

Von der Abfall- zur Ressourcenwirtschaft: Brauchen wir noch die Müllverbrennung?

Matthias Kühle-Weidemeier

Wasteconsult International

From waste to resource management – The future of waste management

Abstract

With regard to the shortage and price increase of resources it is important to break new ground in waste management to support sustainable methods of waste treatment in the future.

The following article gives an overview of the availability and the use of raw materials (fossil fuels, metallic and non-metallic) in some important countries in the world. Also, it is shown how CO₂-emissions can be reduced by recycling and valuable resources can be saved for future generations.

Today's methods of waste treatment (mechanical-biological-treatment or waste incineration) are evaluated concerning their feasibility for sustainable waste management.

Finally recommendations on how to reach a sustainable waste management are presented.

Inhaltsangabe

In Hinblick auf die durch Bevölkerungswachstum und Erschöpfung der Lagerstätten bedingte Verknappung und Verteuerung von Rohstoffen ist es sinnvoll, zukunftsfähige Modelle der Restabfallbehandlung zu erarbeiten, um eine ressourcenschonende, umweltgerechte Abfallwirtschaft zu gewährleisten.

Der folgende Beitrag gibt einen Überblick über die Verfügbarkeit und den Verbrauch verschiedener Rohstoffe (Energierohstoffe und metallische bzw. nichtmetallische Rohstoffe) weltweit. Zudem zeigt er, wie durch das Recycling von Materialien, CO₂-Emissionen eingespart werden können und so neben der Ressourcenschonung auch positive Effekte für das Klima zu erzielen sind.

Die heutigen Methoden der Restabfallbehandlung (thermisch und mechanisch-biologisch) werden bezüglich ihrer Eignung für eine zukünftige Abfallwirtschaft unter nachhaltigen Gesichtspunkten bewertet. Der Beitrag schließt mit Handlungsempfehlungen für den künftigen Umgang mit Restabfällen.

Keywords

Ressourcenwirtschaft, Abfallwirtschaft, Ressourcenverbrauch, Rohstoffe, Recycling, Müllverbrennung

waste management, resources, raw materials, waste treatment, incineration

1 Einleitung

Angesichts der baldigen Erschöpfung vieler Rohstoffvorkommen und gleichzeitig steigendem Verbrauch aufgrund von Bevölkerungswachstum und zunehmendem Wohlstand gewinnt die Rückgewinnung von Rohstoffen aus Abfällen stark an Bedeutung. In welchem Maß und in wel-

cher Qualität Rohstoffe aus Restabfällen zurückgewonnen werden können, hängt wesentlich von der Art der Restabfallbehandlung ab. Hierbei stehen sich vor allem mechanische / mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MA/MBA) und thermische Behandlung, also Müllverbrennung (MVA) gegenüber. Gut 80 Gew.-% des deutschen Restabfalls werden thermisch und knapp 20 Gew.-% mechanisch-biologisch behandelt (KÜHLE-WEIDEMEIER, 2005). Wird die Müllverbrennung ihre Vormachtstellung beibehalten können?

2 Rohstoffverbrauch und –vorräte als Einflussfaktoren auf die Abfallwirtschaft

Die Weltbevölkerung wird bis zum Jahr 2050 um 2,4 Milliarden, von 6,7 (Stand 2007) auf ca. 9,1 Milliarden wachsen (mittleres Szenario). Jährlich ist dies ein Zuwachs von durchschnittlich 56 Millionen Menschen (UN, 2009).

