

49 positionen

# Wege zu einer nachhaltigen Abfallwirtschaft

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
	<b>Executive Summary</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Hintergrund</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Art und Menge der bundesdeutschen Abfallströme</b>	<b>11</b>
3.1	Abfallaufkommen aus Haushalten (Hausmüll, Sperrmüll, Wertstoffe, Biomüll)	11
3.2	Gewerbeabfälle	11
3.3	Einzelne Abfallfraktionen	11
3.4	Prognose der weiteren Entwicklung	12
<b>4</b>	<b>Zentrale Themen der Abfallwirtschaft</b>	<b>13</b>
4.1	Nachhaltigkeit	13
4.2	Grundsätze für ökologisch sinnvolle Stoffstrom- und Abfallkonzepte	13
4.3	Vermeiden und Vermindern	14
4.3.1	Grundsätzliches	14
4.3.2	Wiederverwendung	14
4.3.3	Mehrwegsysteme bei Verpackungen	14
4.4	Trennen, Sortieren und Verwerten	15
4.4.1	Grundsätzliches	15
4.4.2	Getrennte Erfassung für eine optimale Verwertung	16
4.5	Behandeln, Beseitigen	18
<b>5</b>	<b>Abfall und Energie</b>	<b>20</b>
5.1	Zum Begriff »Energetische Verwertung«	20
5.2	Wirkungsgrad der Müllverbrennung	22

<b>6</b>	<b>Behandlung von Siedlungsabfällen</b>	<b>23</b>
6.1	Abfallverbrennung	23
6.1.1	Emissionen von Müllverbrennungsanlagen	23
6.1.2	Saure Schadstoffe	25
6.1.3	Stickoxide	25
6.1.4	Organische Schadstoffe	25
6.1.5	Schwermetalle	26
6.1.6	Überwachungseinrichtungen	26
6.1.7	Fazit	27
6.1.8	Beispiel Tiermehlverbrennung	27
6.1.9	Störanfälligkeit der Müllverbrennungsanlagen	28
6.1.10	Rückstände aus der Müllverbrennungsanlage	28
6.1.10.1	Schlacke (Asche)	28
6.1.10.2	Rückstände aus Rauchgasreinigung	29
6.1.10.3	Schrott aus MVA-Asche	30
6.2	Abfall als Wirtschaftsgut	30
6.3	Massive Überkapazitäten zu befürchten	32
6.4.	Ersatzbrennstoffe und Mitverbrennung von Abfällen	33
6.4.1.	Verordnetes Umweltdumping	34
6.4.2.	Endprodukte als Schadstoffsенke	35
6.4.3.	Ressourcenschonung durch EBS?	35
6.5.	Thermische Alternativen zur Verbrennung	35
6.6	Mechanisch-biologische Abfallbehandlungsverfahren	36
6.6.1	Verfahrenstechnik	36
6.6.2	Einzelne Aspekte bei der mechanisch-biologischen Behandlung	36
6.6.3	Abtrennung von Wertstoffen in der mechanischen Stufe	38
6.7.	Das Trockenstabilisierverfahren	39
6.8	Vergleich MBA/MVA	39
<b>7</b>	<b>Forderungen</b>	<b>42</b>
7.1.	Allgemeine abfallpolitische Forderungen	42
7.2.	Forderungen zur Abfallbeseitigung in Verbrennungsanlagen	43
7.3.	Zum Umgang mit Brennstoff aus Müll (sogen. EBS)	44
<b>8</b>	<b>Glossar</b>	<b>45</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>46</b>

# 1 Zusammenfassung

**D**as vorliegende Positionspapier des BUND befasst sich insbesondere mit der Vermeidung, Verwertung und Behandlung von Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen und der getrennten Sammlung von Abfällen, ferner mit der derzeitigen Situation der Abfallwirtschaft in Deutschland und Wegen zu einer ökologisch orientierten nachhaltigen Abfallwirtschaft.

Während das Gesamtabfallaufkommen in Deutschland in den vergangenen Jahren nahezu konstant geblieben ist, nahmen die getrennt gesammelten und verwerteten Abfallmengen zu. Entsprechend gingen die Mengen an Restmüll zurück. Dies zeigt, dass trotz mancher Erfolge bei der Verwertung von Abfällen bei der Abfallvermeidung zu wenig erreicht wurde. Deutlich wird dies an der Entwicklung der Mehrwegquoten für Getränkeverpackungen, die als klassisches Beispiel für eine Wiederverwendung gelten können. Die Quoten blieben zwar bei den Verpackungen für Bier hoch, gingen aber bei den anderen Getränken deutlich zurück. Die Einführung des Einwegpfandes konnte diesen Trend nicht umkehren.

Um das Gesamtabfallaufkommen in Deutschland zu verringern, müssen die Anstrengungen zur Umsetzung von Abfallvermeidungsmaßnahmen sowohl in den privaten Haushalten als auch in Gewerbe und Industrie erheblich verstärkt werden.

Für die nicht vermiedenen Abfälle fordert der BUND eine möglichst hochwertige stoffliche Verwertung. Eine wichtige Voraussetzung hierfür bilden weitgehend sortenrein erfasste Wertstoffe. Daher lehnt der BUND die gemeinsame Erfassung aller Wertstoffe zusammen mit dem Restmüll und anschließender Abtrennung von Wertstoffen ab. Das Potential der getrennten Erfassung von Wertstoffen ist noch nicht ausgeschöpft, und zwar in den Städten noch weniger als in den ländlichen Regionen. Maßnahmen dazu sind der Ausbau der Wertstofferrfassung, eine intensivere Abfallberatung und sinnvolle Gebührensysteme. Nicht nur ökologische Vorteile

sprechen für Erhalt und Ausbau der stofflichen Verwertung, sie hat auch positive Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt.

Energiebilanzen zeigen eindeutig, dass die stoffliche Verwertung vorteilhafter als eine Verbrennung mit Energieerzeugung ist, denn bei der so genannten »thermischen Verwertung« geht die Energie, die zur Herstellung der dann zu Abfall gewordenen Produkte erforderlich war, vollständig verloren. Auch die Verschwendung von Rohstoffen lässt sich durch die stoffliche Verwertung erheblich verringern.

Daher ist die thermische Behandlung auf solche Abfälle zu beschränken, die unvermeidbar sind, deren stoffliche Verwertung nicht möglich ist und deren Ablagerung ohne vorherige thermische Behandlung weniger umweltverträglich ist.

Seit Verabschiedung der 17. Bundesimmissionschutz-Verordnung, die u.a. Abgasgrenzwerte für Müllverbrennungsanlagen vorgibt, hat sich deren Schadstoffausstoß erheblich reduziert, so dass die Abfallverbrennung der 70er und 80er Jahre nicht mit der in den heutigen Anlagen vergleichbar ist. Trotzdem steht der BUND der Abfallverbrennung nach wie vor sehr kritisch gegenüber.

