

Potenziale der ländlichen Restabfallentsorgung

M. Koller, T. Hermann, S. Plickert

1 Vorbemerkung

In Deutschland beträgt das jährliche Restabfallaufkommen ca. 40 Mio. Mg. Das entspricht einem Pro-Kopf-Betrag von etwa 500 kg Restabfall. Unter Restabfall werden die nach der Getrennsammlung von Wert- und Problemstoffen (Glas, Papier, Verpackungsmaterialien, Batterien, Haushaltschemikalien) verbleibenden häuslichen Abfälle, der gemeinsam damit erfasste Geschäftsmüll, der gesondert angelieferte hausmüllähnliche Gewerbeabfall, Straßenreinigungs- und Marktabfälle sowie die Sortierreste aus der Wertstoffaufbereitung verstanden. Die Technische Anleitung für Siedlungsabfälle (TASi) von 1993 schreibt vor, daß diese Abfälle vor der Deponierung behandelt werden, um die Umweltverträglichkeit der Restabfallentsorgung zu gewährleisten. Langfristig wird von der Bundesregierung angestrebt, die Restabfälle vollständig in den Wirtschaftskreislauf zurückzuführen und so deren Deponierung überflüssig zu machen (BAAKE 1999).

Die Verwertungsmöglichkeiten für Restabfälle liegen im stofflichen Bereich in einer Rückführung verbleibender Wertstoffe in die Produktionsprozesse sowie im energetischen Bereich in der Oxidation der fossilen und nativ-organischen Bestandteile mit dem Ziel der Bereitstellung von elektrischer und thermischer Energie (vgl. Abbildung 1). Während für die energetische Verwertung der fossilen Organik nur thermische Verfahren wie die Müllverbrennung in Frage kommen, kann die nativ-organische Fraktion auch in sogenannten mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen (MBA) abgebaut werden, auf aerobem Wege in Rotteverfahren oder auf anerobem Wege in der Vergärung.

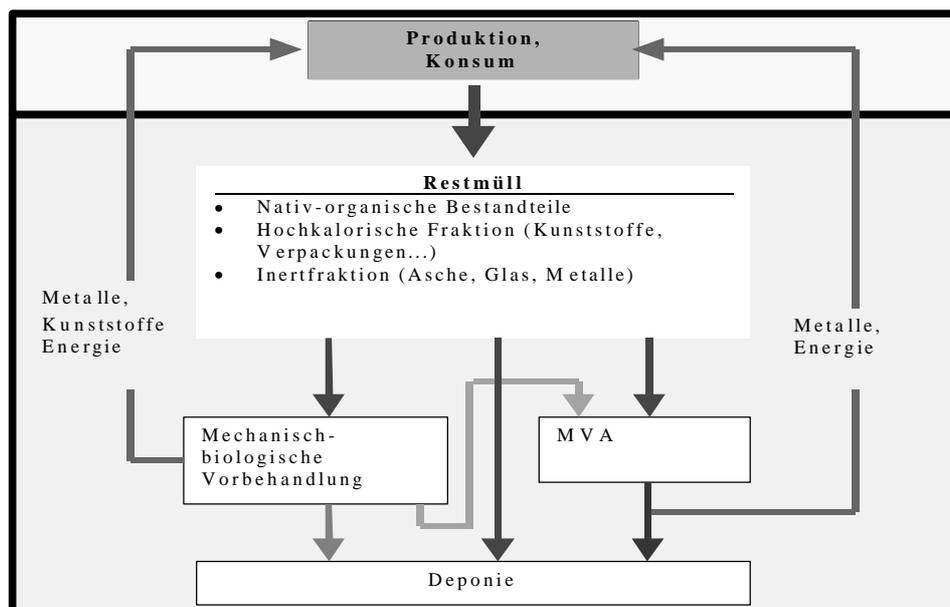


Abb. 1 Stoffstromoptionen der Restabfallbehandlung

Eine vollständige Verbrennung des Restabfalls stößt im ländlichen Raum auf logistische und ökonomische Grenzen, da Müllverbrennungsanlagen erst ab einer Größe von etwa 100.000 Mg/a ökonomisch betrieben werden können. In dünnbesiedelten Regionen wären daher für die Auslastung einer MVA sehr große Einzugsgebiete notwendig, die wegen der langen Transportwege zu erheblichen ökonomischen und ökologischen Zusatzbelastungen führen würden. Im Hinblick auf die Forderung nach „Nachhaltigkeit“ der Abfallentsorgung sind für ländliche Regionen daher angepasste Entsorgungskonzepte auf der Basis mechanisch-biologischer Behandlungsverfahren zu entwickeln. Diese müssen über eine stoffstromorientierte Verfahrensgestaltung die weitgehende Ausschleusung von stofflich oder energetisch zu verwertenden Fraktionen zum Ziel haben, um eine zur thermischen Behandlung gleichwertige Entsorgung sicherzustellen. Dies beinhaltet auch die Verwertung einer hochkalorischen Fraktion in MVA, Kraftwerken oder industriellen Feuerungsanlagen.