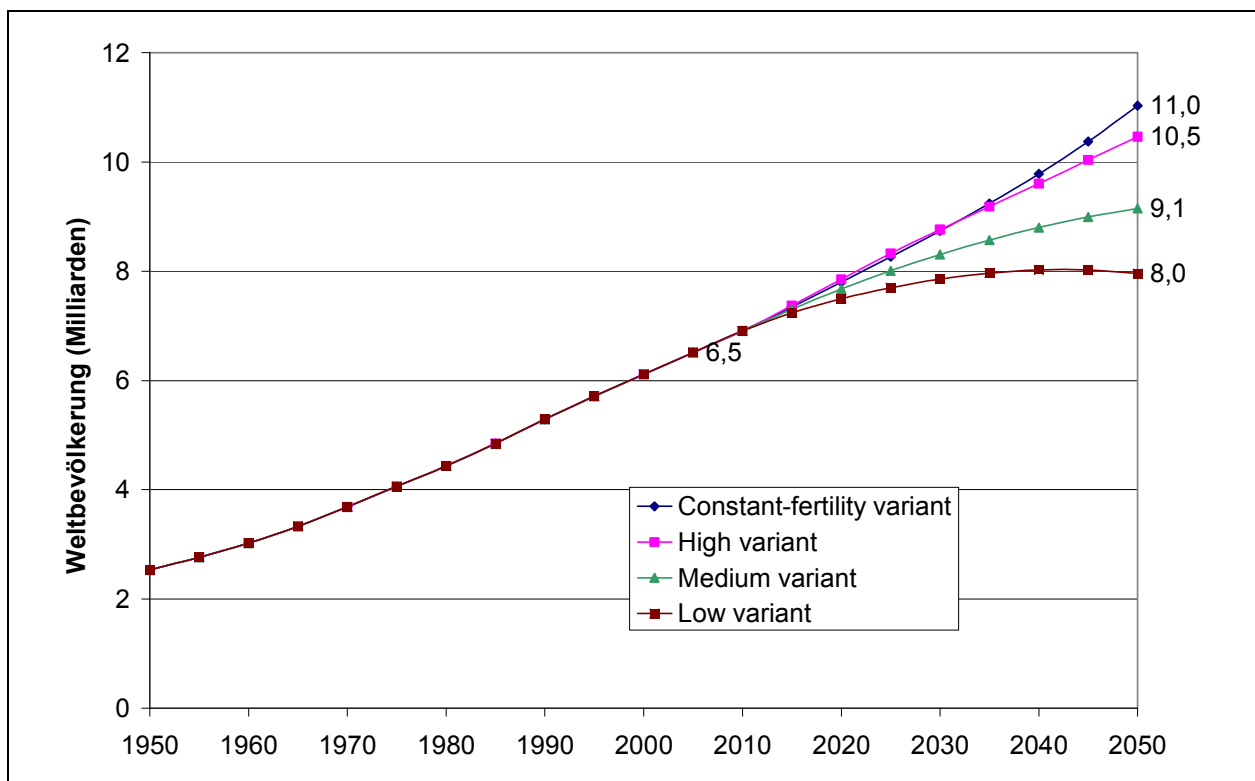
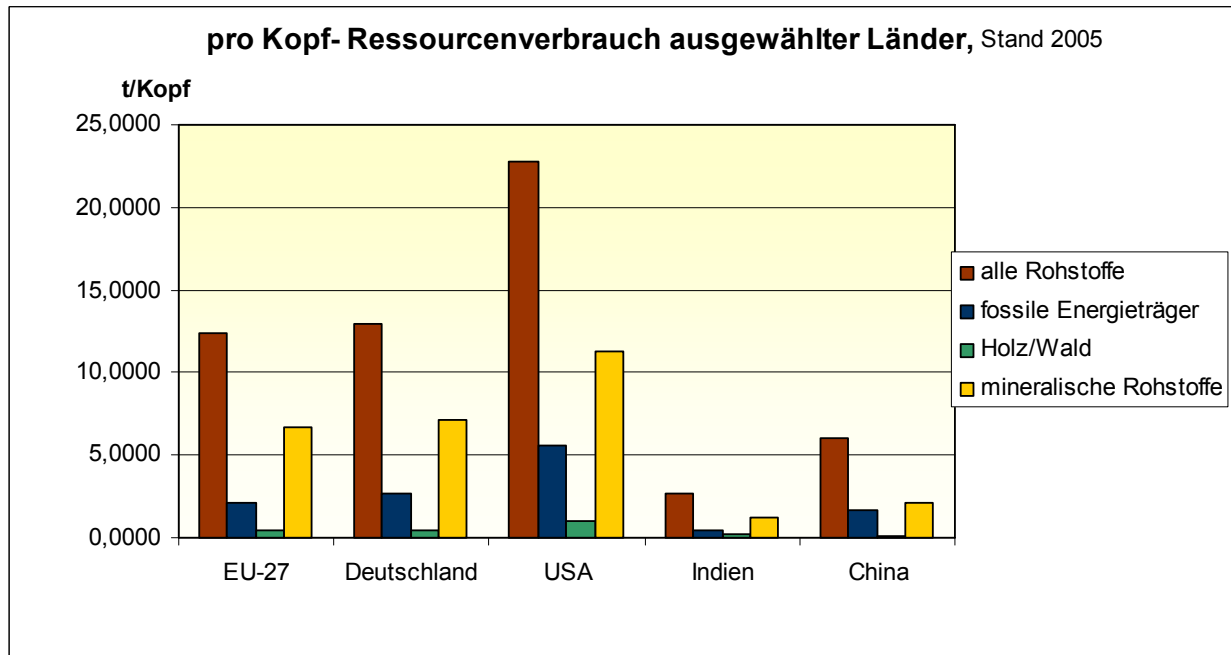


Abbildung 1: Weltbevölkerungsentwicklung (Datenquelle: UN, 2009)

In Abb. 2 ist der pro Kopf-Verbrauch verschiedener Ressourcen in ausgewählten Ländern dargestellt. Die Kategorie „alle Rohstoffe“ umfasst Biomasse (Wald, Nahrungs- und Futtermittel, tierische Biomasse), fossile Energieträger und Mineralien. Beim Verbrauch der fossilen Energieträger nähert sich China bereits an das Niveau Europas an.