Insbesondere bei Neuanlagen, die nach dem 2005 in Kraft getretenen Verbot der Ablagerung von unbehandelten Siedlungsabfällen derzeit in großer Zahl geplant und gebaut werden, ist gegenüber schon bestehenden Anlagen ein deutlicher Rückschritt bei der eingesetzten Abgasreinigungstechnik zu beobachten.

Ist die überwiegende Anzahl der vor 2000 in Betrieb gegangenen Anlagen mit einer mehrstufigen Rauchgasreinigung mit Wäscher, Staubabscheider und Katalysator ausgerüstet, weisen Neuplanungen in der Regel nur eine einfache einstufige Schadstoffabscheidung auf. Dies wirkt sich nicht nur deutlich auf das Emissionsverhalten der Anlagen aus, d.h. die neueren Anlagen setzen deutlich mehr Schadstoffe

frei als die alten, sondern macht sich auch im Bereich der Anlagensicherheit negativ bemerkbar. Um diesem Rückschritt entgegen zu wirken, fordert der BUND daher eine Verschärfung der Schadstoffgrenzwerte bei Abfallverbrennungsanlagen entsprechend dem bereits seit Ende der 90er Jahre erreichbaren hohen Stand der Rauchgasreinigungstechnik.

Steigende Energiepreise haben den Bau von Abfallverbrennungsanlagen mit niedrigem Rauchgasreinigungsstandard wirtschaftlich attraktiv gemacht. Aufgrund der Vielzahl von Neuplanungen sind aber Überkapazitäten in Deutschland für die nahe Zukunft absehbar mit der Folge weiter steigender Abfallimporte. Abfall wird zunehmend als internationales Wirtschaftsgut behandelt. Um dies zu verhindern, muss durchgesetzt werden, dass Abfälle künftig in dem Land verwertet bzw. beseitigt werden, in dem sie anfallen. Eine Entwicklung, die der BUND sehr kritisch verfolgt, ist die Verbrennung von so genanntem Ersatzbrennstoff, der insbesondere aus Gewerbeabfällen hergestellt wird, in reinen Ersatzbrennstoffkraftwerken. Dies ist ein umweltpolitischer Irrweg, da bei jeder Abfallverbrennung, also auch bei dieser so genannten thermischen Verwertung, die Produktionsenergie vollständig verloren geht. Zudem ist der deutliche Rückschritt im Vergleich zu dem bei der Mehrzahl der kommunalen Anlagen erreichten Standard bei der eingesetzten Abgasreinigungstechnik zu kritisieren.

Diese Kritik gilt erst recht für die Verbrennung von Ersatzbrennstoffen in industriellen Feuerungsanlagen, wie z.B. Zementwerken und Kohlekraftwerken. Da die Rauchgasreinigung dieser Anlagen nicht auf den Brennstoff Abfall ausgerichtet ist, werden bei der Mitverbrennung von Abfällen in diesen Anlagen deutlich mehr Schadstoffe freigesetzt als bei der Verbrennung in herkömmlichen Hausmüllverbrennungsanlagen. Der BUND lehnt diese Form der Verbrennung daher grundsätzlich ab.

Unter ökologischen Gesichtspunkten weist die mechanisch-biologische Abfallbehandlung gegenüber der Abfallverbrennung Vorteile bei klimarelevanten Emissionen, der Eutrophierung von Öko-Systemen sowie beim Primärenergieverbrauch auf. Dies ist besonders auf eine höhere stoffliche Verwertungsquote bei diesen Verfahren zurückzuführen. Daher setzt sich der BUND für die mechanisch-biologische Behandlung der Restabfälle ein. Bei diesen Verfahren wird der Abfall in mehreren mechanischen Trennstufen in verschiedene Teilfraktionen getrennt: Metalle, ein Gemisch aus verschmutzten Wertstoffen, organikreiches und je nach Verfahren auch mineralisches Material.

Für die biologische Behandlung der organikreichen Restmüllfraktion stehen grundsätzlich zwei verschiedene Technologien zur Verfügung: Bei den aeroben Verfahren wird der Müll zunächst unter Luftzufuhr intensiv gerotet und anschließend einer ebenfalls mehrwöchigen Nachrotte zugeführt. Die so behandelte Teilfraktion kann dann auf eine Deponie verbracht werden.

Bei den anaeroben Verfahren erfolgt eine Vergärung unter Sauerstoffabschluss. Das dabei erzeugte Biogas wird energetisch genutzt. Der entstandene Gärückstand muss einer Nachrotte unterzogen werden und kann dann auf einer Deponie abgelagert werden.

Aus der Teilfraktion der verschmutzten Wertstoffe lassen sich mit entsprechenden Verfahren noch einige verwertbare Stoffe ausschleusen, so dass nach den in Deutschland geltenden Rechtsvorschriften nur noch ein sehr geringer Teil des Restmülls thermisch behandelt werden muss.

Der BUND stellt folgende juristische Forderungen an Entscheidungsträger:

1. Staatliche Stellen haben Abfallvermeidungsprogramme aufzustellen, in denen sie konkrete Ziele und Maßnahmen zu benennen haben.
2. Die kommunale Zuständigkeit für die Abfälle aus privaten Haushalten, die im KrW/AbfG festgelegt ist, und die Abstimmungspflicht mit den Kommunen bei der Sammlung von Verpackungsabfällen nach der Verpackungsverordnung müssen auf jeden Fall erhalten bleiben.
3. Ökologisch unsinnige Mülltransporte müssen von den zuständigen Behörden durch restriktive Genehmigungspraxis unterbunden oder zumindest eingeschränkt werden. Der juristische Spielraum ist auszuschöpfen.
4. Das Umweltrecht und das Bergrecht müssen im Gesetzgebungsverfahren so aufeinander abgestimmt werden, dass es nicht möglich ist, auf der Basis des Bergrechts umweltschädliche Ablagerungen vorzunehmen oder Anlagen mit überhöhten Emissionen zu betreiben.
5. Damit die Kapazitäten zur Abfallverbrennung nicht ausgeweitet werden können, müssen für alle Abfallverbrennungsanlagen Planfeststellungsverfahren wieder verbindlich vorgeschrieben werden. Das bedeutet, dass ein Bedarfsnachweis vorzulegen ist.
6. Betreiber von Abfallverbrennungsanlagen haben Konzepte zur Kraft-Wärme-Kopplung vorzulegen, sofern die Abwärme noch nicht oder nur zum Teil genutzt wird.
7. Die Grenzwerte der 17. BImSchV sind mindestens für Schadstoffe wie Stickoxide und HCl entsprechend dem Fortschritt der Anlagentechnik zu verschärfen.
8. Die thermische Nutzung heizwertreicher Abfälle ist zu untersagen, wenn nicht nachgewiesen wird, dass eine Vermeidung, ein stoffliches oder rohstoffliches Recycling unmöglich oder ökologisch belastender ist als eine thermische Nutzung und dass der Ersatzbrennstoff von Schadstoffen entfrachtet ist.
9. Für Ersatzbrennstoffe müssen Grenzwerte für den Schadstoffgehalt gesetzlich festgelegt werden.