Im Folgenden werden die ökologischen Potenziale einer stoffstromspezifischen Restabfallentsorgung unter besonderer Berücksichtigung der ländlichen Siedlungsstrukturen und der dortigen Restabfallsammensetzung betrachtet.

2 Stoffstromkonzepte der Restabfallentsorgung

Restabfall enthält eine Reihe von Stoffen oder Fraktionen, die im Rahmen einer stoffstromspezifischen Behandlung ausgeschleust und stofflich oder energetisch genutzt werden können. Mit Ausnahme der stofflichen Nutzung von Kunststoffen und der stofflichen oder energetischen Nutzung der Leichtfraktionen können die in Tab. 1 genannten Maßnahmen unabhängig voneinander durchgeführt werden – je nach gegebenen ökonomischen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen.

Tab. 1 Wertstoffausschleusung aus dem Restabfall

Stoff/Fraktion	Nutzung	Ort
nativ-organische Bestandteile	Nutzung des durch Vergärung gewonnenen Biogases als Energieträger	Anlagen zur Energieerzeugung (z. B. Blockheizkraftwerke)
Kunststoffe	Stoffliche Nutzung (Wieder- oder Weiterverwertung)	externe Aufbereitung und Recycling
Leichtfraktion	Stoffliche/energetische Nutzung bzw. energetische Nutzung	MVAs, Energieerzeugungs- und industrielle Feuerungsanlagen
NE-Metalle	Stoffliche Nutzung	externe Aufbereitung und Recycling
Fe-Metalle	Stoffliche Nutzung	externe Aufbereitung und Recycling

Die **Abscheidung von Eisen-Metallen** ist bereits weitgehende Praxis in MBAs. Der Anteil der Metalle im Restabfall liegt zwischen 2,5 und 10 Gew.%. Mindestens 75% davon sind der Fe-Fraktion zuzurechnen. Diese kann aus den vorzerkleinerten und homogenisierten Abfällen vergleichsweise einfach über Magnetscheider abgegriffen werden; dabei werden Abscheidegrade von über 95% erreicht.

Nichteisen-Metalle können in mechanisch-biologischen Behandlungsstufen über Wirbelstromabscheider abgetrennt werden, was in der Praxis bislang jedoch kaum erfolgt. Der Anteil an Nichteisen-Metallen im Restabfall beträgt 0,6 bis 2,5% und besteht zu 30 bis 50% aus Aluminium. Auch für die Nichteisen-Fraktion kann bei einer entsprechenden Aufbereitung und Verfahrensgestaltung mit einer Abschöpfungsrate von über 95% gerechnet werden.

Vergärungsverfahren können nicht nur zur Behandlung von organischen Abfällen, sondern auch im Rahmen der mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restmüll eingesetzt werden. Der Restmüll

enthält – auch bei getrennter Biomüllfassung – noch erhebliche Mengen an abbaubarer organischer Substanz. Die Vergärung bietet gegenüber der aeroben Behandlung den Vorteil, daß im Prozess Biogas entsteht, das z.B. in Blockheizkraftwerken genutzt werden kann. Man kann damit von einer energetischen Nutzung des organischen Anteils des Restabfalls sprechen. Die Vergärung einer organischen Teilfraktion des Restabfalls wird bislang überwiegend in Versuchsanlagen erprobt. Bisher liegen daher nur wenige Praxisdaten zur Vergärung als Bestandteil einer MBA vor. Es kann mit einem spezifischen Gasertrag im Bereich von 27,5-96,6 m³/Mg MBA-Input bei einem Methangehalt von etwa 60 % gerechnet werden.

Die **Ausschleusung einer heizwertreichen Leichtfraktion** (Kunststoffe, Papier und Kartons, Verpackungen und Verbundstoffe) erfolgt bislang vornehmlich zum Zweck einer thermischen Verwertung bzw. Beseitigung in Kraftwerken, industriellen Feuerungsanlagen (z. B. Zementwerken) oder Müllverbrennungsanlagen. Der Einsatz von Sekundärbrennstoffen aus Restabfall in Industrief Feuerungen und in Kraftwerken wird kontrovers diskutiert: Neben Vorteilen hinsichtlich des Klimaschutzes durch die Nutzung des Heizwerts der Abfälle ist auch mit Nachteilen hinsichtlich humantoxischer Belastungen insbesondere durch zusätzliche Schwermetallemissionen zu rechnen, da Kraftwerke und industrielle Feuerungsanlagen oft nicht die hohen Emissionsstandards von MVAs einhalten.

