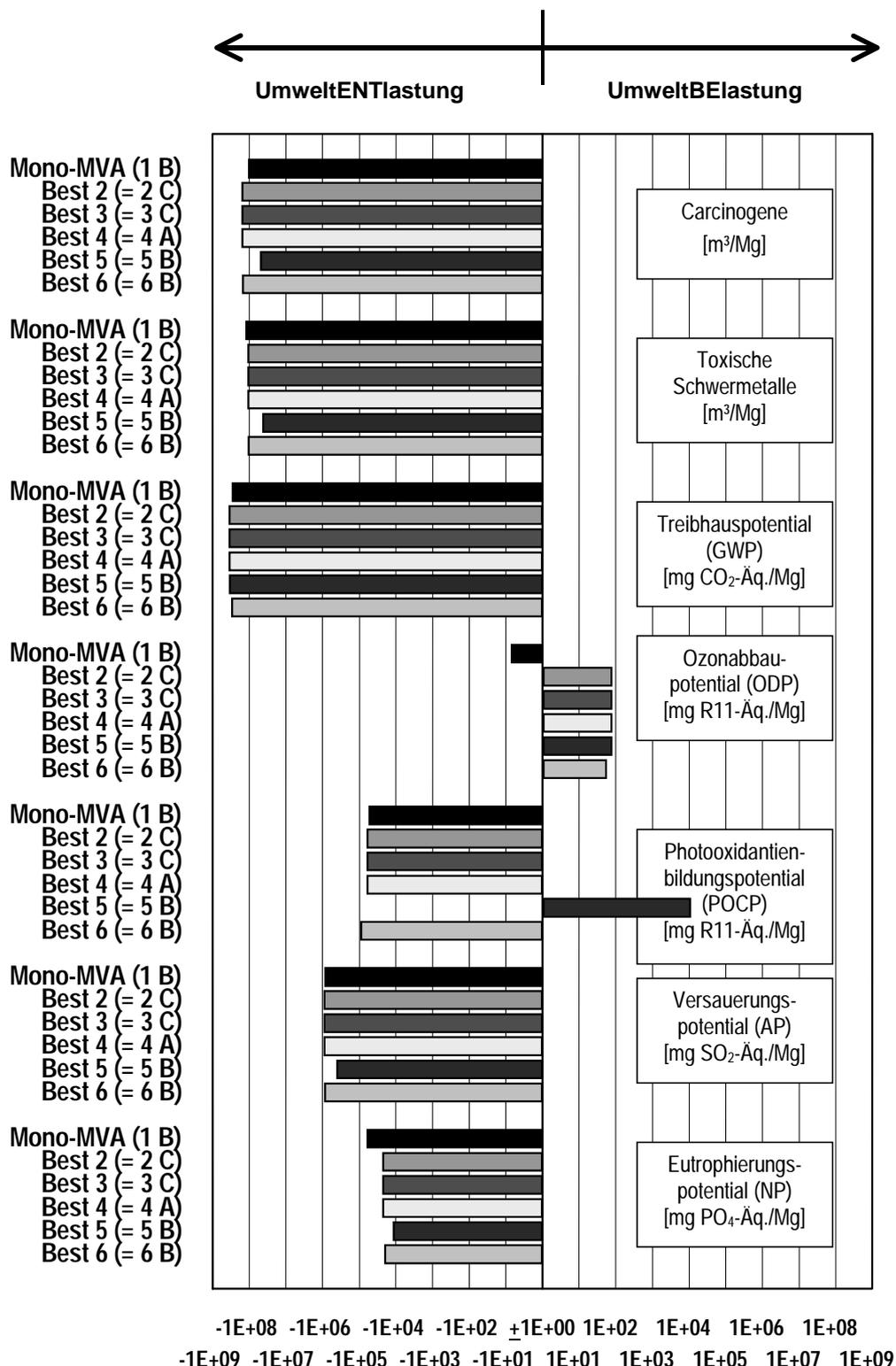


Abb. 5: Toxikologische Wirkungskategorien und Umweltlastenpotentiale der jeweiligen Bestvarianten der Splittinglösungen und der Stabilisierung verglichen mit denen der Monoverbrennung in der existierenden MVA Wels (Luftpfad) (negative Werte = UmweltENTlastung; positive Werte = UmweltBElastung)

➤ HANDLUNGSBEDARF UND ZUKÜNFTIGE ROLLE DER MBA IN ÖSTERREICH

Die Ergebnisse zeigen, daß für die Umsetzung eines ökologisch akzeptablen Standards im Gegensatz zum Istzustand, in Zukunft verstärkt Maßnahmen zur Verminderung der Schadstoffemissionen sowohl bei der MBA als auch bei industriellen Mitverbrennungsanlagen gesetzt werden müssen.

