

## **Mechanische, biologische und thermische Verfahren zur Vorbehandlung von Siedlungsabfällen**

Stand der Technik der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlung [MBA], der Müllverbrennung [MVA], der Mitverbrennung in Industriefeuerungen und der Ablagerung der so vorbehandelten Abfälle auf Deponien

*Dr.-Ing. A. Nottrodt, Hamburg*

[www.hanse-ing.de](http://www.hanse-ing.de)

### **Zusammenfassung**

#### **Einführung**

Die in Deutschland seit vielen Jahren unter Fachleuten, Politikern und Bürgern geführte Diskussion über die „bessere“ Abfallbehandlungstechnik ist eine spezielle „deutsche“ Debatte über die Müllverbrennungsanlagen (MVA) einerseits und die Mechanisch-Biologische Abfallbehandlungsanlagen (MBA) andererseits. Unsere europäischen Nachbarn beobachten diese Diskussionen teilweise mit Verwunderung und einem gewissen Unverständnis. In der umweltpolitischen Diskussion haben sich bei uns zwei Fraktionen gebildet:

- die Befürworter der Abfallverbrennung und
- die Befürworter der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlung.

In diesem Vortrag wird versucht, verfahrenstechnische, umwelttechnischen und abfallwirtschaftliche Sachverhalte, die beide Abfallbehandlungsverfahren kennzeichnen, zu beschreiben und zu bewerten.

Einführend wird darauf hingewiesen, dass die folgenden Betrachtungen sich auf die Behandlung kommunaler „Restabfälle“ beschränken. Dieses sind Siedlungsabfälle, die nach getrennter Sammlung von Papier, Pappe und Kunststoff sowie von Glas und Metallen anfallen.

### **Allgemeines**

Eine vergleichende Betrachtung von Entsorgungssystemen für Restabfälle unter den anlagenbezogenen Begriffen, „**Hausmüllverbrennung (MVA)**“ einerseits und „**Mechanisch – Biologische Abfallbehandlung (MBA)**“ andererseits, greift streng genommen zu kurz, weil diese Abfallbehandlungsverfahren tatsächlich nur einzelne Bausteine innerhalb von komplexen Entsorgungssystemen sind. Entsorgungssysteme bestehen in der Regel aus verfahrenstechnischen Anlagen zur Abfallvorbehandlung (z.B. MVA oder MBA) und Anlagen zur stofflichen und/oder energetischen Abfallverwertung (z.B. Vergasungsanlagen, Kraftwerke, Zementwerke, Verwertungsanlagen in der Bauindustrie und/oder in der chemischen Industrie usw.). Auch Hausmüllverbrennungsanlagen (MVA) werden als Anlagen zur energetischen Verwertung von Abfällen eingesetzt. Weitere Bestandteile von Entsorgungssystemen sind Abfallbeseitigungsanlagen (Deponien) für die Ablagerung der bei der Vorbehandlung anfallenden und nicht verwertbaren Rückstände (Abfälle zur Beseitigung).

Bei einem Vergleich gilt es somit, komplexe Netzwerke (Entsorgungssysteme) zu beurteilen, die aus einzelnen verfahrenstechnischen Bausteinen (Anlagen) bestehen, die u.U. an mehreren Standorten betrieben werden, und über Abfallströme (Stoffströme) miteinander vernetzt sind.

Aus diesen grundsätzlichen Zusammenhängen lässt sich der allgemein gültige Sachverhalt ableiten, dass ein komplex vernetztes Entsorgungssystem mit mehreren integrierten Behandlungs-, Verwertungs- und Beseitigungsanlagen größeren Planungsrisiken ausgesetzt ist, als ein Entsorgungssystem mit z.B. nur einer Behand-

---

lungsanlage sowie einer Beseitigungsanlage und vergleichsweise wenigen einzelnen Stoffströmen zur Verwertung und Beseitigung.

## Entsorgungssysteme

Es werden zwei vereinfachend beschriebene Modelle von Entsorgungssystemen für Restabfälle definiert, um beispielhaft Unterschiede zu diskutieren und zu bewerten.

Das erste Modell eines Entsorgungssystems besteht aus einer Hausmüllverbrennungsanlage (MVA) nach dem Stande der Technik, in der nicht vorbehandelter Restabfall verbrannt wird. Die dabei freigesetzte Wärme wird zu einem Teil intern genutzt und zum anderen Teil über einen Wasser-Dampf-Kreislauf in Entnahmekondensationsturbinen entweder verstromt und/oder bedarfsgerecht in ein Wärmeverversorgungssysteme eingespeist. Die anfallenden Kessel- und Filterstäube werden als Versatzmaterial im Bergbau verwertet und die aufbereitete Rostschlacke wird einer Verwertung als Baumaterial im Tiefbau zugeführt. Die aus der Rohschlacke abgetrennten Metalle sowie die Rückstände aus der Abgasreinigung, Gips und Salzsäure werden als Produkte gegen Erlöse vermarktet. Ein sehr geringer Massenstrom der Behandlungsrückstände wird als Abfall zur Beseitigung abgelagert (< 5 % bezogen auf die Inputmasse).