*Abbildung 2: Ländervergleich des pro Kopf-Verbrauchs verschiedener Ressourcen
(DATENQUELLE: SERI, 2009)*

Wie ist es nun um die natürlichen Rohstoffvorräte bestellt? Hier ist zwischen Reserven und Ressourcen zu unterscheiden. Reserven sind die bei heutigen Preisen und Fördertechniken wirtschaftlich gewinnbaren Mengen. Ressourcen sind nachgewiesene, aber derzeit technisch und/oder wirtschaftlich nicht gewinnbare Rohstoffe.

Bei den Energierohstoffen hat Erdöl mit etwa 42 Jahren die kürzeste Reichweite; zieht man die Ressourcen in die Betrachtung ein, erhöht sich die Reichweite auf 63 Jahre (BGR 2007). In Hinblick auf das Thema Recycling ist Erdöl vor allem als Grundlage für die Herstellung von Kunststoffen relevant.

Metallische und mineralische Rohstoffe sind in der öffentlichen Diskussion um Rohstoffknappheit noch nicht so präsent wie Energierohstoffe, obwohl bei wichtigen und kaum ersetzbaren Metallen die Reserven noch deutlich eher erschöpft sein werden. Auch die für die industrielle Landwirtschaft unentbehrlichen Phosphatvorkommen werden in 122 Jahren verbraucht sein. (BARDT 2008).

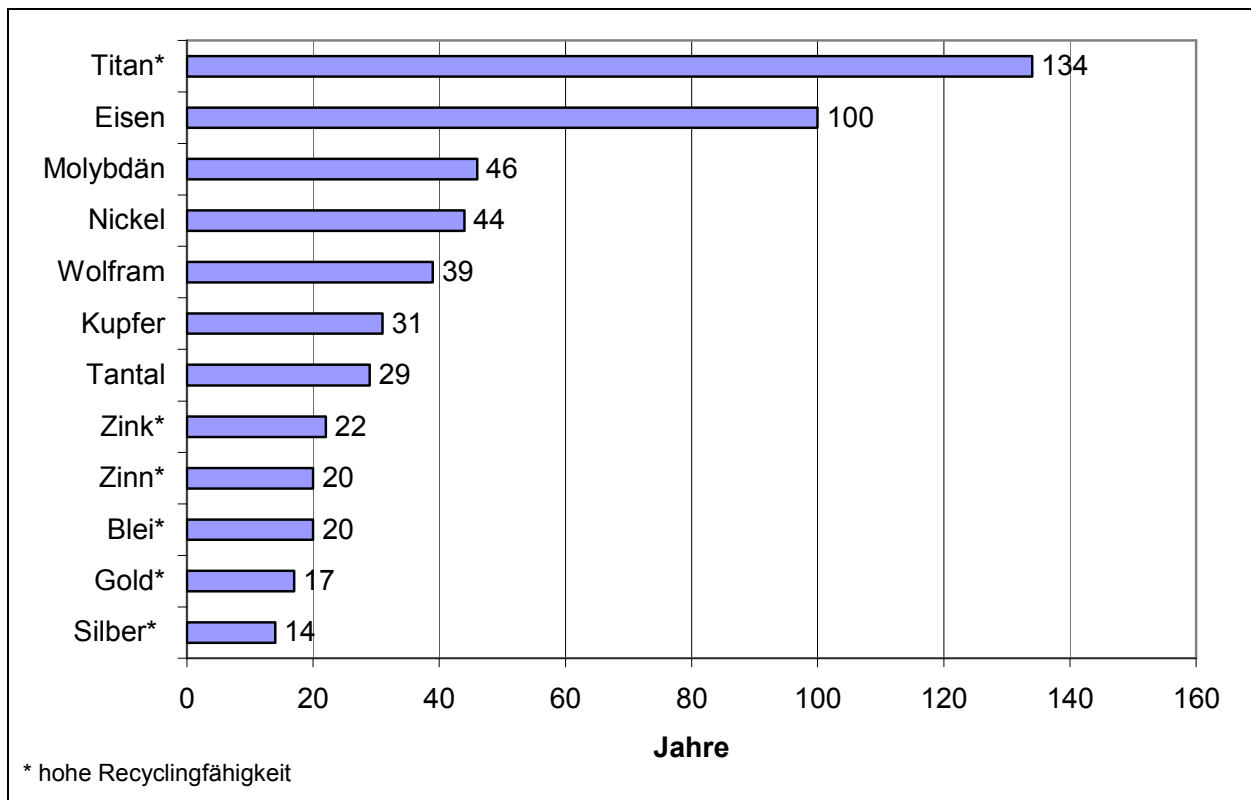


Abbildung 3: Reichweite der Reserven metallischer Rohstoffe (DATENQUELLE: BARDT 2008)

Abb. 3 zeigt die statische Reichweite (heute sichere und wahrscheinliche Vorräte bei einer konstanten Produktion) einiger Metalle. Eine Erhöhung der Nachfrage und der Produktionsmengen ergäbe eine Verkürzung dieser Reichweiten.

Steigende Nachfrage und schrumpfende Vorräte spiegeln sich auch in der Entwicklung der Rohstoffpreise wider, die bei Metallen von 2005 bis 2008 um durchschnittlich 235% anstiegen, die Preise für Eisenerz und Stahlschrott sogar um 385% (BARDT 2008). Der derzeitige Preiseinbruch dürfte eine vorübergehende Erscheinung sein.