- Für die MBA ergeben sich Anforderungen an die Abluftreinigung. Hier stellen sich für die relevanten Kategorien (bis auf POCP) gleichwertige Ergebnisse heraus, wenn hohe Filterwirkungsgrade erreicht werden. Für TOC wurde in dieser Studie mit einem hohen Filterwirkungsgrad gerechnet, wie er von thermisch-regenerativen Abgasreinigungsverfahren erreicht werden kann. Insgesamt scheint für diesen Parameter eine Begrenzung der Emissionsfracht (in $\text{g/Mg}_{\text{Input}}$) notwendig. Für die gegenständliche Studie wurde für die Bestvariante ein Unterschreiten des deutschen Grenzwertvorschlages (Entwurf der 29. BImSchV vom 13. April 2000) von 55 g/Mg (NMVOC) unterstellt. Weiter sollte NH_3 abgetrennt werden. Bei Einsatz von Biofiltern zur Abluftreinigung muß eine NO_x -, N_2O -Bildung unbedingt vermieden werden, wie überhaupt auf mögliche Sekundäremissionen nach jeder Abluftreinigung zu achten ist.
- Für die industrielle Mitverbrennung gilt, daß insbesondere die Anforderungen an die luftseitigen Emissionen für Mitverbrennungsanlagen an die strengen Anforderungen für Müllverbrennungsanlagen anzugleichen sind. Es ergeben sich auf lokaler Ebene gleichwertige Lösungen, wenn die Abgasbehandlung ein den österreichischen MVAs vergleichbares Emissionsniveau aufweist. Handlungsbedarfe bei der industriellen Mitverbrennung ergeben sich, wie die lokalen und globalen Ergebnisse zeigen, insbesondere für flüchtige Schwermetalle.

Die Restemissionen aus dem Deponiegut können für einzelne Kategorien ein gleichwertiges Ergebnis verhindern. Daher sind entsprechende einbautechnische Vorgaben und eine wirkungsvolle Oxidation von Methan ($\eta > 80 \%$) erforderlich.

Für die MVA sollte das in Österreich erreichte Emissionsniveau beibehalten werden, auch im Falle des Baus von Neuanlagen. Die Deponierung der MVA-Schlacke erweist sich für den Wasserpfad als positive Randbedingung, die ebenfalls beibehalten bleiben sollte. Sofern im Falle der Errichtung von Neuanlagen energetische Möglichkeiten der Kraft-Wärme-Kopplung oder industrieller Dampfbereitstellung gegeben sein sollten, würden deren Realisierung entscheidende ökobilanzielle Vorteile bewirken.

➤ FAZIT

Insgesamt werden Forderungen für eine Verbesserung des ökologischen Standards kritisiert, weil sie zu zusätzlichen Kosten führen werden. Die Ergebnisse dieser Studie deuten an, daß dies insbesondere *Konzepte der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung in Kombination mit der Verbrennung heizwertreicher Fraktionen* betreffen wird.

Die zukünftige Rolle der MBA (als Stabilisierungs- oder Splittingkonzept) ist als Bestandteil des abfallwirtschaftlichen Wettbewerbs der unterschiedlichen Lösungsmöglichkeiten zu sehen. Der gewünschte Wettbewerb zwischen unterschiedlichen Alternativen der Restmüllentsorgung muß aber, wenn es nicht zu Wettbewerbsverzerrungen kommen soll, auf vergleichbarem ökologischen Niveau stattfinden.

Im Kern wird dieser Wettbewerb auf der Kostenebene jeweils an den relevanten Standorten zu entscheiden sein. Daher wird es erforderlich sein, die Anforderungen an eine ökologisch akzeptable MBA-Lösung in der nächsten Zeit verordnungsseitig konkreter zu fassen, um die anstehenden bzw. laufenden Entscheidungsprozesse zu unterstützen.

Die folgende Tabelle 5 zeigt in Übersichtsform wichtige Anforderungen zur Erreichung von ökologische akzeptablen Ergebnissen, die sich aus den obigen Variantenberechnungen ableiten.

Tabelle 5: Wichtige Anforderungen an einzelne Behandlungsschritte

Behandlungsschritt	Anforderung
Mechanisch-biologische Behandlung der Abfälle	<u>Betriebsanlage</u> Minimierung der luftseitigen Emissionen insbesondere der <ul style="list-style-type: none"> • organischen Stoffe (Frachtbegrenzung) • NH₃
	<u>Deponie</u> <ul style="list-style-type: none"> • H_o < 6.000 kJ/kg TS • AT₄ < 5 mg O₂/g TS (bzw. auch GB₂₁) • wirkungsvolle Oxidation von Methan $\eta > 80 \%$
Verbrennung der Abfälle	<u>Müllverbrennungsanlage</u> Festhalten <ul style="list-style-type: none"> • am in Österreich erreichten Emissionsstandard (Wels, Spittelau, Flötzersteig), • an der Vorbehandlung und Deponierung der Schlacke und Beibehalten • der untertägigen Deponierung der MVA-Stäube und -Salze.
	<u>Industrielle Mitverbrennung</u> Verminderung der luftseitigen Emissionen. Dies bedeutet insbesondere, daß <ul style="list-style-type: none"> ▪ eine Abscheidung und Ausschleusung (zur UTD) von Schwermetallen gegeben sein muß bzw. eine Nachrüstung von Anlagenteilen erforderlich sein wird. Weitere Abgasreinigungen, je nach Einzelfall, sind erforderlich für <ul style="list-style-type: none"> • NO_x, • SO₂, • HCl, • Staub, • Quecksilber.

➤ **SCHLUSSBEMERKUNG**

Es war nicht Aufgabe der Untersuchung, zu entscheiden, welche Entsorgungsvariante (MVA oder Kombinationskonzepte mit MBA) die ökologisch bessere ist. So ist dieser Vergleich allein deshalb schwierig, weil im Falle der MVA auf existierende im Routinebetrieb bewährte Anlagen zurückgegriffen werden kann, während im Falle einer optimierten MBA mit Modellen und Annahmen gearbeitet werden muß.

Die MBA ist, diese einfache Feststellung sei erlaubt, für Österreich ein Faktum. Daher ist eine weitaus interessantere Frage zu beantworten: Wie kann die MBA auf ein akzeptables ökologisches Niveau angehoben werden? Hierbei ist nicht nur die MBA selbst, sondern sind auch die nachgelagerten Entsorgungsschritte zu betrachten.