Neben der Ausschleusung für eine thermische Verwertung kommt bei den **Kunststoffen** auch eine **stoffliche Verwertung** in Betracht. Es kann mit einem Kunststoffanteil im Restmüll im Bereich von 7-15 Gew.% gerechnet werden. Für die Abschätzungen des ökologischen Potenzials wird im Folgenden angenommen, dass die Kunststofffraktion zu 80% abtrennbar ist, vollständig aus Polyethylen besteht und dass von den abgetrennten Kunststoffen 70% verwertbar sind.

3 Einfluss der Siedlungsstrukturen auf die Abfallzusammensetzung am Beispiel des Landkreises Barnim

Bei der Untersuchung der Restabfallzusammensetzung in ländlichen und städtischen Regionen, ist es von Interesse, welches die Ursachen für eventuell auftretende Unterschiede sein könnten. Dazu muß geklärt werden, welche Größen die Abfallzusammensetzung beeinflussen. Man stößt dabei auf folgende Faktoren:

- Bebauungsart und Siedlungsstruktur
- Bereitgestelltes Behältervolumen
- Bemessung und Höhe der Müllgebühren
- Art der Wertstoffsammlung
- Eigenkompostierung und Biomüllsammlung
- Anteil der Haushalte mit Ofenheizung
- Öffentlichkeitsarbeit der Entsorgungsträger (PLICKERT 1998)

Unterschiede im Restmüllaufkommen einzelner Entsorgungsgebiete, z. B. zwischen Landkreisen und kreisfreien Städten, können weitgehend auf die unterschiedlichen Ausprägungen dieser Einflußfaktoren zurückgeführt werden. so steht beispielsweise die Siedlungsstruktur mit der Haushaltsgröße im Zusammenhang: In Ein-Personen-Haushalten entstehen tendenziell mehr Verpackungsabfälle als in Mehr-Personen-Haushalten, weil unter anderem der Konsum an Fertigerichten in diesen Haushalten höher ist als in „klassischen Familien“. Weiterhin hängen mit der Siedlungsstruktur Faktoren wie „soziale Kontrolle“ oder „Möglichkeit der Eigenkompostierung“ zusammen. In Wohngebieten mit Einfamilienhausbebauung findet meist eine bessere Abtrennung von Wertstoffen statt als in anonymer Mietshausbebauung. Die Bewohner sind stärker für ihre eigene Tonne verantwortlich und spüren Abfallvermeidung direkt bei den Gebühren; es gibt eine gewisse soziale Kontrolle durch die Nachbarn und Gartenbesitzer haben die Möglichkeit der Eigenkompostierung. Das führt dazu, dass das Restmüllaufkommen in solchen Gebieten insgesamt geringer ist und dass der Anteil aussortierbarer Wertstoffe im Restmüll niedriger liegt als in städtischen Wohngebieten (ERFURT 1997).

Wichtig ist jedoch festzustellen, daß zwischen ländlichen Einzugsgebieten und vergleichbaren Siedlungsstrukturen in städtischen Entsorgungsgebieten (mit Einzelhausbebauung) keine wesentlichen Unterschiede bestehen. Hinsichtlich der Abfallzusammensetzung ist folglich weniger zwischen Land und Stadt zu unterscheiden, als zwischen verschiedenen Siedlungsstrukturen bzw. Bauungsarten. Dies wird durch aktuelle Abfallsortieranaysen bestätigt (KRAUSE 2000, ERFURT 1997). Trotzdem kann natürlich festgestellt werden, dass Einfamilienhausbebauung in ländlich geprägten Regionen einen größeren Anteil hat, während in städtischen Gebieten der Anteil von Mietshausbebauung besonders hoch ist.

Anhand von aktuellen Ergebnissen einer Hausmüllsortierung im Landkreis Barnim (GAB 1999) wird im Folgenden untersucht, welche unterschiedlichen ökologischen Wirkungen durch verschiedene Konzepte der stoffspezifischen Behandlung von Restmüll verursacht werden. Darüber hinaus wird dargestellt, wie sich die Variation der Faktoren „Biomüllsammlung“ und „Anteil der Ofenheizung“ auf die ökologische Bewertung auswirkt. In Abbildung 2 sind verschiedene Szenarien einer Hausmüllzusammensetzung im Landkreis Barnim dargestellt. Ausgehend von der aktuellen Hausmüllanalyse ist für die untersuchten Szenarien eine fiktive Hausmüllzusammensetzung nach einer Verringerung des Ofenheizungsanteils um 25% bzw. 50% sowie nach Einführung der Biotonne berechnet worden.