In dem zweiten beispielhaft betrachteten Modell wird in einem stoffstromspezifischen Entsorgungssystem für Restabfall eine Mechanisch-Biologische Abfallbehandlungsanlage (MBA) betrieben. In der MBA werden aus dem Restabfall eine heizwertreiche Fraktion und eine Metallfraktion abgetrennt. Die heizwertreiche Fraktion wird energetisch verwertet. Dieses kann in einer Hausmüllverbrennungsanlage (MVA) oder in industriellen Feuerungen als Ersatzbrennstoff (ESB) erfolgen. Die abgetrennte Metallfraktion wird stofflich verwertet. Der verbleibende Rest wird durch

eine biologische Behandlung (Rotte) in ein deponiefähiges Material umgewandelt. Dieses Material kann, soweit es den gesetzlich normierten Anforderungen für eine Ablagerung entspricht, deponiert werden (15 bis 25 % bezogen auf die Inputmasse). Anderenfalls müsste auch dieser Stoffstrom vor einer Ablagerung thermisch behandelt werden.

Bei der Diskussion der beiden modellhaft beschriebenen Entsorgungssysteme sind verfahrenstechnische, ökologische und ökonomische Sachverhalte zu unterscheiden, die im Einzelfall eng miteinander verknüpft sein können (z.B. technischer Aufwand für Abgas- bzw. Abluftreinigung einerseits und Kosten andererseits).

Im Falle der verfahrenstechnischen Sachverhalte sind Fragen nach dem „Stand der Technik“ und der technisch Verfügbarkeit im Dauerbetrieb der einzelnen integrierten Abfallbehandlungsanlagen (Bausteine) anzusprechen. Dazu gehören Einzelheiten zum Stand der Technik bei der energetischen Verwertung der heizwertreichen Fraktionen aus Restabfällen in Hausmüllverbrennungsanlagen und bei der energetischen Verwertung von Ersatzbrennstoffen (ESB) aus Restabfällen in industriellen Verbrennungsprozessen (z.B. Einflüsse auf Standzeiten und Reisezeiten sowie auf die Produkte der industriellen thermischen Prozesse).

Ökologische Fragen sollten die nachhaltige Zerstörung und Isolierung der organischen und anorganischen Schadstoffe bei der Restabfallbehandlung im Allgemeinen und bei der Verbrennung von heizwertreichen Fraktionen aus Restabfall in Müllverbrennungsanlagen sowie in industriellen thermischen Prozessen im Besonderen behandeln (Funktion von Schadstoffsinken).

Betrachtungen ökonomischer Risiken sollten sich u.a. mit den Möglichkeiten einer verlässlichen Ermittlung mittel- und langfristig anfallender Behandlungskosten befassen.

---

### Entsorgungssystem mit Baustein Müllverbrennungsanlage (MVA)

Die rechtlich festgelegten aktuellen technischen Anforderungen an Hausmüllverbrennungsanlagen werden durch die neue Verbrennungs-Richtlinie der EU vom 04.12.2000 (RL 2000/76/EG) und durch die Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe - 17. BImSchV - definiert. Eine in Vorbereitung befindliche Neufassung der VDI-Richtlinie 3460 über die „Emissionsminderung, Thermische Abfallbehandlung“ (Entwurf- Gründruck, März 2001) beschreibt sehr detailliert den Stand der Technik der HMVA, der im Dauerbetrieb die Erfüllung dieser Anforderungen sicherstellt. Die großtechnische Verfügbarkeit dieser Anlagentechnik ist nachgewiesen.

In einer Hausmüllverbrennungsanlage, die die o.a. rechtlichen Anforderungen erfüllt, werden die organischen Schadstoffe bis in den Spurenbereich zerstört und anorganische Schadstoffe wirkungsvoll abgeschieden und den Umweltkreisläufen entzogen.

Verwertungs- und Beseitigungswege für die Rückstände aus der Verbrennung und der Abgasreinigung sind etabliert, wenn auch an technischen, ökologischen und ökonomischen Optimierungen im Sinne des technischen Fortschrittes ständig gearbeitet wird.

Es werden überwiegend aktuelle Behandlungskosten  $< 250,00 \text{ DM/Mg}_{\text{Restabfall}}$  genannt. Basis dieser Angaben sind in der Regel Daten aus konkreten Projekten und über in Betrieb befindliche Anlagen.

---

### Entsorgungssystem mit Baustein Mechanisch-Biologischer Abfallbehandlung (MBA)

Mit dem Erlass einer neuen Artikelverordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen“ vom 20.02.2001 wurde der aktuelle Stand der technischen Anforderungen an die Ablagerung von vorbehandelten Abfällen und den Betrieb von mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen rechtlich festgeschrieben.

An diesem aktuellen Stand der erforderlichen und einzuhaltenden technischen Bedingungen muss sich jetzt ein Stand der Technik fortschrittlicher mechanisch-biologischer Abfallbehandlungsanlagen orientieren und entwickeln. In vielen laufenden Projekten sind zur Zeit solche Entwicklungs- und Optimierungsprozesse zu beobachten, so dass eine geschlossene aktuelle Beschreibung des Standes der Technik einer fortschrittlichen mechanisch-biologischen Abfallbehandlung noch nicht möglich ist und auch wegen der Kürze der Zeit noch nicht verfügbar sein kann.