Den wichtigsten Effekt zur Erzielung akzeptabler Ergebnisse im Falle von Konzepten der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung in Kombination mit der Verbrennung heizwertreicher Fraktionen hat die österreichische Heizwertregelung ($H_o < 6.000 \text{ kJ/kg TS}$) für die Deponiefraktion, da hierdurch ein hohes Niveau der Verwertung (quantitativ) erreicht wird.

Als Nachteil von Kombinationslösungen verbleibt bei aller Optimierung der einzelnen Behandlungsschritte die geringe Schadstoff-Konzentrierungseffizienz verglichen mit der MVA-Lösung (96).

SUMMARY

For the present publication conceptual and technical methods for the mechanical-biological treatment of waste in Austria have been studied on the basis of the Austrian law currently in force. These treatment methods have been submitted to a comparative ecological analysis.

The basic technical data for this study were supplied mainly by Austrian plants. In a few cases where it was not possible to obtain data for the calculations, data from Germany were used. The data sources have been indicated.

The aim of this study is not to make out which methods are better or worse from the ecological point of view but to define and quantify the potentials for technical optimization.

• LEGAL FRAMEWORK

It was necessary to design the options of mechanical-biological waste treatment discussed in this paper according to the respective legislation. Of the legislation currently in force, the Landfill Ordinance has to be mentioned which sets clear standards for the disposal of wastes that have undergone mechanical-biological treatment.

• MECHANICAL-BIOLOGICAL TREATMENT OF WASTE IN AUSTRIA

The mechanical-biological treatment of waste in Austria has a long tradition and is the most common disposal method of residual waste apart from waste incineration. Table 1 gives a selection of plants with the major mechanical-biological waste treatment installations in Austria.

Table 1: Plants with mechanical-biological waste treatment installations in Austria (sites and companies; selection) (14), (15)

Federal Province	Site	Company
Burgenland	Oberpullendorf	Umweltdienst Burgenland, 7350 Oberpullendorf
Lower Austria	Fischamend	Firma Rotter, 2401 Fischamend
Upper Austria	Gerling	Firma Zellinger, 4111 Walding
Upper Austria	Kirchdorf	BAV Kirchdorf, 4560 Kirchdorf
Upper Austria	Ort im Innkreis	Karl Gradinger, 4710 Grießkirchen
Salzburg	Siggerwiesen	SAB GmbH & CO KG, 5101 Bergheim
Salzburg	Zell am See	ZEMKA, 5700 Zell am See
Styria	Aich-Assach	AWV Schladming, 8967 Haus im Ennstal
Styria	Allerheiligen	AWV Mürzverband, 8605 Kapfenberg
Styria	Frojach-Katsch	AWV Murau, 8842 Katsch
Tyrol ¹⁾	Kufstein	Firma Thöni Industriebetriebe GmbH, 6410 Telfs
Vienna	Vienna (21 st district)	Arge Vererdung Langes Feld, 1210 Wien
Styria	Frohnleiten	Marktgemeinde Frohnleiten, 8130 Frohnleiten
Styria	Leoben	Fa. Ökokeram, 8700 Leoben

¹⁾Pilot plant

The installations for the mechanical-biological treatment of waste which are currently in use are not operated according to the Landfill Ordinance requirements. It was therefore necessary to find out how the operators of the existing installations intended to meet the new challenge and what their targets were for the treatment of waste in the future (Table 2).

Table 2: Plants (selection) – targets for the treatment of waste (15), (16), (17)

Site	Start-up	Targets at time of start-up	Current targets (June/July 1999)	Future targets
Oberpullendorf	1978 – 1981	Reduce disposable residual fraction, use mature compost in agriculture	Splitting: high-calorific fraction, ferrous metals, fraction for biofilter construction, methane oxidation layer, landfill recultivation	Landfill fraction only if no other recovery is possible; methane oxidation layer, etc.
Fischamend ¹⁾	1996	Biological pre-treatment of landfill fraction	Residual waste splitting	Splitting into a landfill fraction and a high-calorific fraction
Gerling	1994	Reduce degradation processes on landfill, reduce leachate and landfill gas generation	Reduce degradation processes on landfill, reduce leachate and landfill gas generation	Splitting into a landfill fraction and a high-calorific fraction, and in one or more recyclable material fractions
Kirchdorf	1986	Accept and recover domestic and bulky refuse and domestic refuse-like commercial waste	Accept and recover domestic and bulky refuse and domestic refuse-like commercial waste	Splitting into a fraction for thermal treatment and several recyclable material fractions
Ort im Innkreis	No information	No information	No information	No information
Siggerwiesen	1978	Produce waste compost, reduce volume	Sludge treatment, reduce volume, reduce odour	splitting into a landfill fraction and a high-calorific fraction
Zell am See	1978	Composting of residual waste and sewage sludge	Suitable material splitting, reduce the quantities to be disposed of as much as possible	splitting into a landfill fraction and a high-calorific fraction
Aich-Assach	1977	recover waste by composting	Splitting: recover most of the splitting fractions such as compost and high-calorific fraction	Splitting: comply with Landfill Ordinance in the medium term (2004); continued recovery and marketing of composts from domestic waste; recover separated high-calorific fraction
Allerheiligen	No information	No information	No information	No information
Frojach-Katsch	1981	hygienization of domestic waste, reduction of waste volume consigned	Reduction of waste volume consigned to landfill, reduction of reactivity of	Splitting into a landfill fraction and a high-calorific fraction

		to landfill	landfill material	
Kufstein ¹⁾	1999 ²⁾	Splitting into a landfill fraction and a high-calorific fraction		
Vienna	1993	Produce site-specific soils to recultivate the „Langes Feld“ landfill	No information	No information
Frohnleiten	No information	Produce soil substrates to recultivate the Donawitz landfill	No information	No information
Leoben	1989	Produce soil substrates to recultivate the Donawitz landfill	No information	No information

1) pilot plant

2) planned start-up of entire plant

The aim is clearly to move towards splitting into a landfill fraction (in compliance with the Austrian law) and a high-calorific fraction. Stabilization is not considered as an option at the moment.