Die Preise von Kunststoffregnanulaten (PE-LD, PE-HD) sind von 2003 bis Sommer 2008 um 50-100% gestiegen. Mit einsetzender Wirtschaftskrise im zweiten Halbjahr 2008 kam es aber auch hier zu einem massiven Preiseinbruch. Ähnlich sieht es bei den Händlerpreisen für Altpapier aus (Abb. 4).

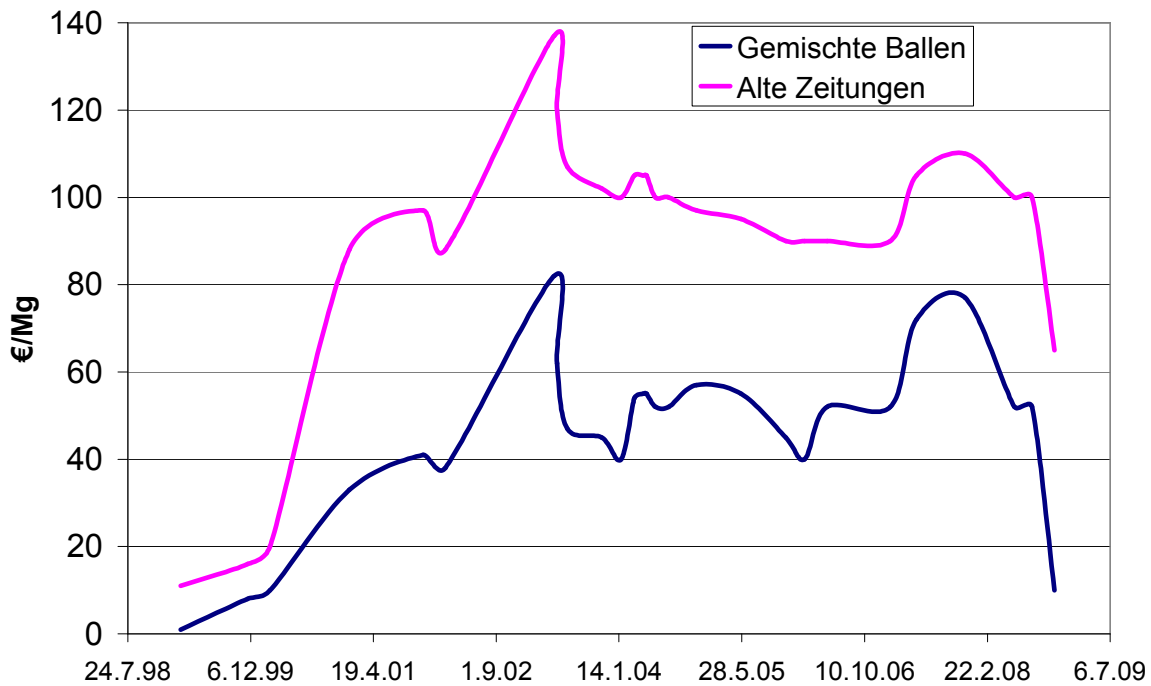


Abbildung 4: Händlerpreise Altpapier (Datenquelle: EUWID)

3 Reduktion von Energieverbrauch und CO₂- Emissionen durch Recycling

Recycling ist auch ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz. Das Fraunhofer-Institut UMSICHT untersuchte 2008 im Auftrag von INTERSEROH die CO₂-Emissionen bei der Erzeugung von Primär- und Sekundärprodukten aus Polyethylen (PE), Polyethylenterephthalat (PET), Kupfer, Aluminium, Stahl, Holz und Papier, Pappe, Karton (PPK).