Es muss somit festgestellt werden, dass sich unter den Bedingungen der neuen gesetzlichen Vorgaben ein Stand der Technik fortschrittlicher mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen erst zukünftig durch Planungs- und Betriebserfahrungen entwickeln wird. Darin begründete, jetzt noch vorhandene technische Risiken und damit verbundene Kostenrisiken sollten nicht übersehen werden.

### Schadstoffsinken bei der Restabfallbehandlung

Es wird darauf hingewiesen, dass in einer Hausmüllverbrennungsanlage, die den rechtlichen Anforderungen der 17. BImSchV und zukünftig der EU-Verbrennungsrichtlinie genügen müssen, die organischen Schadstoffe bis in den Spurenbereich zerstört und anorganische Schadstoffe wirkungsvoll abgeschieden

und den Umweltkreisläufen entzogen werden. An diesem Maßstab muss sich aus ökologischen Gründen jedes Entsorgungssystem messen lassen.

Spätestens bis 2005 müssen Siedlungsabfälle in Deutschland überall vorbehandelt werden, sei es thermisch oder sei es – wegen der Etablierung von Schadstoffsenken - in einer Kombination aus mechanisch-biologischer **und** thermischer Vorbehandlung.

In diesem Zusammenhang sollte die Identifikation von ökologischen Risiken bei der Planung von Entsorgungssystemen etwas plakativ und beispielhaft an der Frage festgemacht werden: „Wo bleiben langfristig die im Restabfall enthaltenen Schwermetalle (z.B. Quecksilber)?“

#### Energetische Verwertung der heizwertreichen Fraktion aus Restabfällen

Die erfolgreiche langfristige Umsetzung des Entsorgungssystems mit dem Baustein „Mechanisch-Biologische Abfallbehandlung“ wird wahrscheinlich von der zukünftigen Möglichkeit bestimmt, die abzutrennende heizwertreiche Fraktion aus den Restabfällen technisch sicher, bei hohem ökologischen Niveau und zu geringen Kosten in industriellen Prozessen als Ersatzbrennstoffe (ESB) mitzubrennen. Hier tut sich in der derzeitigen Fachdiskussion, dokumentiert in der aktuellen Literatur, ein Fächer von Fragen und Sachverhalten auf, die in jedem Einzelfall in eine Risikobetrachtung einbezogen werden sollten:

Es wird darauf hingewiesen, dass beim Einsatz von Ersatzbrennstoffen im Abgas-teilstrom des jeweils eingesetzten Abfalls die Emissionsgrenzwerte der 17. BImSchV nicht überschritten werden sollten. Auch darf es nicht zu Schadstoffanreicherungen in den Produkten kommen.

Als Anlagen zur Mitverbrennung der heizwertreichen Fraktion aus Restabfällen kommen Zementwerke, Kohlekraftwerke, Anlagen der Eisen- und Stahlindustrie wie auch sonstige industrielle Anlagen in Frage.

Untersuchungsvorhaben haben ergeben, dass für Quecksilber gegenüber dem bisherigen Stand der bundesdeutschen Genehmigungspraxis höhere Anforderungen an die energetische Verwertung von Abfällen in der Zementherstellung und noch stärker bei den Kraftwerken gestellt werden müssten.

Hingewiesen wird auf mögliche Verschmutzungs- und Korrosionsprobleme im Bereich der Dampferzeuger. Hier sind die Auswirkungen der Mitverbrennung auf die Anlagentechnik noch nicht im ausreichenden Maße untersucht. Es sind noch Erkenntnisse aus theoretischen Betrachtungen der Chemie und der Thermodynamik, sowie aus Mitverbrennungsversuchen zu erwarten. Sichere Aussagen sind nur durch Erfahrungen aus Langzeittests über mehrere tausend Stunden möglich.

Insgesamt muss die Empfehlung gegeben werden, der energetischen Nutzung der heizwertreichen Fraktion als Ersatzbrennstoff in industriellen Anlagen im Einzelfall eine erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen. Dieser Stoffstromweg innerhalb des Entsorgungssystems mit integrierter MBA erscheint aus technischer und ökologischer Sicht angesichts der derzeitigen Fachdiskussion besonders problematisch und entwicklungsbedürftig.



### Restabfallbehandlungskosten

Die Beschreibung einer belastbaren allgemeingültige Kostenstruktur für das Entsorgungssystem mit integrierter Mechanisch-Biologischer Abfallbehandlung ist zur Zeit nicht verfügbar, weil Planungsergebnisse unter den Bedingungen der neuen Verordnungslage noch nicht bekannt sind. Wegen der technischen und ökologischen Unsicherheiten bei der energetischen Nutzung der heizwertreichen Fraktion aus Restabfällen als Ersatzbrennstoff in industriellen Prozessen ist eine Angabe mittel- und langfristig verbindlicher Annahmekosten oder gar Annahmevergütungen zur Zeit noch nicht möglich.