Therefore it is above all the different splitting methods which are considered in this study.

• **ECOLOGICAL ASSESSMENT – BASIC METHODOLOGY**

For the ecological assessment, environmental effects have been recorded in the relevant categories. These categories are:

- Energy consumption / energy supply
- Substances toxic to humans
- Global warming potential (GWP)
- photochemical ozone creation potential (summer smog) (POCP)
- Acidification potential (AP)
- Eutrophication potential (nutrification potential, NP)
- Used surface area, waste generation

For this study a computer programme was used which had been developed specifically for the assessment of waste management.

Of the processes which are to be assessed, the local effects (source intensities) are calculated. The local results are important for the recording of effects on the sites of the plants.

Furthermore the results of the ecological balance are calculated in accordance with the relevant international standards (DIN EN ISO 14040 pp.). These global results include important credits and debits which go beyond local effects. Debits include e.g. the energy consumption of a mechanical-biological treatment installation whereas credits include e.g. the energy recovered by waste incineration. Figure 1 shows the combination of methods used in the present study.

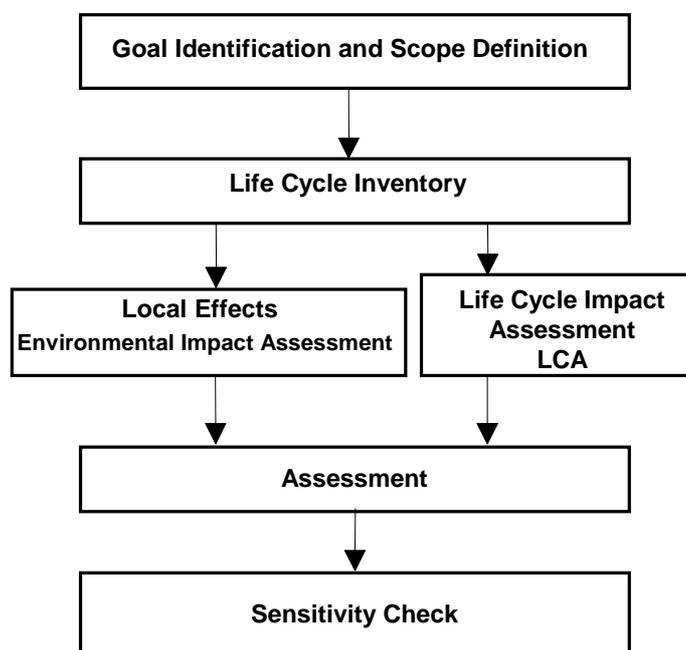


Fig. 1: Methods combined in the present study

• **OPTIONS**

The reference unit is 1,000 kg of disposed Austrian domestic waste of a quality which corresponds to that described by Schachermayer, Bauer, Ritter and Brunner in 1995. For this unit, waste disposal was calculated on the basis of the following options (table 3). For each option the best sub-option was identified.

Table 3: Options investigated for the present study

Option	Sub-option	Technology
1	A	Incineration / Energy: electricity power generation as in Wels waste incineration plant Incineration / Emissions: cost-optimized new plant
	B	Incineration / Energy: electricity power generation as in Wels waste incineration plant Incineration / Emissions: as in Wels waste incineration plant
	C	Incineration / Energy: process steam generation, supplanted coal power station Incineration / Emissions: as in Wels waste incineration plant
2	A	Mechanical-biological treatment: status quo biofilter (Kufstein) Incineration: plant at Lenzing Landfill: theoretical best option (95%, 10m ³ /Mg)
	B	Mechanical-biological treatment: optimized biofilter with ammonia scrubber Incineration: plant at Lenzing Landfill: theoretical best option (95%, 10 m ³ /Mg)