# Executive Summary

**T**his Friends of the Earth Germany (BUND) position paper particularly deals with prevention, recycling and treatment of domestic waste, commercial waste similar to domestic waste, and separated collection of waste. In addition, the actual state of waste management in Germany is presented, and a way to a sustainable and ecologically orientated waste management is shown.

While the total amount of waste has stayed almost the same in Germany over the past years, the volume of separately collected and recycled waste has increased. The amount of residual waste has decreased accordingly.

Hence, in spite of some success regarding waste recycling, not enough has been achieved in waste prevention. This is apparent with respect to the development of quotas for the refillable beverage packaging, a prime example for reuse. While the quotas for the packaging of beer have remained at a high level, they have been declining considerably for other beverages. The introduction of a refund on non-reusable packaging could not reverse this trend. In order to reduce the total amount of waste in Germany, efforts have to be intensified towards implementation of waste prevention measures both in private households and in trade and industry.

For waste that has not been prevented, the BUND demands high quality material recycling. This implies in particular as far as possible correctly sorted and collected recyclable waste. Consequently, the BUND disapproves of the joint collection of recyclable waste together with residual waste and the subsequent separation thereof. The potential of separately collected recyclable waste is not yet fully exhausted, in cities less so than in rural regions. Measures to reach this aim include the extension of recyclable waste collection, a better citizen information policy concerning waste, and a sensible system of charges. Not only ecological benefits argue for the maintenance

and extension of material recycling, but also positive effects on the labour market.

Energy balances leave no doubt that material recycling has advantages compared to incineration combined with power generation, because in the case of »thermal recycling« the energy used to produce the product that ends up as waste gets lost completely. Also, material recycling can considerably reduce the wasting of resources. This is why thermal treatment has to be limited to those forms of waste that are unpreventable, whose material recycling is not possible and whose disposal is less environmentally friendly without prior thermal treatment.

Since the adoption of the 17. Federal Immission Control Ordinance, which among other things provides exhaust gas limits for waste incinerators, the emissions of pollutants have been reduced considerably. This is why waste incineration practiced in the 70s and 80s cannot be compared to that of today. However, the BUND is still very critical about nowadays waste incineration.

Since the ban of untreated municipal waste disposal in Germany in 2005 a lot of new incineration plants are being planned or are under construction. But it has to be considered as a clear step backwards that there is a decrease of the standard of emission control technology compared to the standard of emission in already existing incineration plants.

While most of the plants that entered operation before the year 2000 are equipped with a multistage flue gas cleaning device with scrubber, dust separator and catalytic converter, new designs usually have nothing but a simple one-step pollution filter. This does not only have an obvious effect on the emission values of the plants – new plants set free considerably more pollutants than old ones – but also has negative effects on plant security.

In order to counteract this setback, the BUND has been demanding a tightening of pollution limit values for waste incinerators according to best available technology since the 1990s. Rising energy prices have made the construction of new waste incinerators with low standard flue gas treatment economically attractive. Due to numerous new plans, overcapacities are anticipated for Germany and consequently rising waste imports. Waste is being increasingly regarded as international economic goods. In order to prevent this, waste ought to be recycled and treated in the country of origin instead of developing overcapacities in other countries.

The BUND has noticed a recent development with considerable criticism: incineration of refuse-derived fuel, produced particularly from commercial waste, in dedicated power stations. From an environmental policy perspective, this makes no sense, because every waste incineration, including the so-called thermal recycling process, cannot recover the production energy. Besides, the low standard of employed flue gas cleaning technology compared to the majority of municipal plants has to be criticised.

This criticism applies even more so to the incineration of refuse-derived fuel in industrial combustion plants, e.g. cement factories and coal fired power plants. As the flue gas cleaning devices of these plants are not tailor made for waste as fuel, the incineration of waste in these plants releases considerably more pollutants than incineration in common domestic waste incineration plants. This is why the BUND fundamentally disapproves of this kind of incineration.

From an ecological point of view, bio-mechanical waste treatment has advantages compared to waste incineration with respect to climate relevant emissions, eutrophication of ecosystems as well as primary energy consumption. This is due in particular to higher material recycling quotas of this me-

thod. Consequently, the BUND is advocating the bio-mechanical treatment of residual waste. This method is characterised by the combination of mechanical separation of waste into several fractions with biological treatment. The mechanically separated fractions usually are: metals, a mixture of contaminated potentially recyclable material and material rich in organics and – depending on the process technology – also minerals.

For biological treatment of the organically rich residual waste fraction, two different kinds of technology are at hand. When using the aerobic method, waste is first rapidly decomposed with air supply, followed by further biodegradation during a process of several weeks. The resulting waste fraction can be delivered to landfills. By applying anaerobic methods, anaerobic digestion without oxygen supply takes place first. The produced biogas can be used for energy generation. The fermentation residue needs to be further decomposed and can then be deposited in landfills.

From the contaminated potentially recyclable fraction, some materials can be recovered by applying certain technologies. This is why only a very small part of residual waste needs to be treated thermally, according to German regulations.

With respect to the legal framework, the BUND demands the following of decision makers:

1. Governmental bodies have to develop waste prevention programmes, outlining concrete goals and measures.
2. The municipal competence for waste from private households as laid down in the federal law on waste management and the need for consultations with municipalities related to the collection of packaging waste according to the packaging regulation should be maintained.



3. Responsible public authorities have to stop or at least reduce ecologically unreasonable transports of waste through a restrictive permission policy and by making full use of legal possibilities.
4. Environmental legislation and the mining law need to be harmonised to the greatest possible extend in order to prevent environmentally destructive depositions on the basis of the mining law as well as the operation of plants with high emissions.
5. For all waste incinerators, plan approval procedures need to become obligatory again so that the capacity for waste incineration is not expanding. This means that proof of necessity needs to be provided.
6. Operators of waste incinerators have to provide concepts for co-generation in case the waste heat is not being used or only partially used.
7. The limits of the Federal Immission Control Ordinance are to be tightened at least for pollutants such as nitrogen oxides and HCl according to progress in best available technology.
8. Thermal recycling of waste of high heating value is to be prohibited if it cannot be proved that prevention and recycling are not possible or ecologically more harmful than thermal treatment in this special case, and in addition that the refuse-derived fuel is freed of pollutants.
9. For refuse-derived fuel, limits for the contents of contaminants have to be defined and become legally binding.