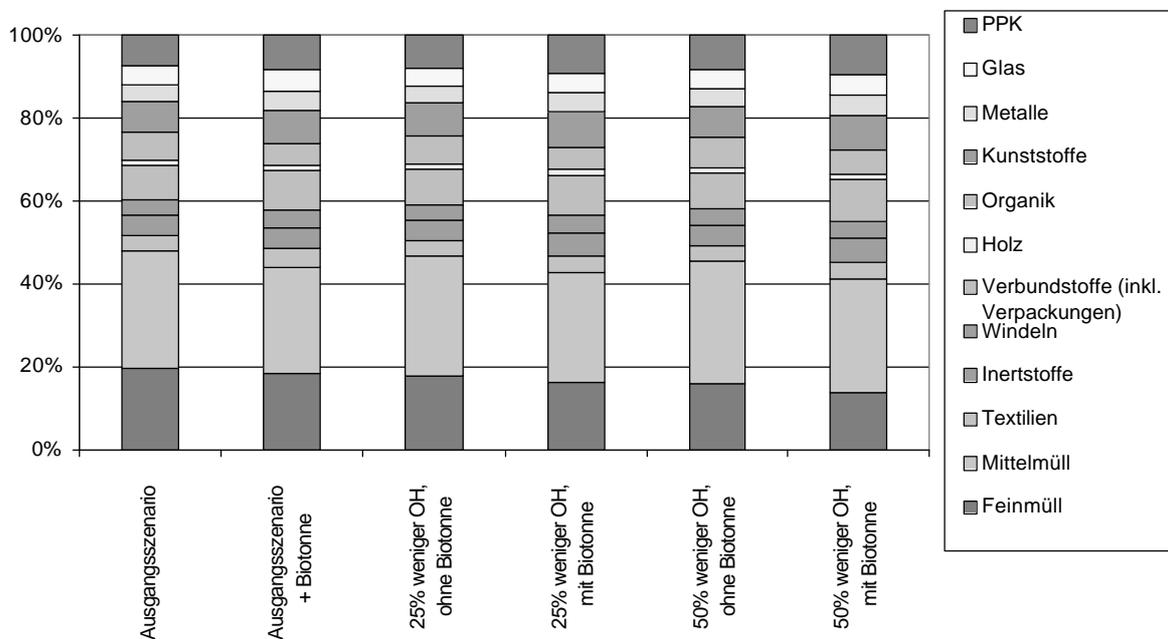


Abb. 2 Szenarien der Hausmüllzusammensetzung im Landkreis Barnim (eigene Berechnung anhand der Angaben aus GAB 1999)

Die Einführung der Biotonne führt in den entsprechenden Szenarien zu einer Senkung des Mittel- und Feinmülls und der Organikfraktion. Die Verringerung des Ofenheizungsanteils hat durch den geringeren Ascheeintrag in den Restmüll vor allem eine Verringerung der Feinmüll-Fraktion zur Folge.

4 Vorgehensweise zur ökologischen Bewertung

Für die Abschätzung des ökologischen Potenzials der ländlichen Restabfallentsorgung wurde ein Ansatz gewählt, der sich in der grundsätzlichen Vorgehensweise an die Methodik der Ökobilanzierung (nach ISO EN 14040) anlehnt. Eine solches Vorgehen hat sich in den letzten Jahren bei der Bewertung von Abfallentsorgungsoptionen in zahlreichen Studien bewährt und durchgesetzt (SOYEZ et al.1999, KOLLER et al. 1999).

Die wesentlichen Schritte einer Ökobilanz sind

- die Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen,
- Sachbilanz,
- Wirkungsabschätzung und
- Auswertung.

Bei der Wirkungsabschätzung werden die Ergebnisse der Sachbilanz im Hinblick auf die (ökologischen) Schutzziele beurteilt und Umweltproblembereichen, sogenannten Wirkungskategorien, zugeordnet. Der Zusammenhang zwischen Schutzziele, Umweltwirkungen und den hierfür verantwortlichen Schadstoffen wird in Abbildung 3 veranschaulicht.