	C	Mechanical-biological treatment: thermal filter (cleaning efficiency >90%), exhaust air circulation Incineration: plant at Lenzing Landfill: theoretical best option (95%, 10 m ³ /Mg)
3	A	Mechanical-biological treatment: thermal filter (cleaning efficiency >90%), exhaust air circulation Incineration: plant at Lenzing Landfill: less preferable option (10%, 30m ³ /Mg)
	B	Mechanical-biological treatment: thermal filter (cleaning efficiency >90%) with exhaust air circulation Incineration: plant at Lenzing Landfill: best option although methane oxidation layer and not preferable in the winter (50%, 10 m ³ /Mg)
	C	Mechanical-biological treatment: thermal filter (cleaning efficiency >90%) with exhaust air circulation Incineration: plant at Lenzing Landfill: theoretical best option (95%, 10 m ³ /Mg)
4	A	Mechanical-biological treatment: thermal filter (cleaning efficiency >90%) with exhaust air circulation Incineration: plant at Lenzing Landfill: theoretical best option (95%, 10 m ³ /Mg)
	B	Mechanical-biological treatment: thermal filter (cleaning efficiency >90%) with exhaust air circulation Incineration: waste incineration plant at Wels Landfill: theoretical best option (95%, 10 m ³ /Mg)
	C	Mechanical-biological treatment: thermal filter (cleaning efficiency >90%) with exhaust air circulation Incineration: power station (melting chamber with preceding pyrolysis drum) Landfill: theoretical best option (95%, 10 m ³ /Mg)
	D	Mechanical-biological treatment: thermal filter (cleaning efficiency >90%) with exhaust air circulation Incineration: power station (fluidized bed) with low emission standard (only with acidifier separation) Landfill: theoretical best option (95%, 10 m ³ /Mg)
5	A	Mechanical-biological treatment: thermal filter (cleaning efficiency >90%) with exhaust air circulation Incineration: Waste to recovered fuel+: conventional cement plant Waste to recovered fuel-: Wels waste incineration plant Landfill: theoretical best option (95%, 10 m ³ /Mg)
	B	Mechanical-biological treatment: thermal filter (cleaning efficiency >90%) with exhaust air circulation Incineration: Waste to recovered fuel+: optimized cement kiln Waste to recovered fuel-: Wels waste incineration plant Landfill: theoretical best option (95%, 10 m ³ /Mg)
6	A	Mechanical-biological treatment: stabilization plant / thermal filter (cleaning efficiency >90%) with exhaust air circulation Incineration: Wels waste incineration plant Landfill: none for mechanical-biological treatment output
	B	Mechanical-biological treatment: stabilization plant / thermal filter (cleaning efficiency >90%) with exhaust air circulation Incineration: plant at Lenzing Landfill: none for mechanical-biological treatment output

The Wels waste incineration plant was taken as the standard (reference option) by which the designs for the mechanical-biological treatment in combination with the incineration of high-calorific fractions could be judged. Wels was chosen because of its sub-optimum credit structure (electricity power generation only). The ecobalances of the other Austrian waste incineration plants which are operated as combined heat and power systems showed more favourable results. The emissions from a waste incineration plant constitute another im-

portant factor for the calculations. As for the plant at Wels, emission level is within comparable limits in relation to other waste incineration plants in Austria.

SYSTEM BOUNDARY AND SENSITIVITY CHECK

All important treatment stages and parameters have been included in the calculation. The system boundaries were chosen according to figure 2.

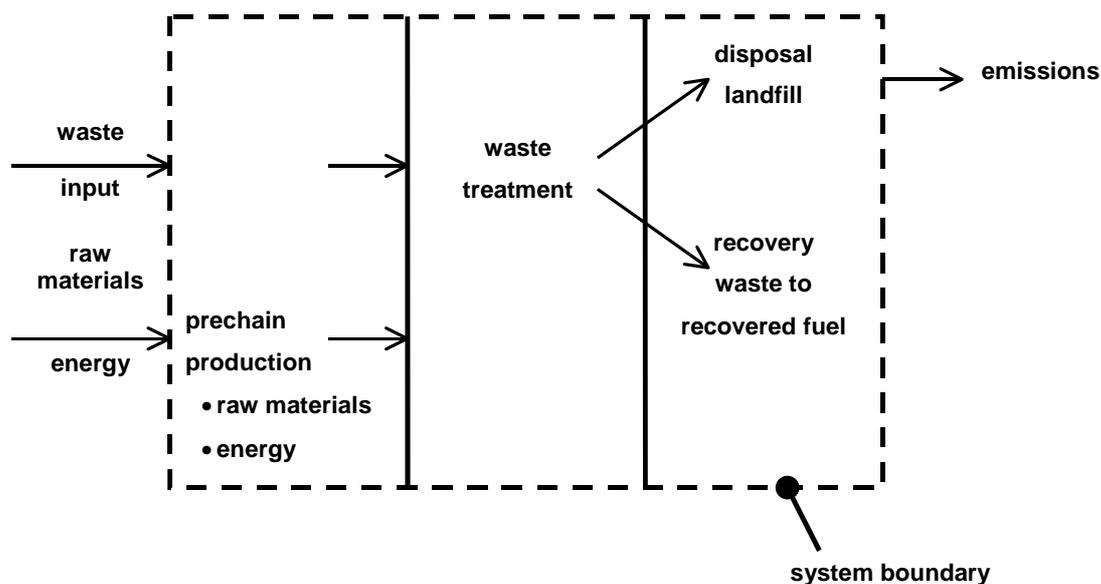


Fig. 2: System boundary as chosen in the present study

The effects of the chosen system boundaries and of other important subsidiary factors are analyzed in a detailed sensitivity check of reliability and results.

• **RESULTS OF THE ASSESSMENT**

The present study shows that the idea of the mechanical-biological treatment of waste in combination with the incineration of high-calorific fractions can produce ecologically acceptable results compared to mono-incineration under high-quality ecological conditions with current technology. To obtain such results, all stages of the treatment (mechanical/biological/thermal treatment, disposal, etc.) have to take place at a high level. This is currently not the case in Austria.

Figure 3 shows a comparison of the local results in the investigated categories. The best individual splitting and stabilization options (see also table 4) were compared with mono-incineration of waste in the existing waste incineration plant of Wels (option 1B).

