

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES  
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 205 41 300  
UBA-FB 00955



# Behandlungsalternativen für klimarelevante Stoffströme

von

**Horst Fehrenbach**  
**Jürgen Giegrich**  
**Sandra Möhler**

ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes



Umweltforschungsplan  
des Bundesministeriums für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Abfallwirtschaft  
Förderkennzeichen (UFOPLAN) 205 41 300

KURZFASSUNG

Behandlungsalternativen für  
klimarelevante Stoffströme

von  
Horst Fehrenbach  
Jürgen Giegrich  
Sandra Möhler

ifeu  
Institut für Energie-  
und Umweltforschung  
Heidelberg

**im Auftrag  
des Umweltbundesamtes**

September 2006

## Kurzfassung

Mit der Entwicklung der Abfallwirtschaft von der Beseitigung auf Deponien zur energetischen Verwertung von Stoffströmen ist eine erhebliche Minderung der Klimagasfreisetzung verbunden. Mit der Untersuchung zum Beitrag der Abfallwirtschaft zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)<sup>1</sup> bereits deutlich gemacht, dass bereits der Weg von der Deponie hin zur modernen Müllverbrennungsanlage (MVA) in beträchtlichem Umfang einen positiven Beitrag geleistet hat.

Da mit der Umsetzung der Abfallablagerungsverordnung nun alle brennbaren Abfälle einer Verbrennung zugeführt werden müssen, stehen in verstärktem Maße die Behandlungsalternativen zu „konventionellen“ MVA in der Diskussion.

In der vorliegenden Untersuchung werden verschiedene Varianten der Erzeugung und des Einsatzes von Ersatzbrennstoffen (EBS) aus Restabfall (Hausmüll), hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen (HMG) und Sperrmüll betrachtet. Darüber hinaus wird die Mitverbrennung von Klärschlamm einbezogen. Insgesamt wurden folgende sieben Ersatzbrennstoffvarianten der Mitverbrennung in Kraft- und Zementwerken untersucht und einer Monoverbrennung (MVA oder Klärschlammverbrennungsanlage) gegenüber gestellt:

| <b>Restabfall:</b>                      | <b>hausmüllähnliche Gewerbeabfälle:</b>                   | <b>Sperrmüll:</b>    | <b>Organischer Abfall</b> |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|
| 1. EBS aus heizwertreicher MBA-Fraktion | 4. PPK-reicher EBS aus heizwertreicher MBA-Fraktion       | 6. EBS aus Sperrmüll | 7. Klärschlamm            |
| 2. Trockenstabilat (MBS)                |                                                           |                      |                           |
| 3. Trockenstabilat (MPS)                | 5. Kunststoffreicher EBS aus heizwertreicher MBA-Fraktion |                      |                           |

Die Untersuchung umfasst dabei jeweils Gesamtsysteme inklusive der Entsorgung der bei der EBS-Herstellung anfallenden Nebestoffströme, sowie die Substitution von ersetzten Brennstoffen wie Kohle, oder Strom und Fernwärme. Als Indikatoren zur Bewertung werden die Emissionen fossilen Kohlendioxids (CO<sub>2</sub>), Stickstoffoxide (als NO<sub>2</sub>), sowie die Schwermetalle Cadmium, Quecksilber und Antimon herangezogen.

Im Ergebnis bestätigt die vorliegende Untersuchung, dass mit zunehmender Abfallmitverbrennung in Kraft- und Zementwerken der positive Beitrag zum Klimaschutz weiter zu erhöhen sei. Würde man die in MVA verbrannte Abfallmenge der Mitverbrennung zuführen, ließen sich CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Größenordnung der Emission von 1 Mio. Einwohnern der Bundesrepublik (= mehr als 1 %) einsparen. Diese Dimension könnte unter der – theoretischen – Annahme erreicht werden, sich vollständig von der MVA

---

<sup>1</sup> BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Beitrag der Abfallwirtschaft zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland – Teil Siedlungsabfälle; Umwelt Nr. 10/2004

(mit der Energienutzung, wie sie sich derzeit im Mittel darstellt) abzuweichen zugunsten so genannter Trockenstabilatverfahren.

Eine Maximierung an dieser Stelle hätte jedoch auf der anderen Seite eine massive Erhöhung der Gesamtbelastung mit Schwermetallemissionen zur Folge. Die Kraft- und Zementwerke erfüllen nicht die gleiche Schadstoffabscheideleistung wie MVA. Die vorliegenden Modellrechnungen zeigen dabei, dass die Stabilatmitverbrennung bei Cadmium eine Steigerung der bundesweiten Emissionsfracht von bis zur Last von durchschnittlich 19 Mio. Einwohnern (entspricht mehr als 20 %) mit sich führen kann. Ähnliches gilt auch für Quecksilber.