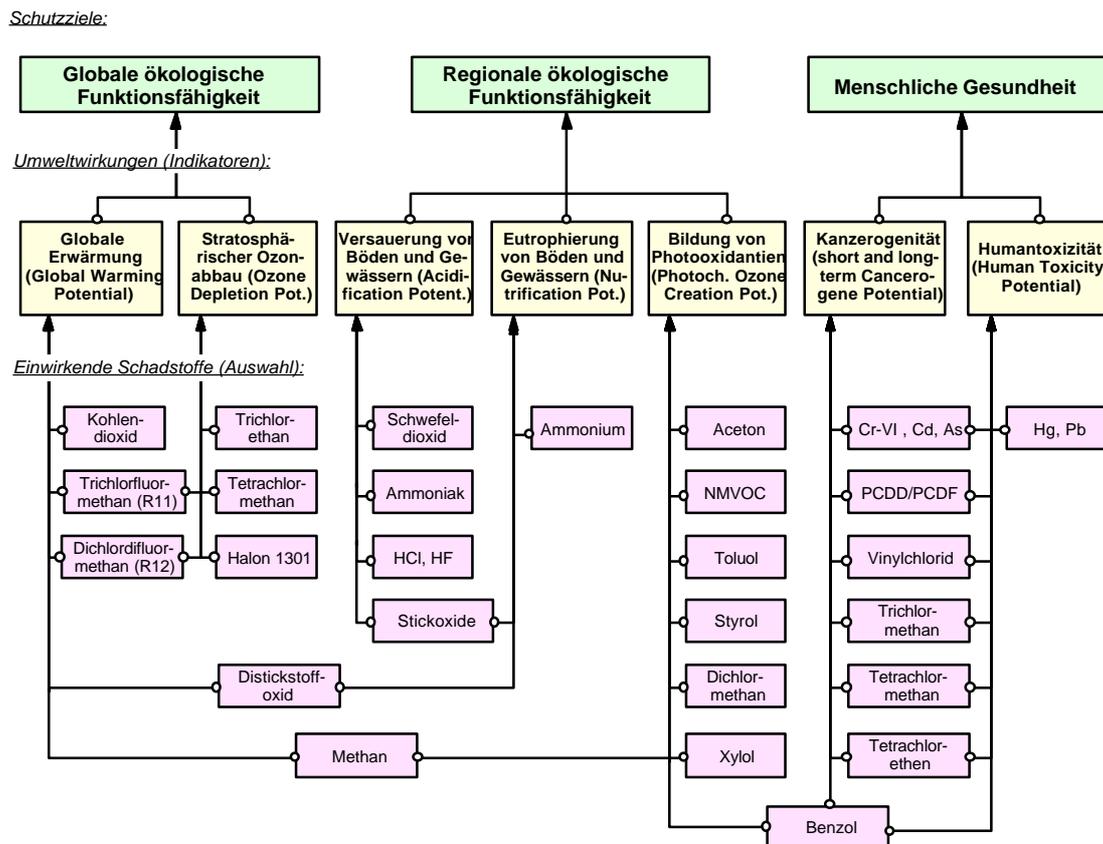


Abb. 3 Zusammenhang zwischen Schadstoffemissionen und Schutzziele

Neben der Zuordnung zu übergeordneten Schutzziele lassen sich die Bewertungsgrößen auch hinsichtlich ihrer ökologischen Relevanz und ihres spezifischen Beitrags charakterisieren.

Die Einschätzung der **ökologischen Relevanz** drückt aus, dass die einzelnen Umweltwirkungen ein unterschiedliches Gefährdungspotenzial für den Menschen oder die Natur in sich bergen, z. B. hinsichtlich ihrer Reichweite, ihrer Umkehrbarkeit oder ihrer zeitlichen Erstreckung.

Mit der Angabe des **spezifischen Beitrags** werden die für das betrachtete System ermittelten Werte der Sachbilanz und/oder der Wirkungsabschätzung auf ein definiertes Vergleichssystem (z. B. ein Land) bezogen, d. h. in Bezug zu den Gesamtemissionen bzw. Gesamtwirkungspotenzialen dieses Vergleichssystems gesetzt. Der spezifische Beitrag spiegelt demnach den Anteil (in %) wider, den das

ermittelte Wirkungspotenzial an dem gesamten Wirkungspotenzial in dem Bezugssystem hat. In den folgenden Abbildungen wurden als Bezugssystem die nationalen Gesamtemissionen gewählt¹.

5 Bewertung der Stoffstromoptionen

Die Auswertung der Bilanzierung zeigt, dass sich für alle zusätzlichen Varianten der Ausschleusung und Verwertung von Wertstoffen aus dem Restmüll (Stoffstromoptionen) positive Effekte einstellen. In Abb. 4 ist dargestellt, welche ökologischen Effekte die einzelnen Stoffstromoptionen auf verschiedene Wirkungskategorien haben. In den vier Teilen der Abbildung sind die Effekte auf die Wirkungskategorien Globale Erwärmung (GWP), Versauerung (AP), kritischen Luftvolumina (Maß für die Belastung mit toxischen Substanzen) und auf das Sommersmogpotenzial (POCP) dargestellt. Negative Werte bedeuten in der Gesamtbilanz eine Gutschrift und weisen auf eine Umweltentlastung hin. Die Umweltentlastungen entstehen dadurch, dass durch die Verwertungsmaßnahme Primärstoffe substituiert und dadurch die mit deren Herstellung verbundenen Emissionen und negativen Umwelteffekte eingespart werden. Außerdem werden bei der energetischen Verwertung der heizwertreichen Fraktion bzw. des bei der Vergärung gewonnen Biogases andere Energieträger substituiert.