## 2 Hintergrund

**H**eute wird nicht mehr ernsthaft bestritten, dass die deutsche Wirtschaft durch die seit Ende der 80er Jahre allmählich eingeleiteten Maßnahmen zur Müllvermeidung und -verwertung gestärkt wurde. Energie und Rohstoffe wurden gespart, und ungefähr 110.000 Arbeitsplätze konnten durch die Verwertung von Abfällen erhalten oder sogar neu geschaffen werden<sup>1</sup>. In dieser Zahl sind die Arbeitsplätze bei der Restmüllentsorgung und der Verwaltung noch nicht enthalten. Vom Erhalt der Mehrwegsysteme für Getränkeverpackungen hängen Zehntausende weitere Arbeitsplätze<sup>2</sup> ab.

Aufgrund der im Dezember 1990 auf Druck der Umweltbewegung in Kraft getretenen 17. BImSchV und daraufhin verbesserten Rauchgasreinigungstechniken bei Abfallverbrennungsanlagen hat sich der Ausstoß von schädlichen Stoffen in die Umwelt stark vermindert. Nach wie vor würdigt der BUND zwar diesen Fortschritt, ist aber dennoch der Meinung, dass die Probleme der Müllverbrennung damit nicht erledigt sind und die deutsche Abfallpolitik noch weit davon entfernt ist, nachhaltig genannt zu werden. Dazu werden immer noch zu viel Energie und zu viele Rohstoffe verschwendet. Am 1.6.2005 trat die Abfallablagerungsverordnung in Kraft, in der die verbindliche Vorgabe enthalten ist, dass Abfälle vor der Deponierung nach bestimmten Regeln zu behandeln sind. Für die vom BUND immer unterstützten »kalten« Vorbehandlungsverfahren als Alternative zur Abfallverbrennung gelten spezielle Zuordnungskriterien, die eine Ablagerung der Rückstände aus diesen Verfahren auf Deponien ermöglichen.

Dieses Positionspapier möchte die Problemfelder in der Abfallwirtschaft beschreiben und Lösungswege aufzeichnen. Dabei wird ein gewisser Schwerpunkt auf Hausmüll, Sperrmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen gesetzt. Die Kernaussagen zur Abfallvermeidung, zur getrennten Erfassung, zur Verwertung und zur Abfallverbrennung gelten aber für

alle Sektoren der Wirtschaft, also auch für die Industrie.

Für den Bereich der mineralischen Abfälle wird derzeit an der Novellierung der Bundesbodenschutzverordnung und an einer neuen Bundesverwertungsverordnung gearbeitet. Eine inhaltlich vertiefte Auseinandersetzung mit diesem Thema würde den Rahmen des vorliegenden Positionspapiers sprengen. Der Themenkreis Deponierung wird nicht in dieser Position, sondern in einer späteren Veröffentlichung näher behandelt werden.

# 3 Art und Menge der bundesdeutschen Abfallströme

## 3.1 Abfallaufkommen aus Haushalten (Hausmüll, Sperrmüll, Wertstoffe, Biomüll)

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes<sup>3</sup> wurden in Deutschland im Jahr 2006 insgesamt 37,3 Millionen t Abfälle bei den Haushalten erfasst (Hol- und Bringsysteme zusammen). Dies entspricht einem Abfallaufkommen aus Haushalten von 454 kg pro Person und Jahr (sog. spezifisches Gesamtabfallaufkommen).

In Tabelle 1 werden diese Zahlen genauer aufgeschlüsselt:

Abfallfraktion	Gesamtmenge 2006	Spezif. Abfallmenge 2006
Haus- und Sperrmüll (Restmüll)	16,7 Mio. t	(203 kg/Person)
Getrennt erfasste organische Abfälle	8,4 Mio. t	(103 kg/Person)
Getrennt gesammelte Wertstoffe	12,1 Mio. t	(146 kg/Person)

Tabelle 1:  
Zusammensetzung des bundesdeutschen Abfallaufkommens aus privaten Haushalten (Abweichungen infolge von Rundungsdifferenzen)

Das gesamte Abfallaufkommen aus Haushalten ist in den letzten Jahren im Großen und Ganzen geblieben. Die Menge an getrennt erfassten Abfällen dagegen hat sich seit den 90er Jahren stark erhöht, so dass umgekehrt die Restmüllmenge deutlich zurückgegangen ist (z.Vgl.: spezifische Restmüllmenge im Jahr 1996: 280 kg/Person).

Zusammen machten die getrennt gesammelten Abfälle, das sind Papier, Glas, Kunststoffe und Metalle, Bio- und Grünabfälle sowie Elektroaltgeräte, rund 55% des Gesamtabfalls der Haushalte aus. Die Menge an getrennt erfassten Abfällen hat sich in den letzten Jahren auf dem erreichten Niveau eingependelt.

## 3.2 Gewerbeabfälle

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes<sup>4</sup> wurden in Deutschland im Jahr 2004 insgesamt 53 Millionen t Abfälle aus dem Bereich Produktion und Gewerbe erfasst. Davon wurden rund 57% verwertet. Hinzu kommen noch die Bau- und Abbruchabfälle inkl. dem Bodenaushub mit über 188 Millionen t, aber einer Verwertungsquote von rund 86% sowie der Abraum aus dem Bergbau mit rund 50,5 Millionen t.

Diese Zahlen geben allerdings nur die Größenordnung des Abfallaufkommens wieder. Erfasst werden in erster Linie die Abfallmengen bei den Betreibern von Abfallentsorgungsanlagen. Insofern gibt es im Bereich Gewerbemüll statistische Unsicherheiten, während für die Abfälle aus Haushalten aufgrund der Pflicht der kommunalen und der Landes-Behörden zur Aufstellung von Statistiken genug aussagekräftiges Zahlenmaterial vorliegt.

## 3.3 Einzelne Abfallfraktionen

Für einzelne Branchen und Produktgruppen liegen Aufstellungen vor, z.B. vom Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. (bvse)<sup>5</sup>.

Demnach betrug im Jahr 2005 die deutsche Produktion von Papier und Pappe rund 21,7 Millionen t, der Verbrauch rund 19,7 Millionen t, der Exportüberschuss somit etwa 2 Millionen t. Bemerkenswert ist dabei, dass sowohl die Einfuhr mit rund 10,7 Millionen t als auch die Ausfuhr mit ca. 12,7 Millionen t jeweils über 50% des Verbrauchs bzw. der Produktion lagen.

Das Aufkommen an getrennt erfasstem Altpapier bzw. -pappe betrug rund 15,1 Millionen t, was einer Altpapier-Rücklaufquote von 76,5% entsprach. Der Altpapiereinsatz in der Papierindustrie belief sich unter Berücksichtigung von Im- und Export auf etwa 14,4 Millionen t. Daraus ergibt sich eine Alt-

papier-Einsatzquote von 66,5%. Mit anderen Worten: Bei der Papierproduktion wird nur etwa ein Drittel der produzierten Menge aus Primärrohstoffen, also vor allem Frischholz, erzeugt.