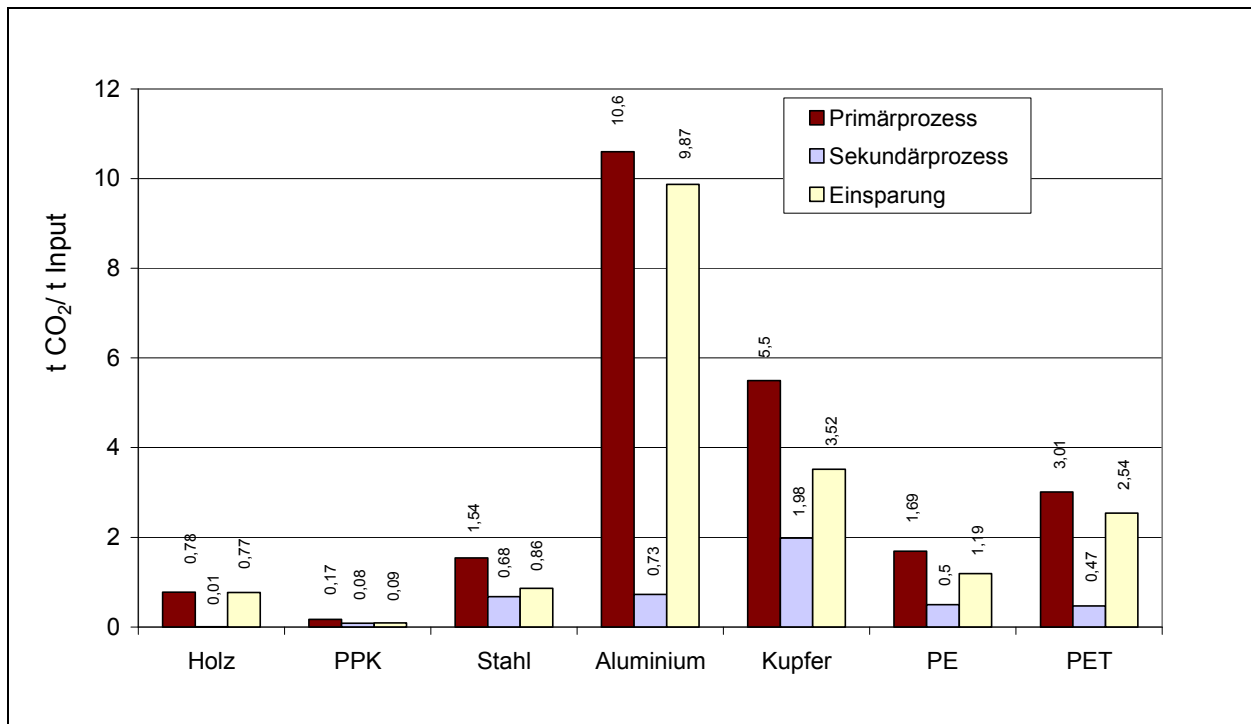


Abbildung 5: CO₂-Emissionen bei der Produktion von Primär- und Sekundärrohstoffen
(Datenquelle: Interseroh, Umsicht, 2008)

Bei allen untersuchten Materialien sind die Einsparungen massiv. Eine Papierfaser lässt sich allerdings nur 5-7-mal recyceln. Kunststoffe sind nur begrenzt wiederverwertbar, da beim Recycling eine Abnahme der Molekülketten erfolgt. Die hohen Einsparungen durch Kunststoffrecycling ergeben sich sogar unter der Berücksichtigung der langen Transportwege nach Südostasien, wo die meisten Kunststoffe recycelt werden.

4 Eignung von Restabfallbehandlungsverfahren für die Anforderungen einer nachhaltigen Abfallwirtschaft

4.1 Mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA)

4.1.1 Stand heute

Abbildung 6 zeigt die Stoffstrombilanz der deutschen MBAs (KÜHLE-WEIDEMEIER ET AL., 2007). Die Ausbeute an Materialien, die einer stofflichen Wiederverwertung zugeführt werden, ist nicht sehr hoch. Aus etwa 4,9 Mio. Mg/a Input werden ca. 10.000 Mg NE-Metalle und ca. 127.000 Mg Fe-Metalle ausgeschleust. Der größte Teil des Anlagenoutputs sind heizwertreiche Fraktionen, die einer energetischen Verwertung (Verbrennung) zugeführt werden. Die nächst größere Teilmenge wird deponiert (ca. 1.060.000 Mio. Mg).