Mit Ausnahme der Verwertung einer hochkalorischen Fraktion in Zementwerken, ergeben sich bei keiner Variante zusätzliche Umweltbelastungen in den einzelnen Bewertungskriterien. Bei einer Verwertung hochkalorischer Fraktionen in Zementwerken erhöhen sich durch die Schwermetallemissionen die kritischen Volumina, das Sommersmog- und das Versauerungspotenzial.

Die aus den in Kap. 3 beschriebenen Szenarien resultierenden unterschiedlichen Abfallzusammensetzungen haben nur einen geringen Einfluss auf die Ergebnisse der ökologischen Bewertung der verschiedenen Varianten. Bezogen auf die Tonne Restabfall ergeben sich für die Optionen Metallrecycling, hochkalorische Fraktion ins Zementwerk und stoffliche Verwertung der Kunststofffraktion höhere Gutschriften je geringer der Ofenheizungsanteil (geringerer Ascheanteil) und je höher der Anteil der Bioabfallgetrennsammlung ist. Für die Vergärung (hier nicht dargestellt) gilt dagegen bezüglich des Organikanteils die entgegengesetzte Aussage. Hier steigen die Gutschriften mit höheren Organikanteilen also geringerer Bioabfallabtrennung, da dies entsprechend höhere Gasausbeuten zur Folge hat.

In Abbildung 5 werden verschiedene Varianten der Restabfallbehandlung bezüglich ihrer Umweltauswirkungen verglichen. Die zwei Intensivvarianten in der Abbildung (Intensiv-MBA bzw. optimierte Intensiv-MBA) repräsentieren in Bezug auf die Stoffausschleusung zwei gegensätzliche Entsorgungskonzepte. Während in der Variante Intensiv-MBA nur eine Abscheidung der Fe-Fraktion vorgenommen wird, beinhaltet die Variante optimierte Intensiv-MBA auch eine Vergärungsstufe für die organische Feinfraktion, die Ausschleusung von Aluminium für die Wiederverwertung, die Ausschleusung von Kunststoffen für eine Weiterverwertung und die Ausschleusung der (danach noch verbleibenden) hochkalorischen Fraktion für die Verwertung in industriellen Feuerungsanlagen (Zementwerk).

Deutlich erkennbar sind enormen Verbesserungen für die mechanisch-biologische Restabfallbehandlung, die bei einer Kombination verschiedener Verwertungsmaßnahmen erzielt werden können. Die MBV kann dadurch in fast allen Bewertungsgrößen in der Gesamtbilanz Umweltentlastungspotenziale erzielen und mit Ausnahme des Bewertungskriteriums Ozonabbau mit der MVA zumindest gleichziehen. Gegenüber der Intensiv-MBA ohne Stoffstromausschleusung kommt es nur hinsichtlich der Emission langfristiger wirkender Kanzerogene zu einer Verschlechterung, die durch die vergleichsweise höheren Schwermetallemissionen bei einer Verwertung hochkalorischer Fraktionen im Zementwerk verursacht wird.

¹ Wenn z. B. eine untersuchte Entsorgungsoption bundesweit mit 10.900.000 Mg CO₂-Äquivalenten zum Treibhauseffekt beitragen würde, entspräche dies bei einer nationalen Gesamtemission von 1.090.033.000 Mg CO₂-Äquivalenten einem spezifischen Beitrag zum Treibhauspotenzial von 1%.