Nun stellen die Annahmen einer vollständigen Behandlung durch die eine oder die andere Alternative eine theoretische Vorstellung dar, die jedoch die Wirkungsbreite solcher Entscheidungen in der Abfallwirtschaft umreißen können. In der Realität existiert ein Entsorgungsmix, der sich durch aktuelle und künftige Entwicklungen lediglich graduell verändern wird.

Außerdem ist zu beachten, dass die Modellrechnungen bezogen auf die jeweiligen Techniken im Wesentlichen auf mittlere Annahmen abzielen. Damit wird man der Bandbreite der Anlagen nicht unbedingt gerecht. So existieren MVA, die eine überaus hohe Energieeffizienz aufweisen (z.B. bei vollständiger Dampfverwertung durch einen industriellen Abnehmer) und somit einem Mitverbrennungskonzept in Punkto CO<sub>2</sub>-Minderung nicht nachstehen, ohne Abschlüsse auf der Seite der Schadstoffminderung.

Ebenso ist zu beachten, dass einzelne Abfall mitverbrennende Kraftwerke bereits heute spezielle Maßnahmen umgesetzt haben, um die Schadstoffemission (speziell Quecksilber) zu mindern. Hier sind in naher Zukunft weitere innovative Ansätze zu erwarten.

Eine Zwischenposition zwischen der MVA und dem auf Maximierung angelegten Ansatz des Trockenstabilats stellen die vielfältigen MBA-Konzepte dar. Hier werden aus dem Abfall die in besonderem Maße zur Mitverbrennung geeigneten heizwertreichen Fraktionen gewonnen und nur diese (nach entsprechender Aufbereitung) der Mitverbrennung zugeführt. Durch spezifische Sortiervverfahren (z.B. Ballistik, Nah-Infrarot-Detektion) können gezielt schadstoffreiche Abfallbestandteile aus der Brennstofffraktion ausgeschlossen werden. Diese Ansätze stellen damit mehr als nur den „Mittelweg“ zwischen den beiden „Maximalvarianten“ MVA und Trockenstabilat dar.

Überschlägig wurde auch das Konzept der so genannten EBS-Kraftwerke bewertet. Unter der Voraussetzung einer effizienten Wärmenutzung und einer effizienten Abgasreinigung ist es als insgesamt sehr positiver Ansatz zu werten. Eine rein auf Stromerzeugung ausgelegte Variante dagegen würde gegenüber dem Mittel der existierenden MVA keinen Vorteil bieten.

Den Hauptmassenstrom an Abfällen stellt der *Restabfall* dar, der im Jahr 2003 noch zu über 7 Mio. t pro Jahr auf Deponien abgelagert worden ist.

Geringer – aber dennoch in mehrfacher Millionenhöhe – fallen die *hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle* an. Die offiziellen Statistiken weisen hier 4,7 Mio. t/a auf, wovon knapp 2 Mio. deponiert wurden. Nicht in diesen Daten enthalten sind jedoch die Stoffströme, die mit dem Beenden der „Verwertungspraxis“ (unter Inanspruchnahme eines hohen

Sortierrestanteils zur Deponierung) wieder in die öffentlich-rechtliche Abfallentsorgung zurückdrängen. Diese Abfälle sind in der Regel heizwertreicher als die häuslichen Restabfälle. Sie weisen je nach Art des Gewerbes in jedem Fall sehr große Schwankungen in der Zusammensetzung auf. In dieser Untersuchung wurden zwei Varianten betrachtet: eine papierreiche und eine kunststoffreiche Abfallqualität. Aufgrund der tendenziell höheren Schadstoffgehalte schlägt hier die Waagschale etwas mehr in Richtung MVA – verglichen mit den Restabfällen. Zieht man jedoch eine eher geringe Belastung in Betracht, so überwiegen wiederum die Vorteile der Mitverbrennung aufgrund der CO<sub>2</sub>-Minderung.

*Sperrmüll*, der im Bereich von 2,6 Mio. t im Jahr anfällt, weist im Trend deutlich weniger Schadstoffe, dafür aber höhere Heizwerte (v.a. wegen Holz und geringer Feuchte) auf. Aus diesem Grund bietet er sich gegenüber haumüllartigen Abfällen als deutlich besser geeignete Grundlage für EBS an. Hier ist selbstverständlich zu beachten, dass für unbelastetes Holz eine stoffliche Verwertung möglich ist. Diese ist aber nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

*Klärschlamm* wiederum hat erst nach einer Trocknung einen für eine Verbrennung geeigneten Heizwert. Dafür ist der Kohlenstoffgehalt nahezu vollständig regenerativer Natur. Zwischen den Vor- und Nachteilen einer Mitverbrennung oder einer Verbrennung in einer Abfallanlage (Monoverbrennung oder in MVA) bestehen deutlich weniger große Unterschiede als z.B. beim Restabfall. Hier ist vor allem darauf zu achten, dass höher belastete Schlämme in Abfallverbrennungsanlagen verbrannt werden sollen. Für die geringer belasteten Schlämme ist eine Mitverbrennung dagegen empfehlenswert. Die Energiebilanz (und damit auch CO<sub>2</sub>-Bilanz) kann erheblich verbessert werden, wenn die Trocknung des Schlammes mit anderweitig nicht mehr nutzbarer Energie (z.B. Strahlungsabwärme von Asche) bewerkstelligt wird und keinen Dampfverbrauch beansprucht.