---

## Literaturverzeichnis

Zeschmar-Lahl, B. et al.:

Mechanisch-Biologische Abfallbehandlung in Europa  
Hrsg. Verband der Kommunalen Abfallwirtschaft und Stadtreinigung e.V. (VKS) in Verbindung mit der Arbeitsgemeinschaft Stoffstromspezifische Abfallbehandlung (ASA)  
Parey Buchverlag Berlin 2000

Alwast, H., Koepp, M. (PROGNOS A.G.)

Mitverbrennung in ausgewählten industriellen Anlagen. – Zusammenfassung aus den beiden Untersuchungen für das Umweltbundesamt und das MUNLV (Tischvorlage) 21.06.2001

Auksotat, M., Löffler, R.:

Kostenstrukturanalyse von Abfallbeseitigungsverfahren.  
Forschungsbericht 30 – 103 50 502 / GRP, Hamburg / uve, Berlin / im Auftrag des Umweltbundesamtes,  
November 1997

Auksotat, M:

Investitions und Betriebskosten thermischer Abfallbehandlungsanlagen.  
Müll-Handbuch Lfg. 5/00, Erich Schmidt Verlag, 2000

Baars, B.A., Nottrodt, A.:

Eckpfeiler Müllverbrennung.  
Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 113, Erich Schmidt 1999

Boesen, Vergaberecht-Kommentar 2000

Born M., Seifert P.:

Rauchgasseitige Korrosion an Dampferzeugerheizflächen aus der Sicht der Thermodynamik  
VDI-Berichte 1359 (1997)

Born M.:

Prozessoptimierung bei der Verbrennung und Vergasung von Abfällen  
Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft  
Technische Universität München  
Nr. 137, München 1998

EPEA Hamburg und INFA (Ahlen), Vermeiden durch Verwerten. Untersuchungen zur Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit von Substitut-Brennstoffen (für die Fa. Rethmann) Kurzfassung 1999

Friedrich, H., Lahl, U., Zeschmar-Lahl, B.:  
Die Stoffflussanalyse (SFA) als neues Instrument der abfallrechtlichen Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Entsorgungsmaßnahmen in immissionschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen in Nordrhein-Westfalen.  
Müll und Abfall 2 – 01, Erich Schmidt Verlag 2001

Fuchs, A., Linder, K.-J.: Erzeugung von Ersatzbrennstoffen zur Verwertung von Restabfall. Vortrag vor dem GVC/DECHEMA-Ausschuss „Abfallbehandlung“ am 7./8. Mai 2001  
Fichtner Consulting & IT, Stuttgart

Gallenkemper, Energetische Verwertung von qualitätsgesicherten Sekundärbrennstoffen, Vortragsmanuskript 4/99 (BEW)

Glorius Th.:  
Erfahrungen mit Produktion und Einsatz qualitätsgesicherter, anpelletierter Sekundärbrennstoffe auf Basis produktionsspezifischer Gewerbeabfälle  
Vortrag auf dem 18. Seminar des FGU „Mitverbrennung von Abfällen – Emissionssituation – Kostensenkungspotentiale in der Entsorgungskette“ im Rahmen der UTECH Berlin'98 am 17./18. Februar 1998

Hein, K.R.G., Spliethoff, H., Scheurer, W., Seifert, H., Richers, U.:  
Schlussbericht: Untersuchungen zum Stand der Mitverbrennung von Klärschlamm, Hausmüll und Biomasse in Kohlekraftwerken. Projekt – Nr. 0326864  
Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen an der Universität Stuttgart  
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH  
Institut für technische Chemie – Thermische Abfallbehandlung, März 2000

Jennes R., Jeschar R.:  
Einsatz von brennbaren Reststoffen in industriellen Prozessen  
Verbrennung und Feuerung: Tagung Delft, 28. Und 29. August 1997, VDI-Gesellschaft Energietechnik – Düsseldorf: VDI-Verlag 1997 (VDI-Berichte 1313)

Kossina I., Zehetner G.:

Energetische Verwertung von Abfällen in Industrieanlagen – rechtliche und konzeptionelle Bedingungen für die Republik Österreich

Vortrag auf dem 18. Seminar des FGU „Mitverbrennung von Abfällen – Emissionssituation – Kostensenkungspotentiale in der Entsorgungskette“ im Rahmen der UTECH Berlin'98 am 17./18. Februar 1998

Kummer B. und Fischer H. G., Die zukünftige Behandlung von Restabfällen, Untersuchung für den BVSE, März 1999

LAGA, Bericht zum Thema Energiegewinnung aus Abfällen, 1983

Lahl, U., Zeschmar-Lahl, B.:

Risikoanalyse erforderlich – MBA: Die energetische Verwertung bestimmt den Preis

Müllmagazin 2/2001, S. 22 – 25

Nelles, M., Gehrig, S., Neff, A., Ragossnig, A., Tesch, H.: Hochkalorische Fraktionen aus der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung. – Praxiserfahrungen aus Österreich  
umweltpraxis 7 – 8 2001

Nottrodt, A.: Abfallmitverbrennung in Industrieanlagen

- Was ist verfahrenstechnisch zu beachten? Vortrag auf der Fachtagung „Wohin mit dem Restabfall“ am 16./17. Februar 2000 in Berlin <http://www.vivis.de/zeitschrift/beitraege/nottrodt.htm>

Reimann D.O., Hämmerli H.:

Verbrennungstechnik für Abfälle in Theorie und Praxis  
Schriftenreihe Umweltschutz, Bamberg 1995

Reimann, D. O.:

Die Zukunft der kommunalen Müllverbrennung.