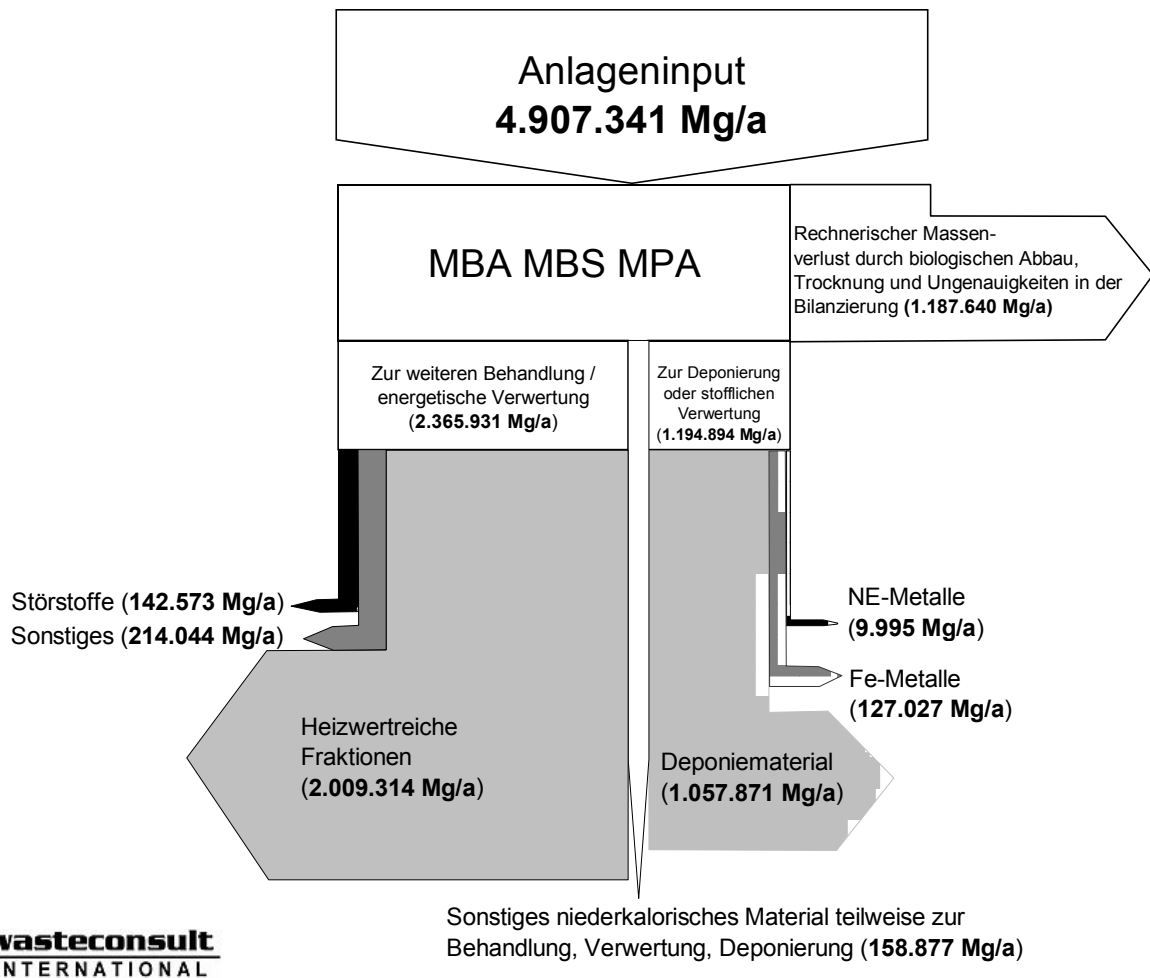


Abbildung 6: Stoffstrombilanz der deutschen MBAs (Kühle-Weidemeier et al., 2007)

4.1.2 Bewertung

Die mechanisch-biologische Abfallbehandlung vor der Deponierung verschwendet zur Zeit noch Energie und Rohstoffe. Eine autarke Energieversorgung oder Energiegewinnung kann nur durch Anlagen erreicht werden, die durch anaerobe Behandlung Biogas produzieren. Die Fraktion, die für eine Deponierung vorgesehen ist, enthält wertvolle Stoffe, die für eine Rückgewinnung in Frage kämen. Auch unter heutigen Voraussetzungen war dies vor dem Preiseinbruch teilweise schon wirtschaftlich möglich (z.B. bei Papier und Holz). In der heizwertreichen Fraktion ist ebenfalls ein hoher Anteil an stofflich verwertbaren Bestandteilen vorhanden, wie z.B. Kunststoffe, Papier, Pappe, Karton und Holz.

4.1.3 Verbesserungspotenzial und künftige Bedeutung

Die Konzeption der MBAs als stoffspezifische Abfallbehandlungsanlagen bietet beste Voraussetzungen für die Integration zusätzlicher Trenneinrichtungen zur Gewinnung weiterer stofflich verwertbarer Fraktionen. Große Fortschritte in der sensorgestützten Sortiertechnik ermöglichen es, künftig aus der MBA einen zunehmenden Anteil von stofflich verwertbaren Abfallbestandteilen auszuschleusen. Dies gilt sowohl für die Grob- als auch für die Feinfraktion. Besonders

günstige Voraussetzungen für die Abtrennung von Sekundärrohstoffen bieten Anlagen mit nassmechanischer Aufbereitung oder Trockenstabilisierung. Neben der Separation von materiell kostbaren Bestandteilen kommt technisch auch die Abtrennung mineralischer Schwerfraktionen in Frage, die dann nicht mehr teuer deponiert werden müssten. Nassmechanische Aufbereitungen ermöglichen auch die Abtrennung einer nativen Organikfraktion.

Die MBA ist somit ein Behandlungskonzept, das die Anforderungen an eine ressourceneffiziente, nachhaltige Kreislaufwirtschaft erfüllt, wenn konsequent an seiner Weiterentwicklung gearbeitet wird. Der Anteil der zu deponierenden Reste wird deutlich zurückgehen.

Diese Entwicklung wird augenblicklich aber durch mehrere Faktoren gefährdet: In Deutschland besteht trotz Übernahme von Abfallkontingenten aus Italien eine Überkapazität für die Behandlung von Siedlungsabfällen. Dies führt dazu, dass Verbrennungsanlagen zu Niedrigstpreisen Abfälle akquirieren. Verbrennungsanlagen gehören meist großen Energiekonzernen, die genügend Kapital haben, um solche Situationen durchzustehen. Für stoffstromspezifische, kommunale oder mittelständische private Anlagen kann der entstehende Preisdruck und Mengenentzug ruinös sein. Entlastend wirkt sich allerdings aus, dass MBAs nun auch die heizwertreichen Fraktionen zu deutlich günstigeren Konditionen (geringeren Zuzahlungen) abgeben können.