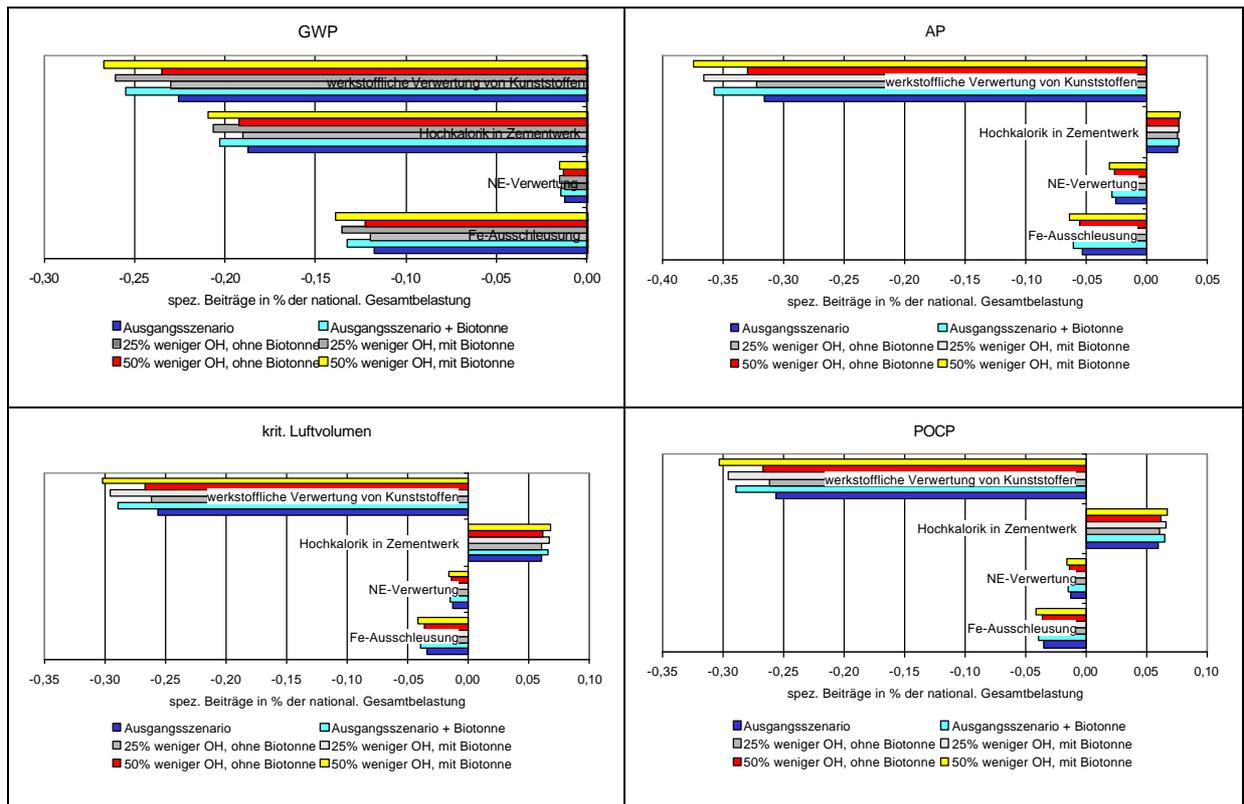


Abb. 4 Einfluss der Abfallzusammensetzung auf ausgewählte Bewertungskriterien

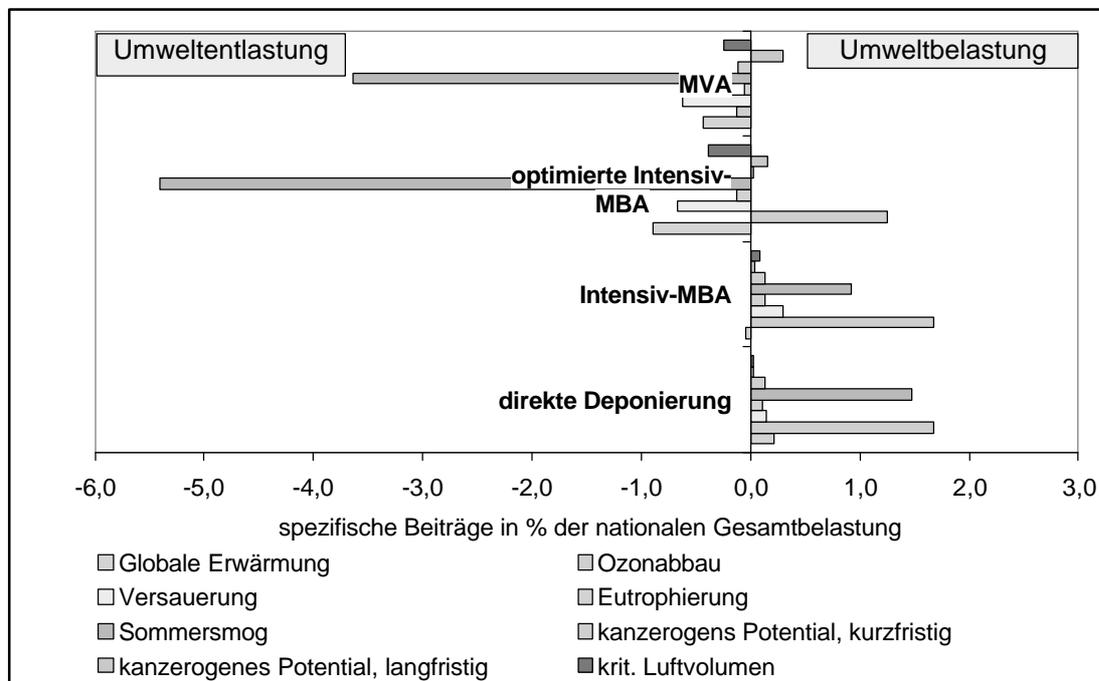


Abb. 5 Abfallentsorgungsoptionen im Vergleich

6 Ausblick

Ländliche Regionen haben aufgrund ihres hohen Anteils an Einfamilienhausbebauung ein anderes Restmüllaufkommen als städtisch geprägte Gebiete. Der Anteil nicht aussortierter Wertstoffe ist geringer als in städtischen Restabfällen. Dadurch ist auch das gesamte Restabfallaufkommen niedriger.

Die stoffspezifische Restabfallbehandlung mit der Ausschleusung von Wertstoffen hat gegenüber der reinen Deponierung oder Verbrennung ökologische Vorteile. Dies gilt besonders für ländliche Regionen, da durch die Trennung der Fraktionen unnötige Transportaufwendungen eingespart werden können. Mit der stoffstromspezifische Beseitigung bzw. Rückführung von Restabfällen bietet sich damit auch für ländliche Regionen die Chance, den Anforderungen einer nachhaltigen Abfallwirtschaft gerecht zu werden. MVAs sind in ländlichen Regionen wegen ihrer wirtschaftlich bedingten Mindestgröße und dem daraus resultierenden großen Einzugsgebiet nicht sinnvoll.

Die Verringerung der Organikfraktion im Restabfall, entweder durch Einführung der Biotonne oder verstärkte Eigenkompostierung sowie die Verringerung des Ofenheizungsanteils führen bei der Restabfallbehandlung zu weiteren ökologischen Verbesserungen.

7 Literatur

- BAAKE 1999 Baake, R.: BMU legt Eckpunkte für die Zukunft der Entsorgung von Siedlungsabfällen vor. BMU-Pressemitteilung, Bonn 20.08.99
- ERFURT 1997 Stadt Erfurt: Abfallentsorgung und Wertstoffsammlung in unserer Stadt. Internetseite <http://umwelt.ew.ph-erfurt.de/projekte/abfallor/aufkepr1>