Bei der Kunststoffproduktion lagen die Verhältnisse etwas anders. So lag im Jahr 2005 die deutsche Produktion von Kunststoffen bei rund 18 Millionen t, die Abfallmenge hingegen nur bei etwa 4,4 Millionen t. Abgesehen von dem Exportüberschuss in Höhe von rund 5 Millionen t erklärt sich die Differenz dadurch, dass erstens über 1,7 Millionen t der im Inland verbrauchten Menge an Kunststoffen in die Produktion von Klebstoffen, Lacken und Fasern einfließen und zweitens viele Kunststoffe zu langlebigen Erzeugnissen wie Einrichtungsgegenständen, Behältern, Rohren und Fenstern verarbeitet werden. Diese werden vielleicht erst in Jahrzehnten in der Abfallbilanz auftauchen.

Von den rund 4,4 Millionen t Kunststoffabfällen fielen knapp 1 Million t bei der Erzeugung oder Verarbeitung an, knapp 1,5 Millionen t waren Abfälle aus Gewerbebetrieben und über 1,8 Millionen t kamen aus Privathaushalten. 150.000 t Kunststoffabfälle fielen bei der Sammlung von Elektroschrott an, die sowohl Privathaushalten als auch Gewerbebetrieben zuzurechnen sind.

Auch in den knapp 1,5 Millionen t Abfällen aus Gewerbebetrieben sind Abfälle von Privatpersonen enthalten, so z.B. wenn es sich um Abfälle aus Reparaturwerkstätten handelt.

An Verpackungsabfällen aus Haushalten wurden im Jahr 2005 795.000 t getrennt erfasst, so dass sich grob geschätzt sagen lässt, dass unter Berücksichtigung der Tatsache, dass nicht alle Abfälle getrennt gesammelt werden, etwa die Hälfte der Kunststoffabfälle aus Privathaushalten aus Verpackungsmaterial besteht.

Von den rund 4,4 Millionen t Kunststoffabfällen wurden 1,63 Millionen t werkstofflich (entsprechend rund 37%) und 330.000 t rohstofflich verwertet (rund 8%). 1,45 Millionen t (ca. 33%) wurden in Müllverbrennungsanlagen verbrannt, der Rest wurde zwischengelagert oder ohne Behandlung deponiert, was bis 31.5.05 noch zulässig war.

### **3.4 Prognose der weiteren Entwicklung**

Prognosen einer zukünftigen Abfallmengenentwicklung sind mit großen Unsicherheiten verbunden. Nach Aussage des Umweltbundesamtes ist davon auszugehen, dass das Gesamtabfallaufkommen in den nächsten Jahren trotz Wirtschaftswachstums weitgehend stabil bleiben wird.

Die Menge an getrennt gesammelten Wertstoffen dürfte weiterhin leicht steigen, während die Gesamtmenge an vorbehandlungsbedürftigen Abfällen in den kommenden Jahren weiter abnehmen könnte. Für das Jahr 2020 sagt die Prognos AG ein Aufkommen an Abfällen, die ihrer Auffassung nach einer Vorbehandlung (einschließlich kalter Vorbehandlung in MBA) unterzogen werden müssen, von ca. 20 Mio. t/a voraus. Im Jahr 2005 waren es noch ca. 25 Mio. t<sup>6</sup> gewesen. Die Mengen an thermisch zu behandelnden Abfällen würden nach Meinung der Prognos AG danach von ca. 19 Mio. t im Jahr 2006 auf voraussichtlich 16 Mio. t im Jahr 2020 zurückgehen<sup>7</sup>.

# 4. Zentrale Themen der Abfallwirtschaft

## 4.1 Nachhaltigkeit

Nachhaltigkeit im allgemeinen Sinne bedeutet, den Bedürfnissen der heutigen Generation zu entsprechen, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen. Dies beinhaltet einen zukunftsfähigen Umgang mit den natürlichen Ressourcen, wobei dieser Begriff nicht nur Bodenschätze und nachwachsende Rohstoffe, sondern die vielfältig vernetzten lokalen, regionalen und globalen Ökosysteme und letztendlich die gesamte Erde mit ihrer Erdatmosphäre einschließt.

Bezogen auf die Abfallwirtschaft ist unter Nachhaltigkeit ein schonender Umgang mit erneuerbaren und nicht erneuerbaren Rohstoffen zu verstehen. In allen Stufen des Stoffflusses, von der Rohstoffgewinnung über die Produktion bis zur Entsorgung sollte auf unnötige Stoff- und Materialvermischung verzichtet werden. Außerdem sind gerade bei Prozessen der Abfallwirtschaft der Energieaufwand und die Freisetzung von Schadstoffen besonders zu beachten. Abfallvermeidung und Abfallverwertung stellen wesentliche Maßnahmen zur Erzielung von Nachhaltigkeit dar, denn hierdurch werden Stoffströme eingespart und Energieressourcen geschont. Je höher der Vermeidungs- und Einspareffekt, desto nachhaltiger ist die Maßnahme.

Neben den direkten Auswirkungen (verringerte Abfallmengen und Transportaufwendungen) sind die indirekten Effekte von besonderer Bedeutung. Hierzu zählen beispielsweise die Einsparung von Wasser, Energie und anderen Rohstoffen sowie die Verringerung der Luft- und Abwasserbelastung durch die vermiedene Produktion der Gegenstände, die sonst zu Abfall geworden wären. Diese indirekten Effekte sind häufig um ein Vielfaches höher als die direkten Auswirkungen. Auch durch die Wiederverwertung von Abfällen, z.B. beim Papierrecycling, werden Stoffe und Energie eingespart, wenn auch in geringerem Umfang als bei der Abfallvermeidung. Hier ergeben sich erhebliche Einsparungen insbesondere durch den Wegfall der Produktion von Rohmaterialien.

Deutlich gemacht werden kann dies durch so genannte Stoffstrombilanzen, bei denen die Stoff- und Energieströme von Produktions-, Verwertungs- und Behandlungsverfahren dargestellt und vergleichbar gemacht werden können. Stoffstrombilanzen werden daher vom BUND als Instrument angesehen, um die Nachhaltigkeit einer Maßnahme beurteilen zu können.