Der gegenwärtige Preisverfall auf dem Sekundärrohstoffmarkt ist so drastisch, dass die Gewinnung von Sekundärrohstoffen sich häufig nicht mehr lohnt. Insbesondere reine Abfallsortieranlagen (die nicht zu den MBAs gezählt werden) sind in ihrer Existenz gefährdet. Hier drohen große Nachhaltigkeitspotenziale verloren zu gehen. Die Talsohle bei den Sekundärrohstoffpreisen scheint inzwischen jedoch durchschritten zu sein.

4.2 Thermische Abfallbehandlung

4.2.1 Klassische Hausmüllverbrennung (MVA)

Die „klassischen“ Müllverbrennungsanlagen (Rostfeuerung) für unbehandelte Restabfälle sind ein bewährtes und zuverlässiges Abfallbehandlungsverfahren.

Die entstehenden Schlacken werden je nach Qualität (Elutionsverhalten) als Baustoff verwertet oder deponiert. Das Langzeitverhalten der Schlacken ist umstritten und die Verwertung von Schlacken im Straßenbau wird je nach Standpunkt auch als Liniendeponie bezeichnet. Ein Teil der Rückstände aus der Rauchgasreinigung ist hoch giftig und wird unter Tage deponiert. Als wertvolle, stofflich verwertbare Fraktion können aus den Schlacken Eisenmetalle abgetrennt werden. Diese liegen allerdings in niedriger Qualität vor.

Müllverbrennungsanlagen setzen als weiteres Produkt Energie frei und werden daher auch als Waste to Energy Anlagen bezeichnet. Da ihr Brennstoff aber zu einem erheblichen Anteil aus Wasser, Sand und Materialien mit geringem Heizwert besteht, ist der Energieertrag vergleichsweise gering. Zudem verfügen nicht alle Anlagen über eine Wärmenutzung. Insbesondere in Entwicklungsländern ist der Heizwert des Restabfalls oft so gering, dass keine selbstgängige

Verbrennung möglich ist und Öl zugefeuert werden muss. Aus Waste to Energy wird dann Energy to Waste.

4.2.2 Ersatzbrennstoffkraftwerke

Ersatzbrennstoffkraftwerke, die mit aufbereitetem, heizwertreichem Abfall betrieben werden, sind „echte“ Kraftwerke, die dem Slogan „Waste to Energy“ wirklich gerecht werden. Zudem sind sie meist an Industrieanlagen angegliedert, so dass durch Kraft-Wärme-Kopplung eine optimale Nutzung der Verbrennungsenergie möglich ist.

4.2.3 Bewertung und künftige Bedeutung

In Hinblick auf Ressourcenschonung ist die Verbrennung von unbehandelten Restabfällen Energie- und Rohstoffvernichtung. Tabelle 1 zeigt am Beispiel von Kunststoffen nochmals die große Differenz zwischen Heizwert und Energieäquivalent, die für die in der thermischen Abfallbehandlung verlorene bzw. ungenutzte Energie steht.

Tabelle 1: Heizwert im Vergleich zum Energieäquivalent als Summe von Energieaufwand zur Herstellung + Heizwert (Reimann 1988)

Stoffart	Heizwert-Bereiche Hu	Energie- Äquivalent*
	kJ/kg	kJ/kg
Polyethylen (PE)	43.000	70.000
Polypropylen (PP)	44.000	73.000
Polystyrol (PS)	40.000	80.000
PVC hart	18.000	53.000

Nichteisenmetalle sind aus der Verbrennungsschlacke praktisch nicht rückgewinnbar und Eisenmetalle erfahren eine Qualitätsminderung.

Im Sinne einer nachhaltigen Ressourcenwirtschaft sind Müllverbrennungsanlagen daher nur für Abfälle geeignet, deren stoffliche Verwertung nicht möglich oder nicht sinnvoll ist. Das traf bisher für einen sehr großen Anteil der Restabfälle zu, so dass die MVA in Deutschland zu Recht eine weite Verbreitung als teure, aber zuverlässige Behandlungstechnik gefunden hat.

Durch viele Innovationen in der Aufbereitungs- und Sortiertechnik ändert sich diese Situation aber. Nach Überwindung der derzeitigen Absatzkrise für Sekundärrohstoffe wird schon aus wirtschaftlichen Gründen ein wachsender Anteil der Abfälle nicht mehr verbrannt, sondern aus-

sortiert und stofflich verwertet werden, sofern dies nicht durch Dumpingpreise der Verbrennungsanlagenbetreiber verhindert wird.

5 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

Zur Neige gehende Rohstoffvorkommen, rasante Zunahme der Weltbevölkerung und steigender Wohlstand in vielen Entwicklungsländern erfordern ein konsequent ressourcenorientiertes Handeln auch in der Abfallwirtschaft. Darunter ist eine massive Steigerung des Anteils der ausgeschleusten, stofflich verwertbaren Abfallbestandteile zu verstehen. Dieses dient gleichzeitig auch dem Klimaschutz, da für die Erzeugung von Sekundärrohstoffen wesentlich weniger Energie eingesetzt werden muss als für die Gewinnung von Primärmaterialien und entsprechend weniger CO₂ emittiert wird.