Müll und Abfall 7, 2001, S. 414 – 420

Schäfers W., Schumacher W.:

Aktuelle technische Entwicklungen bei Restmüllverbrennungsanlagen

Bio- und Restabfallbehandlung III, biologisch – mechanisch – thermisch, K. Wiemer, M. Kern (Hrsg.), Witzenhausen 1999, Baeza-Verlag

Scur P.:

Einsatz von heizwertreichen Abfällen in der Zementindustrie am Beispiel der Zementwerke Rüdersdorf  
Vortrag auf dem 17. Seminar des FGU „Mitverbrennen von Abfällen – eine sinnvolle Entsorgungsmöglichkeit?“ im Rahmen der UTECH Berlin'97 am 17. Februar 1997

Scur P.:

Potentiale und Grenzen des Einsatzes von Ersatzbrennstoffen in der Zementindustrie  
Bio- und Restabfallbehandlung III, biologisch – mechanisch – thermisch, K. Wiemer, M. Kern (Hrsg.), Witzhausen 1999, Baeza-Verlag

Seifert W., Butker B.:

Abfallaufbereitung und Vergasung im SVZ-Festbettdruck- und BGL-Vergaser  
Vortrag zum VDI-Seminar „Kostenminimierte Abfallentsorgung Kalt/Warm“ am 14./15. Oktober 1999 in Freiberg

Thomé-Kozmiensky K.J.:

Verfahren und Stoffe in der Kreislaufwirtschaft  
Berlin: EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, 1995

Umweltbundesamt Berlin (III 4):

Bericht zur „Ökologischen Vertretbarkeit“ der mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen einschließlich deren Lagerung. Juli 1999

VDI-Richtlinie 3460:

Emissionsminderung, Thermische Abfallbehandlung,  
Entwurf, März 2001

Wandschneider J.:

Verbrennung von heizwertreicher Leichtfraktion  
Erste Erfahrungen aus der GAVI-VAM (Wijster)  
Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft  
Technische Universität München  
Nr. 137, München 1998

Wiemer K., Kern M.:

Mechanisch-Biologische Restabfallbehandlung nach dem Trockenstabilatverfahren  
Witzhausen 1995, Baeza-Verlag

Willing E.:

Wege und Irrwege bei der Aufbereitung von Abfällen

- Rückblick und Ausblick –

Bio- und Restabfallbehandlung III, biologisch – mechanisch –  
thermisch, K. Wiemer, M. Kern (Hrsg.), Witzhausen 1999,  
Baeza-Verlag

Zwahr, H., Schröder, W.:

Planung, Bau und Betrieb der Müllverwertungsanlage

Müll-Handbuch Lfg. 05/01, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2001

(siehe auch Müll und Abfall 3 – 01 und 4 – 01, Erich Schmidt Ver-  
lag, Berlin, 2001)

Symposium; VDI-Verein deutscher Ingenieure; Landesgruppe Brasilien  
São-Paulo 8. und 9. April 2002

## **Mechanische, biologische und thermische Verfahren zur Vorbehandlung von Siedlungsabfällen**

Dr.-Ing. A. Nottrodt - [www.hanse-ing.de](http://www.hanse-ing.de)

- Mechanisch-Biologische-Abfallbehandlung (MBA)
- Abfallverbrennung (MVA)
- Mitverbrennung von Abfällen in  
Industriefeuerungen
- Ablagerung von vorbehandelten Abfällen

DR.-ING. A. NOTTRODT GMBH

MBA/MVA

Ein Mitglied der  
**hanse.ing**<sup>®</sup>  
Hamburger Ingenieure

In der öffentlichen Debatte müssen Argumente  
allgemein akzeptabel und „resonanzfähig“ sein!