Über die Vielfalt der betrachteten Abfallarten und Behandlungstechniken lässt sich zusammenfassend keine eindeutige Priorisierung zugunsten der einen oder anderen Option begründen. Dennoch lassen sich Trends erkennen, die insbesondere an der Frage von Heizwert und Schadstoffgehalt orientiert, die eine oder eher die andere Entsorgungsweise als eher empfehlenswert darstellen lassen. In Abbildung 1 wird eine schematisierte Zuordnung nach diesen Kriterien dargestellt. Die Lokalisierung der Abfallarten in den vier Quadranten ist dabei als sehr grobschnittartige Vereinfachung zu sehen.

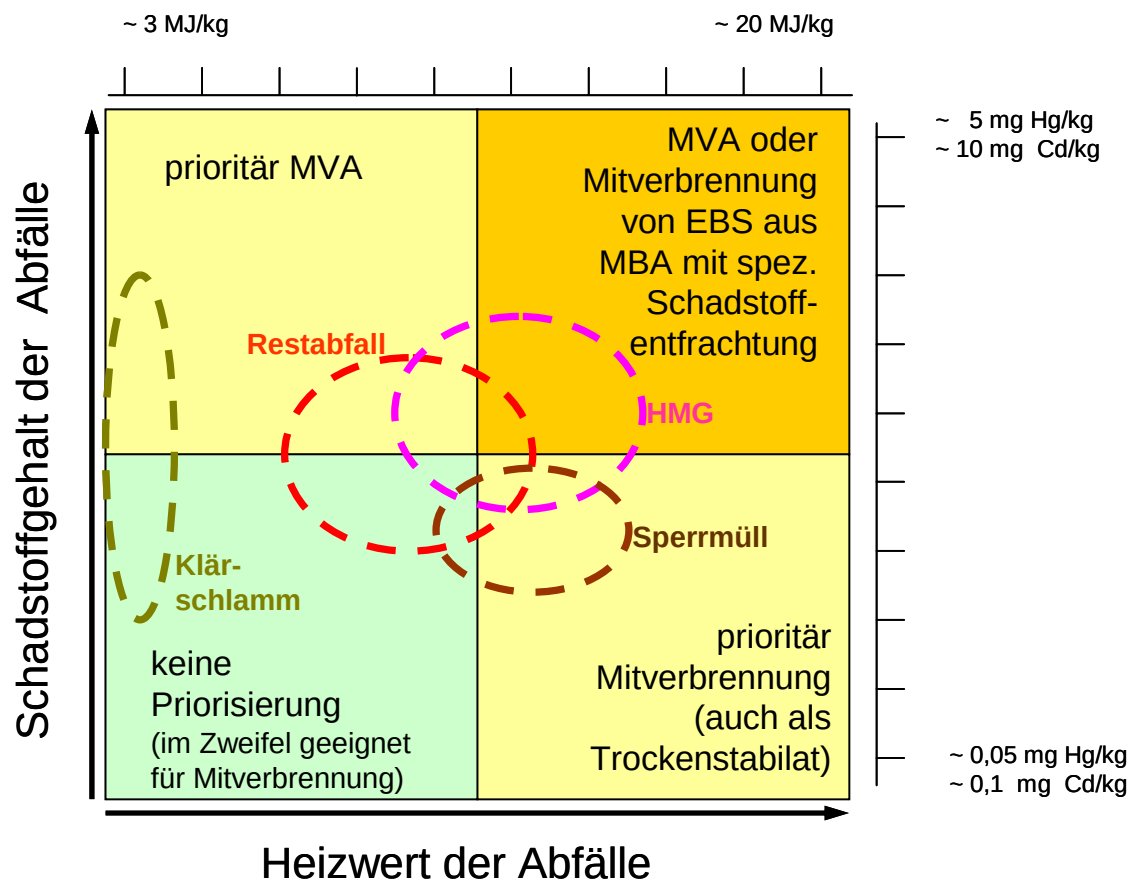


Abbildung 1 Empfehlung einer Zuordnung von Abfallarten zu Behandlungsalternativen anhand der Kriterien Heizwert und Schadstoffgehalt mit Hilfe eines stark simplifizierten Schemas.