## 4.2 Grundsätze für ökologisch sinnvolle Stoffstrom- und Abfallkonzepte

Der BUND hat bereits seit über 20 Jahren Konzepte zur Lösung von Abfallproblemen entwickelt, die sich seit vielen Jahren bewährt haben<sup>8</sup>. Zentrale Elemente sind dabei die Abfallvermeidung, die weiter verstärkt werden muss (inkl. der Stärkung von Mehrwegsystemen), und die stoffliche Verwertung der im Abfall enthaltenen Wertstoffe. Nur für die Abfälle, die nicht mehr vermeid- oder verwertbar sind, ist die Beseitigung vertretbar, wobei in der Regel eine weitere Behandlung dieses »Restmülls« zu erfolgen hat. Der Begriff »Beseitigung« ist in Deutschland allgemein üblich und wird daher auch in diesem Papier verwendet. Allerdings sei darauf hingewiesen, dass durch den Begriff der Anschein erweckt wird, dass der Restmüll wirklich aus der Welt wäre, was natürlich nicht der Fall ist. Er wird nur »zur Seite geschafft«.

In Zeiten knapper werdender Ressourcen und überladener Senken (Atmosphäre, Böden, Organismen etc. zum Abbau von Schadstoffen) sind verschiedene Strategien zu entwickeln, die sich ergänzen sollten:

- Effizienzstrategien z.B. zur optimalen Verwertung von Abfallströmen,
- Konsistenzstrategien im Sinne einer Orientierung an Verträglichkeitsgrenzen, z.B. zur konsequenten Verringerung des Abfallaufkommens
- Suffizienzstrategien, also Einschränkung des Verbrauchs von Materie und Energie durch Verhaltensänderungen

## 4.3 Vermeiden und Vermindern

### 4.3.1 Grundsätzliches

Für die Abfallvermeidung gibt es kein universelles Patentrezept. Derzeit kommt es sehr auf das freiwillige Verhalten an. Mit rechtlichen Vollzugsinstrumenten lässt sich die Vermeidung von Abfällen derzeit nur teilweise durchsetzen. Ein Beispiel dafür ist die Befrandung der Einwegflaschen für Getränke. Auf staatlicher Ebene ist daher neben zielgerichteter Abfallberatung auch die Stärkung verhaltenssteuernder Instrumente von Bedeutung. Hierzu zählen vor allem ökonomische Instrumente wie Zuschüsse, Steuern und Abgabenregelungen. Denkbar wären z.B. Abgaben auf die bei der Produktion verarbeiteten Rohstoffe.

Grundsätzlich gibt es mehrere Kategorien der Abfallvermeidung:

1. »Verzicht« auf Gegenstände, die später zu Abfall werden (z.B.: Einwegkameras, Einwegverpackungen, Ablehnung von Werbebroschüren im Briefkasten)
2. Wiederverwendung von Gegenständen (z.B.: Mehrwegflaschen; Verkaufen, Verleihen und Verschenken von gebrauchten Gegenständen)
3. Überlegtes Verhalten beim Einkaufen, um z.B. den Verderb von Lebensmitteln möglichst zu verhindern
4. Reparatur von Gegenständen
5. Nutzung langlebiger Gegenstände
6. Verringerung des Materialeinsatzes bei der Herstellung von Gebrauchsgegenständen
7. Umweltgerechte Produktgestaltung

Die Kategorien von 1–5 gelten nicht nur für private Haushalte, sondern auch für Industrie-, Gewerbe- und öffentliche wie private Dienstleistungsbetriebe bei ihrer eigenen Betriebsführung.

Bei der umweltgerechten Produktgestaltung kommt der Wirtschaft eine besondere Aufgabe zu. Zum einen ist auf eine hohe Energieeffizienz zu achten. Zum anderen müssen neben Funktionalität und

Ästhetik auch Langlebigkeit, Reparaturfreundlichkeit, Schadstofffreiheit, Demontierbarkeit und Verwertbarkeit zu wichtigen Designkriterien werden. Grundsätzlich kommt Langlebigkeit vor Recycling. Über diese sieben Kategorien der Abfallvermeidung hinaus gibt es noch Abfallvermindierungsmaßnahmen in Form einer innerbetrieblichen Abfallverwertung, bei der anfallende Wertstoffe vor Ort verwertet werden. Im Bereich der Privathaushalte gibt es auch ein solches Beispiel: die Eigenkompostierung von Küchen- und Gartenabfällen.

Das Vermeiden von Abfall vermindert nicht nur das Müllaufkommen. Sehr wichtig sind auch die indirekten Effekte durch die vermiedene Produktion der Gegenstände, wie die Verringerung der Luft- und Abwasserbelastungen und die Einsparungen beim Wasser-, Energie- und Rohstoffverbrauch.

Abfallvermeidung kann auch zu Umweltbelastungen führen. So müssen z.B. Mehrwegflaschen gespült werden. Die Stoff- bzw. Energiebilanz ist aber in der Regel günstiger (s. Abschnitt 4.3.3).

### 4.3.2 Wiederverwendung

Die Wiederverwendung als eigene Kategorie spielt nicht nur eine wichtige Rolle hinsichtlich der Verringerung von Umweltbelastungen. Von ebenso großer Bedeutung ist die psychologische Wirkung der praktischen Erfahrung von Abfallvermeidung durch die Wiederverwendung von Gegenständen. Im Folgenden soll auf das Beispiel der Mehrwegsysteme bei Verpackungen näher eingegangen werden.

### 4.3.3 Mehrwegsysteme bei Verpackungen

Bund und Länder müssen Maßnahmen und Regelungen treffen, die Mehrwegsysteme zumindest im Getränkebereich zu erhalten, besser noch, sie auszubauen. Über den Getränkebereich hinaus gibt es bei Jogurtgläsern ja bereits ein funktionierendes Mehrwegsystem. Ebenso könnten nach einer gewissen Umstellungszeit alle Einwegverpackungen aus Glas durch Mehrweg-Flaschen oder Mehrweg-

Gläser ersetzt werden. Denn ob Getränke in Einweg- oder Mehrweg-Flaschen abgefüllt werden, ist kein besonderes technologisches Problem. Auch bei Obst- und Gemüsekonserven, die derzeit noch in Einweggläsern verpackt sind, ließe sich der Übergang auf Mehrweggläser durchführen. Die entsprechende »Vielzwecknorm« (DIN-Norm 6110) gibt es bereits. Ebenso könnten die Konservendosen sowie die meisten Verbundverpackungen auf diesem Wege ersetzt werden.

Im Getränkebereich sind inzwischen auch Mehrwegflaschen aus Kunststoff eine Alternative, da sie leichter und unzerbrechlich sind. Kunststoffflaschen, egal ob Einweg oder Mehrweg, sind allerdings problematisch, weil mit ihnen ein gewisser Schadstoffeintrag in das Getränk verbunden ist<sup>9</sup>.