R. Grundmann

<b>Müllverbrennung</b>	<b>mechanisch-biologische Behandlung</b>
„Giftschleuder“	Naturnahe Abfallbehandlung
„Allesfresser“ Keine Stoffkreisläufe	Stoffspezifische Kreislaufführung
„harte“ Großtechnik	„weiche“ Kleinanlagen- Technik
Hohe Kosten	Geringere Kosten

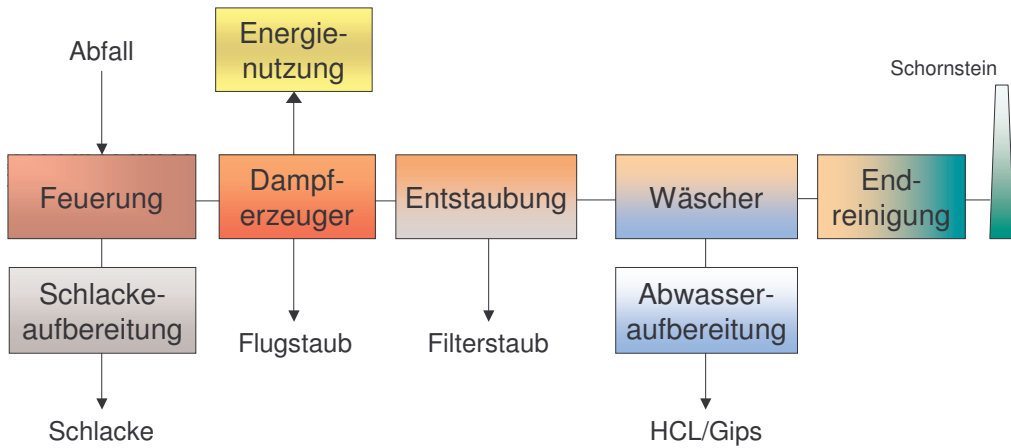
Eventuell Füllfarben einfügen! Vorlage korrigieren: Verein Deutscher  
Ingenieure!



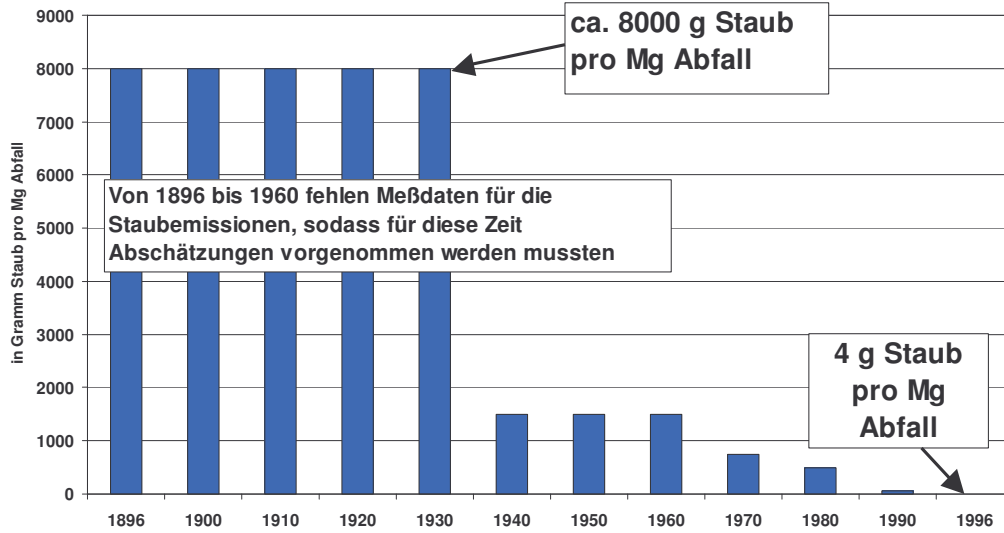
## Restabfälle in Deutschland 1998 in Mio. Mg

gesamt	MVA	MBA	Deponie ?
30	12	2	16
100 %	40 %	7 %	53 %

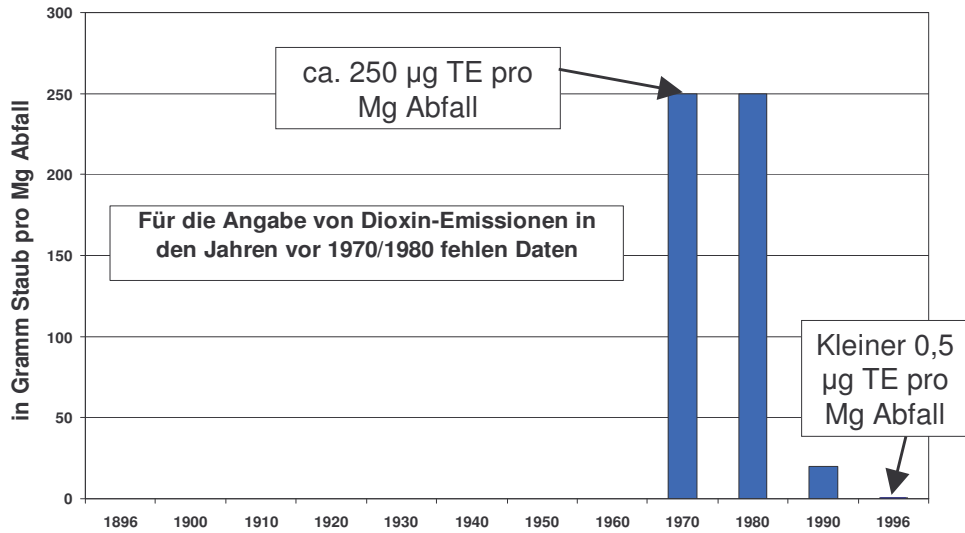
### Blockschaltbild einer Müllverbrennungsanlage