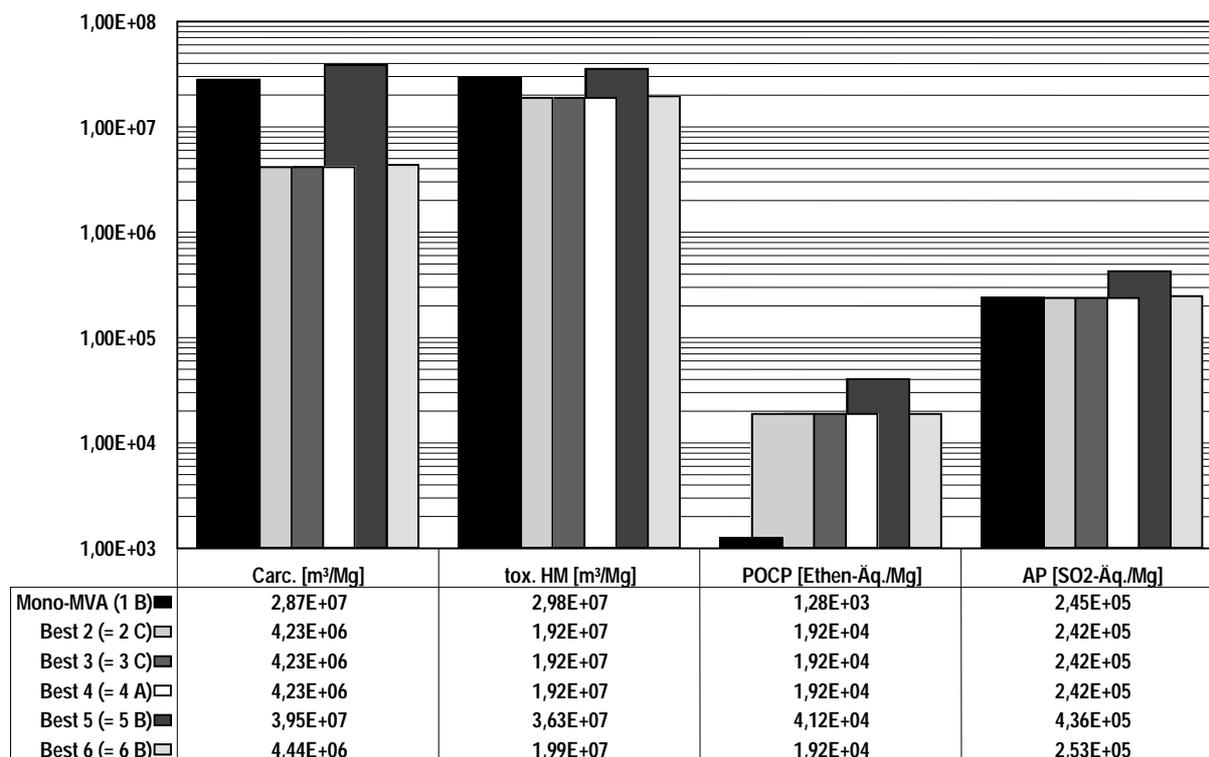


Fig. 3: Local effects of the best individual splitting and stabilization options compared with the mono-incineration of waste in the existing waste incineration plant of Wels (air pathway)

It is clear that if the individual treatment stages of the splitting and stabilization option take place at a high level, a next-to-equivalent status of the methods with regard to local emissions (neighbourhood protection) can be reached.

Regarding POCP the equivalent status cannot be fully reached despite the high standards of exhaust air cleaning with the mechanical-biological plant.

Regarding cumulated primary energy splitting and stabilization options present advantages over the Wels waste incineration plant (Fig. 4). These advantages would turn out significantly smaller (or reversed) if the waste incineration plant which is regarded as the reference option were operated by an effective combined heat and power system (as is the case with the Vienna waste incineration plants).