Während die Mehrwegquote bei Bier ihren alten Stand halten konnte, vollzog sich im Bereich der Verpackungen für nicht-alkoholische Getränke in den vergangenen Jahren eine Entwicklung, die vom BUND mit Sorge betrachtet wird. Der Anteil an Mehrwegflaschen sank von fast 2/3 im Jahr 2000 auf etwa 30–40% im Jahr 2007<sup>10</sup>. Mit dazu beigetragen hat hierzu das 2003 eingeführte Einwegpfand. Durch die Pfandregelung sind zwar Getränkedosen weitgehend aus den Regalen verschwunden, und der Anteil der Einwegflaschen im Restmüll wurde erheblich reduziert und damit die Verwertungsquote deutlich erhöht. Gleichzeitig ist aber für den Verbraucher die Unterscheidung zwischen Einweg- und Mehrwegflasche schwieriger geworden, denn beide Flaschen sind mit (allerdings unterschiedlichem) Pfand belegt. Nur wenn auf der Flasche der Hinweis »Mehrwegflasche« zu finden ist, wird die Flasche auch tatsächlich wiederbefüllt und im Kreislauf geführt.

Aufgrund von Verunreinigungen im PET-Granulat, das aus PET-Einwegflaschen gewonnen wird, kann der Kunststoff nur zu einem geringen Teil wieder für Flaschen eingesetzt werden. Das meiste findet Ver-

wendung bei der Produktion von Polyesterfasern, wobei ein Teil des Granulats nach Übersee exportiert wird.

Öko-Bilanzen zeigen klar, dass die Mehrwegflasche gegenüber der Einwegflasche deutliche ökologische Vorteile aufweist. Wer Mineralwasser in 1 Liter Einwegflaschen kauft, belastet das Klima viermal stärker als der Käufer von Mehrwegglasflaschen.<sup>11</sup>

Auch andere Produkte als Lebensmittel lassen sich gut in Mehrwegbehältern verpacken, wie z.B. flüssige Wasch- und Reinigungsmittel. Hier haben die wiederbefüllbaren Mehrwegflaschen aus Kunststoff ebenfalls ihre ökologische Berechtigung.

Mehrwegsysteme gibt es auch bei Transportverpackungen. Allgemein bekannt sind die genormten Euro-Paletten und die Obst- und Gemüseboxen aus Kunststoff.

## **4.4 Trennen, Sortieren und Verwerten**

### **4.4.1 Grundsätzliches**

Während für vermeidbare Abfälle von Politik und Wirtschaft Vermeidungsstrategien entwickelt werden müssen, sind für die nicht vermiedenen Abfallfraktionen Verwertungsstrategien notwendig. Dabei ist auch an Verwertungskaskaden zu denken, das heißt, dass bei der Verwertung Recyclingprodukte entstehen, die nicht mehr ganz die gleichen Werkstoffeigenschaften haben wie das ursprüngliche Material, die aber für den neuen Zweck völlig ausreichen. Ein klassisches Beispiel dafür ist Recyclingpapier.

Im Jahr 2006 machten die getrennt gesammelten Abfälle – Papier, Glas, Kunststoffe und Metalle, Bio- und Grünabfälle sowie Elektroaltgeräte – rund 55% des gesamten Abfallaufkommens aus Haushalten aus. Insgesamt wurden rund 21,7 Mio. t Haushaltsabfälle stofflich oder energetisch verwertet. Der Begriff »Energetische Verwertung« ist dabei mit Vorsicht zu benutzen. Häufig wird er nur als Umschreibung für eine gewöhnliche Abfallverbrennung verwendet (s. Kap. 5).



Die getrennt gesammelten Abfälle konnten im Jahr 2006 nahezu vollständig verwertet werden, während 94% der Abfälle aus der Restmülltonne und 65% des Sperrmülls der Beseitigung zugeführt wurden. Die Restmüllmenge von im Bundesdurchschnitt 203 kg/Person und Jahr sollte und kann weiter reduziert werden, wie folgendes Beispiel zeigt: Im Jahr 2006 fielen in Bayern im Durchschnitt nur 166 kg/Person und Jahr an Restmüll (Haus- und Sperrmüll) an, im Regierungsbezirk Unterfranken waren es nur 134 kg/Person und Jahr. Einige Kommunen lagen weit darunter<sup>12</sup>. Die Abfallstatistiken zeigen auch, dass in städtisch geprägten Gebieten die Restmüllmengen deutlich höher sind als in ländlichen Gebieten.

Bei einer Betrachtung des Gesamtabfallaufkommens von im Durchschnitt 454 kg/Person und Jahr lässt sich feststellen, dass Bioabfall (Küchen- und

Bioabfälle	30–40%
Papier und Pappe	25–30%
Altglas	6–8%
Altmetalle	5–8%
Kunststoffabfälle (davon ca. 1/2 Verpackungen)	5–7%

Gartenabfall) die bedeutendste Abfallfraktion ist. In der Öffentlichkeit war zuweilen der Eindruck entstanden, die getrennte Wertstoffsammlung hätte nur etwas mit dem Dualen System zur Sammlung von Verpackungsabfällen zu tun. Mengenmäßig schlagen aber Bioabfall und Altpapier viel mehr zu Buche als Kunststoffverpackungen. Diese stellen natürlich wegen ihres Energiegehalts auch eine wichtige Abfallfraktion dar.

Bioabfall ist mit 80–150 kg/Person und Jahr, je nach Siedlungsstruktur, die größte verwertbare Abfallfraktion. Eine Verwertung ist nur möglich, wenn der Bioabfall getrennt gesammelt wird. Dazu ist die Biotonne flächendeckend einzuführen, mit der

Möglichkeit, die Kompostierung im eigenen Garten als Alternative zuzulassen. Die Verwertung von schadstoffarmem Bioabfallkompost aus der getrennten Erfassung dient nicht nur der Reduzierung der Restmüllmenge, sondern auch der Vermeidung des Torfabbaus und so der Schonung der Moore. Mit Bioabfall kann aber auch durch anaerobe Vergärung Biogas erzeugt werden. Dieses kann thermisch verwertet oder nach Reinigung in das Erdgasnetz eingespeist werden.

Auf ebenfalls zumindest teilweise verwertbare Abfallfraktionen wie Textilien und Holz soll hier nicht näher eingegangen werden.

Fast immer ist die stoffliche Verwertung von Abfällen kostengünstiger als die Verbrennung. So liegen die Behandlungskosten für Bioabfall im Durchschnitt nur halb so hoch wie die für Restmüll<sup>13</sup>. Dass die stoffliche Verwertung von Abfällen preiswerter als die Verbrennung ist, gilt aber auch für Altpapier und ohnehin bei Altglas und Metallen. Schon darum wird auch nicht alles Getrennte hinterher wieder zusammen geschüttet und verbrannt, wie manchmal vermutet wird. Es ist kaum anzunehmen, dass Firmeninhaber bares Geld wegwerfen würden.