### Staub-Emissionen aus Müllverbrennungsanlagen



## PCDD/PCDF-Emissionen (Dioxine) in $\mu\text{g TE}$ pro Mg Abfall

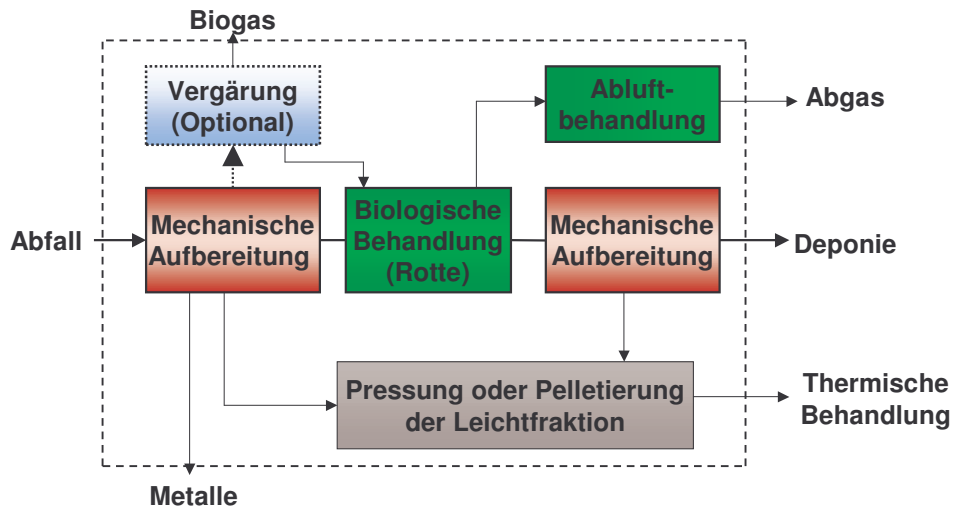


DR.-ING. A. NOTTRODT GMBH

MBA/MVA

Ein Mitglied der  
**hanse.ing**<sup>®</sup>  
Hamburger Ingenieure

## Blockschaltbild einer mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlage

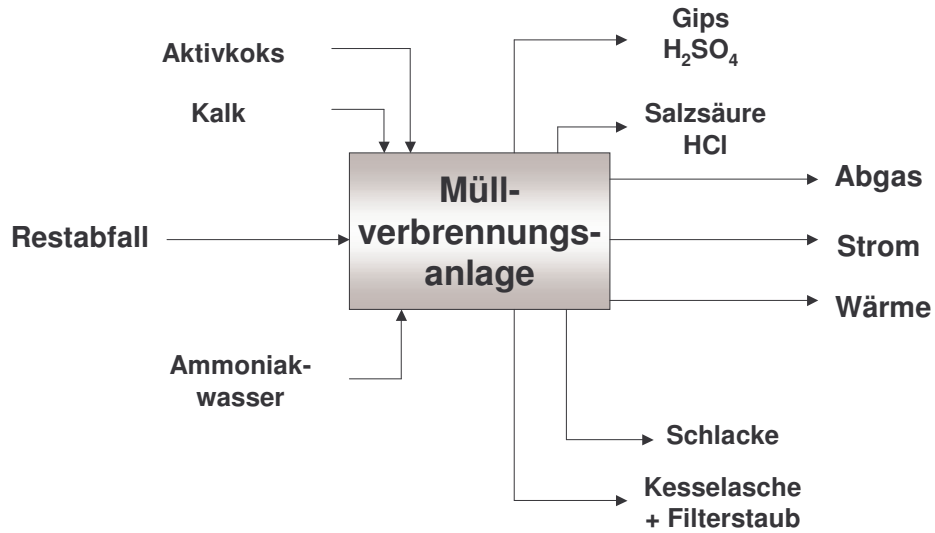


DR.-ING. A. NOTTRODT GMBH

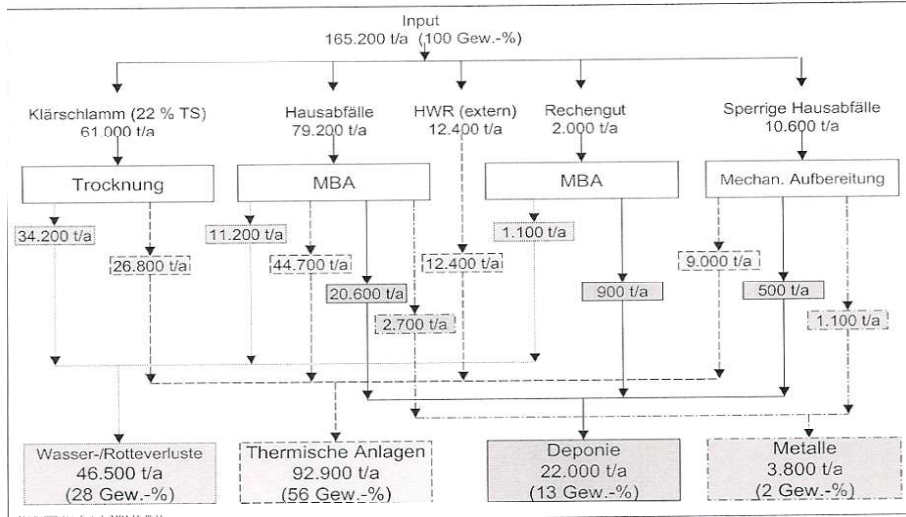
MBA/MVA

Ein Mitglied der  
**hanse.ing**<sup>®</sup>  
Hamburger Ingenieure

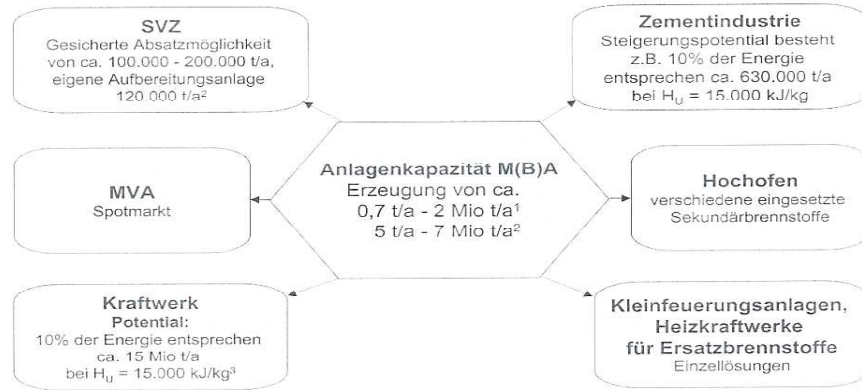
## Entsorgungssystem mit Müllverbrennung



**Entsorgungssystem mit MBA**



## Mengenpotentiale an Ersatzbrennstoffen zur energetischen und stofflichen Verwertung



<sup>1</sup> Fichtner-Abschätzung auf der Basis der Schätzung des Kapazitätsbedarf zur Restabfallbehandlung durch Prognos  
<sup>2</sup> VKS/ASA (Hrsg.): Mechanisch-biologische Abfallbehandlung in Europa  
<sup>3</sup> Umrechnung nach Angaben von Scheurer, Richers



Nutzung der entstehenden Wärme in unterschiedlichen Anlagen	
Anlage:	Wärmenutzung für:
Zementwerk	Calcination von Calciumcarbonat zu Calciumoxid und Kohlendioxid [ $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ ].
Hochofen	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Reduktion von Eisenoxiden zu elementarem Eises einschließlich Erschmelzen des Roheisens</li><li>2. Nutzung der chem. Energie als Heiz- oder Prozesswärme oder durch Verstromung</li></ol>
Kraftwerk /Heizwerk	Produktion von Dampf zur Erzeugung von elektr. Strom und/oder leitungsgebundener Wärme