Weiterentwickelte MBAs und sensorgestützte Sortieranlagen sind die Kernbausteine einer nachhaltigen, stoffstromspezifischen Abfallbehandlung, die beim Restabfall erst durch die technischen Fortschritte der letzten Jahre möglich wird. Die jetzigen MBAs sind der Anfang eines vielversprechenden Weges, der zu echten Stofftrennanlagen führen wird, die nur noch geringe Mengen Deponiegut hinterlassen.

Thermische Abfallbehandlungsanlagen werden dem Anspruch einer ressourcenorientierten Abfallwirtschaft nicht gerecht, da sie Rohstoffe und die für deren Erzeugung aufgewandte Energie vernichten. Sie sind nur für Abfälle akzeptabel, deren stoffliche Verwertung nicht möglich oder nicht sinnvoll ist. Das traf bisher allerdings für einen sehr großen Anteil der Restabfälle zu. Mit zunehmenden Möglichkeiten zur Ausschleusung von Sekundärrohstoffen wird die thermische Behandlung an Bedeutung verlieren. Staaten, die erst beginnen, ihr Abfallbehandlungssystem aufzubauen, sollten diese Entwicklung einplanen um teure Überkapazitäten zu vermeiden.

6 Literatur

- | | | |
|--|------|---|
| ASA-Beirat | 2006 | MBA und das Ziel 2020. Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung (ASA e.V.), pdf-Dokument. |
| Bardt, H. | 2008 | Sichere Energie- und Rohstoffversorgung. Herausforderung für Politik und Wirtschaft? Deutscher Instituts-Verlag, Köln, ISBN 978-3-602-24133-0. |
| Biebeler, H., Mohammadzadeh, M. und Selke, J.-W. | 2008 | Globaler Wandel aus Sicht der Wirtschaft. Chancen und Risiken, Forschungsbedarf und Innovationshemmnisse. Deutscher Instituts-Verlag, Köln, ISBN 978-3-602-14791-5 |
| Brammer, F. | 1997 | Rückbau von Siedlungsabfalldeponien. Schrittfolge und Entscheidungskriterien bei Planung und Ausführung. Dissertation am Fachbereich für Bauingenieur- und Vermessungswesen der TU Braunschweig. |
| Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.); | 2008 | Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2007. Jahresbericht 2007. pdf-Dokument, www.bgr-bund.de |
| Deutsche Stiftung Weltbevölkerung | 2009 | http://www.weltbevoelkerung.de/info-service/weltbevoelkerungsuhr.php?navanchor=1010037 |
| Faulstich, M. | 2008 | Abfallwirtschaft und Ressourcenschutz. Welchen Beitrag leistet Recycling zur Nachhaltigkeit? Präsentation zum Rohstoffkongress 2008, Berlin. |
| Fraunhofer Institut UMSICHT, INTERSEROH AG (Hrsg.) | 2008 | Recycling für den Klimaschutz. Ergebnisse der Studie von Fraunhofer UMSICHT und INTERSEROH zur CO ₂ -Einsparung durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen, Broschüre. |
| Kühle-Weidemeier, M. | 2005 | Bedarf, Konstruktionsgrundlagen und Betrieb von Deponien für mechanisch-biologisch behandelte Restabfälle in Deutschland. Veröffentlichungen des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover, Heft 127. ISBN 3-921-421-57-8 |
| Kühle-Weidemeier, M.; Langer, U.; Hohmann, F. | 2007 | Anlagen zur mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung. Schlussbericht. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Förderkennzeichen (UFOPLAN) 206 33 301 |
| SERI (Sustainable Europe Research Institute) | 2009 | http://www.materialflows.net/mfa/
Besucht am 10.03.2009 |

- | | | |
|---|------|--|
| UN (United Nations) | 2009 | World Population Prospects: The 2008 Revision. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, http://esa.un.org/unpp |
| Visvanathan, C.; Norbu, T.;
Chiemchaisri, C.; Charnnok, B. | 2007 | Applying Mechanical Pre-Treatment and Landfill Mining. Approach in Recovering Refuse Derived Fuel (RDF) from Dumpsite Waste: Thailand Case Study. In: Kühle-Weidemeier, M. (Hrsg.): International Symposium MBT 2009. Proceedings. |
| Wuttke, J. Dr. | 2005 | Grundzüge der Abfallwirtschaft in Deutschland. In: Hösel, Bilitewski, Schenkel und Schnurer (Hrsg.) Müllhandbuch, Bd. 1, 0169, Erich Schmidt Verlag, Berlin. |

Verfasser:

Dr.-Ing. Matthias Kühle-Weidemeier
Wasteconsult international
Robert-Koch-Str. 48 b
D-30853 Langenhagen
Telefon +49 511 23 59 383
E-Mail: [info { at } wasteconsult . de](mailto:info@wasteconsult.de)
Website: www.wasteconsult.de