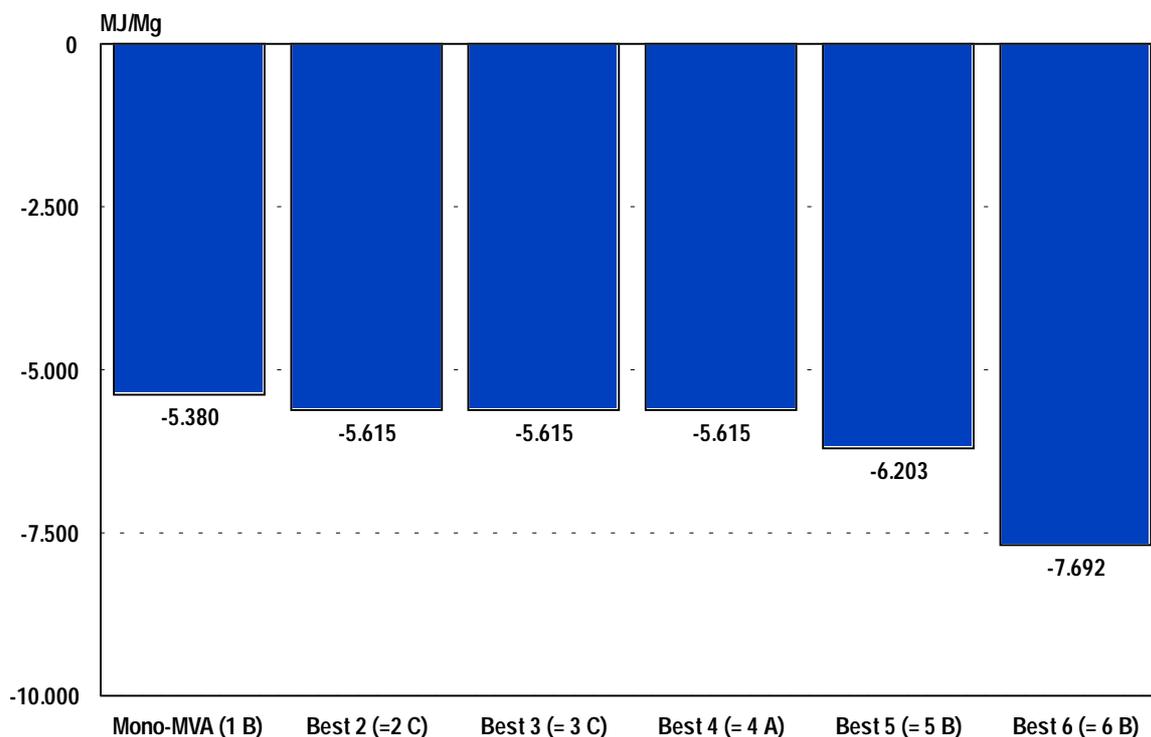


Fig. 4: Cumulated primary energy of best individual splitting options and stabilization compared with mono-incineration of waste in the existing waste incineration plant of Wels (air pathway) (negative values = saved energy = reduction of environmental impact)

Fig. 5 below shows the best options at global level which are compared with the mono-incineration of waste in the Wels waste incineration plant. The differences between splitting/stabilization options and mono-incineration are not clear enough to justify a vote against such methods (for environmental reasons).

Rather than mono-incineration, alternative options that are in conformity with the law should be preferred from the ecological point of view. It would however be necessary to set high ecological standards for each individual stage of a splitting or combination method (mechanical-biological treatment, landfill plus incineration).

Overall acceptable results can only be obtained if the Austrian calorific value regulation of the Landfill Ordinance is consistently implemented. This regulation produces a decisive positive ecological effect with its stipulation that components of waste that contain usable energy have to be used for the recovery of energy. If energy production takes place at plants with emission protection standards comparable to those of the classic waste incineration plant (as is the case at Lenzing) and with a high energy efficiency, more favourable (global) results in ecological terms can be obtained with splitting and stabilization options (than with mono-incineration).

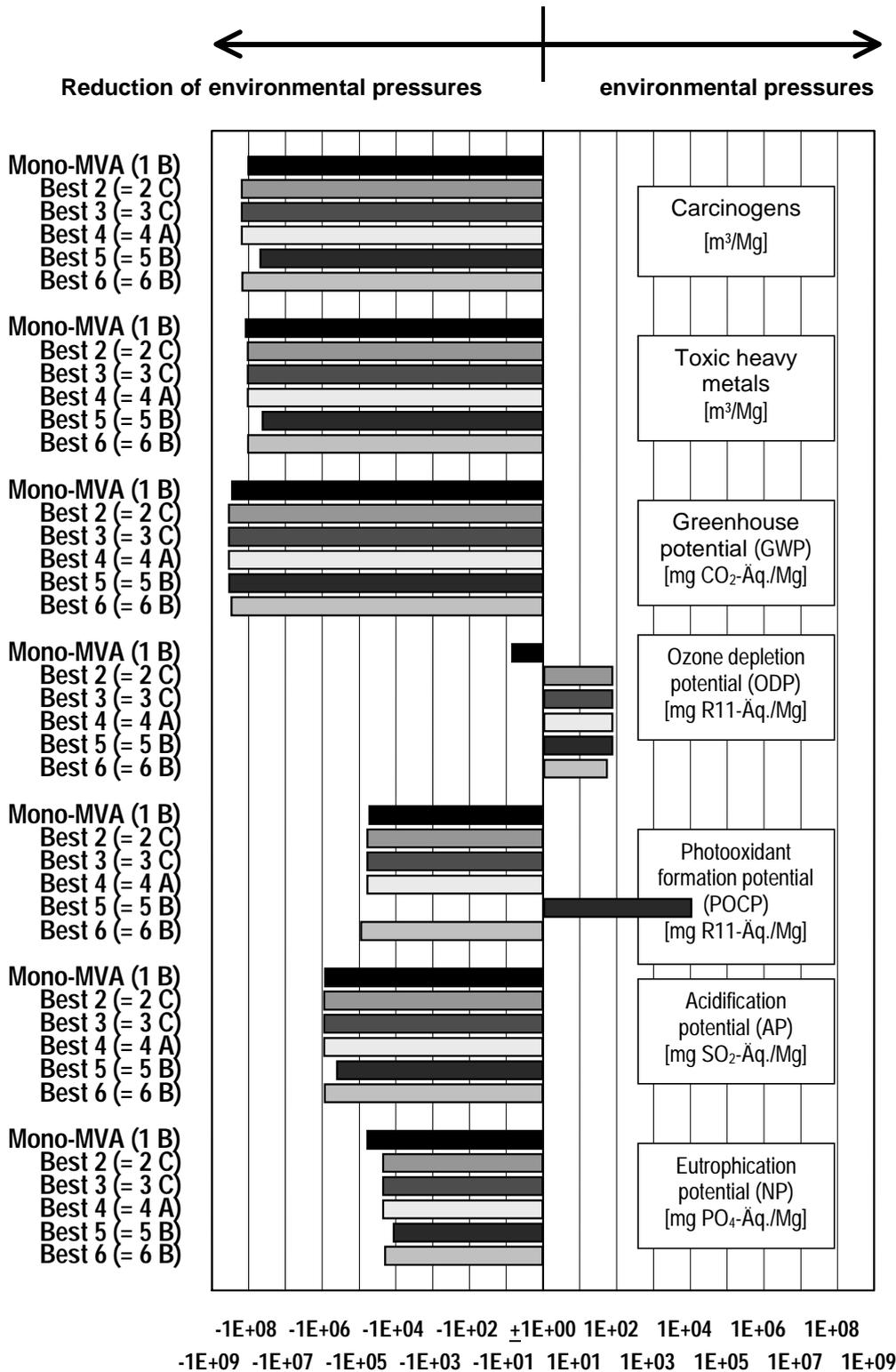


Fig. 5: Toxicological effect categories and environmental impact potentials of best individual splitting and stabilization options compared with those of mono-incineration of waste in the existing Wels waste incineration plant (air pathway) (negative values = reduction of environmental impacts; positive values = environmental impacts)