Abfallverbrennungs-anlage	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Therm. Behandlung von Abfällen zur Beseitigung</li><li>2. Erzeugung von elektr. Strom und/oder Wärme</li></ol>

## Schadstoffgehalte mg/MJ

	Siebreste >75 mm aus Restabfall	Steinkohle	Braunkohle
Cl-Gehalte	490 - 498	1,8 – 51,8	37,1 – 48,2
S-Gehalte	306 - 550	182,5	556,5

Quelle: Nelles, M., Gehrig, S., Neff, A., Ragossnig, A., Tesch, H.: Hochkalorische Fraktionen aus der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung. – Praxiserfahrungen aus Österreich - umweltpraxis 7 – 8 2001

Symposium; VDI-Verein deutscher Ingenieure; Landesgruppe Brasilien  
São-Paulo 8. und 9. April 2002

**Untersuchungsvorhaben haben ergeben,  
dass für Quecksilber gegenüber dem  
bisherigen Stand der bundesdeutschen  
Genehmigungspraxis höhere  
Anforderungen an die energetische  
Verwertung von Abfällen in der  
Zementherstellung und noch stärker bei den  
Kraftwerken gestellt werden müssten.**

DR.-ING. A. NOTTRODT GMBH

MBA/MVA

Ein Mitglied der  
**hanse.ing**<sup>®</sup>  
Hamburger Ingenieure

Symposium; VDI-Verein deutscher Ingenieure; Landesgruppe Brasilien  
São-Paulo 8. und 9. April 2002

**Insgesamt muss die Empfehlung gegeben werden,  
der energetischen Nutzung der heizwertreichen  
Fraktion aus Restabfällen als Ersatzbrennstoff in  
industriellen Anlagen bei einer Risikobetrachtung im  
Einzelfall größte Aufmerksamkeit zu widmen.**

**Dieser Stoffstromweg innerhalb der  
Entsorgungssysteme mit integrierter MBA erscheint  
aus technischer und ökologischer Sicht angesichts  
der derzeitigen Fachdiskussion besonders  
problematisch und entwicklungsbedürftig.**

DR.-ING. A. NOTTRODT GMBH

MBA/MVA

Ein Mitglied der  
**hanse.ing**<sup>®</sup>  
Hamburger Ingenieure