- FRICKE et al. 1999 Fricke, Dr. K.; Müller, Dr. W. et al.: Stabilisierung von Restmüll durch mechanisch-biologische Behandlung und Auswirkungen auf die Deponierung. Kurzfassung des Endberichts zum BMBF-Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, Teilvorhaben 2/1, Witzenhausen, Juli 1999
- GAB 1999 GAB: Hausmüllanalyse Landkreis Barnim 1998. Internetseite <<http://www.gab.barnim.de/hmana/hmana.htm>> und nachfolgende Seiten
- KOLLER et al. 1999 Koller, M.; Thrän, D.; Hermann, T. et al.: Ökologische Bewertung der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung, In: Tagungsband Ergebnispräsentation des BMBF-Verbundvorhabens, Potsdam, 7.-8.9.1999, S. 25-42
- KRAUSE 2000 Telefonat mit Frau Krause, Umweltamt Kreis Uckermark, vom 11. April 2000
- PLICKERT 1998 Plickert, S.: Ermittlung des Hausmüllaufkommens aus dem Güterumsatz : Entwicklung eines Rechenmodells unter besonderer Berücksichtigung der Einflußgrößen in den Kreisen des Landes Brandenburg. Berlin: TU, Fachbereich 06, Diplomarbeit März 1998
- SOYEZ et al. 1999 Soyez, K.; Thrän, D.; Hermann, T.: Testphase abgeschlossen – Zur Einsatzfähigkeit der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung liegen jetzt umfangreiche Ergebnisse vor. In: Müllmagazin 4/1999. Rhombos-Verlag. Berlin 1999.
- SOYEZ et al.1999a Soyez, K.; Koller, M.; Thrän, D. et al.: Systembewertung der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung - Übersicht. In: Tagungsband Ergebnispräsentation des BMBF-Verbundvorhabens, Potsdam, 7.-8.9.1999, S. 1-24

Autoren:

Matthias Koller, Tim Hermann, Sebastian Plickert

Universität Potsdam - UP Transfer GmbH

Zentrum für Umweltwissenschaften

Park Babelsberg 14, Haus 7

D - 14482 Potsdam

Tel.: 0331/977-4477

e-mail: koller@rz.uni-potsdam.de