- **NEED FOR ACTION AND FUTURE ROLE OF THE MECHANICAL-BIOLOGICAL TREATMENT OF WASTE IN AUSTRIA**

The results show that to implement an ecologically acceptable standard (contrary to the current status) measures will have to be taken to reduce emissions from the mechanical-biological treatment of waste and from industrial co-incineration plants.

For the mechanical-biological treatment of waste exhaust-air cleaning standards have to be applied. The results in the relevant categories (except POCP) are equivalent if filter efficiency is high. TOC was calculated in this study with a filter efficiency as high as it can be reached with the thermal-regenerative exhaust-air cleaning process. For this parameter a limitation of the emission load (in g/Mg_{input}) seems necessary in general. For the present study, remaining under the proposed German limit value of 55 g/Mg_{input} (NMVOC) (draft of the 29th ordinance for the mechanical-biological treatment of pollutants of 13th April 2000) was assumed for the best option. Furthermore NH₃ was to be separated. If biofilters are used for exhaust-air cleaning, formation of NO and N₂O must be avoided just as other potential secondary emissions after exhaust-air cleaning have to be controlled.

As for industrial co-incineration, the air emission standards for co-incineration plants have to be adjusted to the strict standards for waste incineration plants. There are equivalent options at the local level if the standard of the exhaust-air treatment is comparable to that of the Austrian waste incineration plants. With industrial co-incineration, there is need for action (according to local and global results) in particular with regard to volatile heavy metals.

Residual emissions from landfill material may prevent equivalent results in individual categories. Therefore suitable technical standards and an effective oxidation of methane ($\eta > 80\%$) are necessary.

For the incineration of waste the current Austrian emission level should be kept to, and also in the case of new installations. Deposition of slag from waste incineration plants turns out to be a positive factor for the water pathway and should also be kept to. If a new installation has the energy potential for a combined heat and power system or industrial steam generation, the use of this potential will produce clear benefits in the ecobalance.

- **RESULT**

In general, the demand for an improvement of ecological standards encounters criticism because it entails additional costs. The results of this study show that this will apply to *the methods of the mechanical-biological treatment of waste in combination with co-incineration of high-calorific fractions*.

The future role of the mechanical-biological treatment of waste (stabilization or splitting method) will be to play a part in the market competition of waste industry and its different solutions. To avoid distortions, the desirable competition between alternative options of residual waste disposal will have to take place at a comparable ecological level.

The competition at cost level will essentially have to be decided at the relevant sites. It will therefore be necessary to set clearer standards for acceptable solutions of the mechanical-biological treatment of waste in the relevant ordinances so that imminent and current decision processes can be supported.

Table 4 below gives a summary of standards which are important for obtaining ecologically acceptable results and which have been derived from the calculations of the above options.

Table 4: Important standards for individual treatment stages

Treatment stage	Standard
Mechanical-biological treatment of waste	<u>Plant</u> Minimization of air emissions, in particular of <ul style="list-style-type: none"> • Organic substances (load limitation) • NH₃
	<u>Landfill</u> <ul style="list-style-type: none"> • H₀ < 6.000 kJ/kg dry substance • AT₄ < 5 mg O₂/g dry substance (also GB₂₁ < 20 NI/kg d.s.) • Effective oxidation of methane η > 80%
Incineration of waste	<u>Waste incineration plant</u> Uphold <ul style="list-style-type: none"> • Current emission standard in Austria (Wels, Spittelau, Floetzersteig) • Pretreatment and depositing on landfills of clinker and keep • Underground dumping of waste incineration dusts and salts
	<u>Industrial combined combustion (co-incineration)</u> Reduction of air emissions. This means that <ul style="list-style-type: none"> • Separation and transfer (to underground dump) of heavy metals or retrofitting of parts of installations will be required. Depending on the individual plant, further exhaust air optimizing may be required for <ul style="list-style-type: none"> • NO_x • SO₂ • HCl • dust • mercury

• CONCLUSION

The aim of the study was not to decide which disposal method (waste incineration or combined methods which include mechanical-biological treatment) is best from the ecological point of view. Comparing the methods proves difficult since waste incineration is a method which is carried out routinely at reliable plants whereas optimized mechanical-biological treatment can only be worked on with the help of models and theories.

To allow a simple statement, the mechanical-biological treatment of waste is a given fact in Austria. So a far more interesting question will have to be answered: How can the standard of mechanical-biological treatment of waste be raised to one that is acceptable from the ecological point of view? To answer this question, not only the mechanical-biological treatment itself, but also the subsequent disposal stages have to be considered.

The greatest effect in obtaining acceptable results for methods of the mechanical-biological treatment of waste combined with the incineration of high-calorific fractions has been achieved by the Austrian calorific value regulation ($H_0 < 6.000$ kJ/kg dry substance for the landfill fraction) which provides for a high (quantitative) recovery level.

The disadvantage which remains with combined methods is their low pollutant concentration efficiency (despite efforts to optimize individual treatment stages) compared to waste incineration plants (96).