Die stoffliche Verwertung von Abfällen leistet einen erheblichen Beitrag zum effizienten Umgang mit den begrenzten Ressourcen, auch im Hinblick auf Energierohstoffe (s. Abschnitt 5.1)

Nicht zu vergessen ist der Beitrag der Abfallwirtschaft zur Außenhandelsbilanz (also die Einsparung von Rohstoffimporten, Schrottexporte etc.) in Höhe von 3,7 Milliarden € pro Jahr, nach Angaben des Instituts der Deutschen Wirtschaft<sup>14</sup>, und bei der Schaffung von Arbeitsplätzen (s. Kap. 2).



#### 4.4.2 Getrennte Erfassung für eine optimale Verwertung

Der BUND fordert eine möglichst hochwertige Verwertung. Das heißt, dass die gesammelten Abfälle zu Sekundärrohstoffen von möglichst hoher Qualität werden sollten. Hohe Qualitäten der getrennt gesammelten Wertstoffe machen das Recycling wirtschaftlich attraktiver. Um hohe Qualitäten zu erreichen, ist es erforderlich, die Abfälle bereits im Haushalt (bzw. im Betrieb) so weit wie möglich getrennt zu erfassen. Ob bei der getrennten Erfassung Holsysteme (z.B. Biotonne, Papiertonne, Gelbe Tonne) oder Bringsysteme (z.B. Glascontainer, Wertstoffhöfe) eingeführt werden sollen, lässt sich am besten vor Ort entscheiden. Systeme, die sich bewährt haben, sollten am besten nicht geändert werden.

Ganz allgemein gilt für die trockenen Wertstoffe ebenso wie für den Bioabfall, dass die getrennte Erfassung der Wertstoffe zu besseren Qualitäten führt und dadurch eine höhere effektive Verwertungsquote zu erreichen ist.

Zur Erzielung hoher Qualitäten ist in der Regel eine Nachsortierung und Aufarbeitung erforderlich. Insbesondere die über den gelben Sack oder die gelbe Tonne eingesammelten Verpackungsabfälle (sog. Leichtverpackungen, also Metall-, Kunststoff- und Verbundverpackungen) müssen einer weiteren Aufbereitung und Trennung unterzogen werden. In den vergangenen Jahren wurden hierzu weitgehend automatisierte Techniken entwickelt. Im Hinblick auf den Gesundheitsschutz des Personals begrüßt der BUND diese Entwicklung und setzt sich dafür ein, diese Techniken flächendeckend einzuführen.

Die gemeinsame Erfassung aller Abfälle in einer Tonne (»Mischtonne«) mit anschließender Aussortierung von Wertstoffen mit aufwändiger Technik wird aber vom BUND wie auch den meisten Fachleuten als der falsche Weg betrachtet, denn durch den hohen Verschmutzungsgrad der gemeinsam

gesammelten Abfälle lassen sich qualitativ hochwertige Wertstoffe nicht gewinnen. Die Problematik des »Downcyclings« (Qualitätsverlust bei der Aufarbeitung) bei Kunststoffen wird dadurch nur noch größer.

Ein Abfall mit undefinierten Eigenschaften kann nicht vollständig in Produkte mit definierten Eigenschaften zerlegt werden<sup>15</sup>. Bei Sortierprozessen muss nämlich stets der Wirkungsgrad beachtet werden, der immer unter 100% liegt. Je besser die Vorsortierung, desto besser das Ergebnis des Trennverfahrens. Hinzu kommt, dass hochwertige Verfahren störanfälliger sind. Ferner wird meist übersehen, dass nur kapitalkräftige Unternehmen in derart teure Anlagen investieren können. Viele kleinere Firmen könnten verdrängt werden.

Zwar lassen sich auch aus gemischten Abfällen noch einige marktfähige Wertstoffe abtrennen und dies sollte auch versucht werden, aber es muss dabei unbedingt berücksichtigt werden, dass diese Wertstoffe nicht den höchsten Ansprüchen an die Qualität von Sekundärrohstoffen genügen können. Biomüll und Glasscherben in Abfallgemischen verringern die Papier- und Kunststoffqualität nun einmal. Die höheren Qualitäten würden auf dem Altstoffmarkt fehlen; eine höhere Produktion von Neuware wäre die Folge.

Inzwischen wird das Konzept der Mischtonne, in die alle Abfälle geworfen werden können, von Einzelfällen wie z.B. den Stabilatverfahren (s. Abschnitt 6.7) abgesehen, kaum noch vertreten, sondern allenfalls die gemeinsame Erfassung der Leichtverpackungen zusammen mit dem Restmüll (Begriff: »Grau-gelbe-Tonne« oder »Zebratonne«). Auch dieses System lehnt der BUND aber aus Gründen der Qualitätssicherung ab.

Neben dem Problem, dass durch die Vermischung mit dem Restmüll bei der »Zebratonne« nur mit massivem Aufwand bei der nachträglichen Sortie-

rung ausreichende Kunststoffqualitäten erreicht werden können, ergeben sich auch in rechtlicher Hinsicht Probleme.

Während Verpackungen privat zu entsorgen sind, ist Restmüll den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern zu überlassen (»andienungspflichtiger Abfall«). Die Vermutung liegt nahe, dass es bei der gemischten Abfuhr z.B. in der »Zebratonne« mehr um Privatisierung als um einen besseren Umweltschutz geht.

Abrechnungsprobleme zwischen den verschiedenen Systemen zur Verwertung von Verpackungen zeigen, dass Privatisierung und Wettbewerb im Abfallsektor nicht unbedingt zu sinnvollen Lösungen führen. Bund und Länder dürfen ihre Verantwortung nicht einfach an Privatfirmen abschieben. Die Vergabe des Grünen Punktes und die Abrechnung der Leistungen sind von einer neutralen Stelle durchzuführen. Wenn die Privatwirtschaft dabei versagt, muss das in öffentlich-rechtlicher Trägerschaft geschehen.

Die praktischen Schwierigkeiten, die durch den Aufbau mehrerer Dualer Systeme zur Entsorgung von Verpackungsabfällen entstanden sind, dürfen nicht dazu missbraucht werden, um die getrennte Sammlung generell zu diffamieren. Bei Altpapier gab es diese Schwierigkeiten ohnehin nicht und qualitätsgesicherter Bioabfallkompost ist ein sinnvolles Bodenverbesserungsprodukt.

Versuchen, Nicht-Verpackungs-Kunststoffe zusammen mit den Leichtverpackungen gemeinsam zu erfassen, steht der BUND vorerst positiv gegenüber, da die gemeinsame Erfassung nach dem Material akzeptabel ist und Qualitätseinbußen kaum zu befürchten sind. Allerdings müssen diese Versuche noch sorgfältig ausgewertet werden, bevor diese Erfassungsmethode abschließend beurteilt werden kann. Sie sollte auf jeden Fall weiter wissenschaftlich begleitet werden.

#### **4.5 Behandeln, Beseitigen**

Selbst wenn alle Möglichkeiten zur Vermeidung und Verwertung von Abfällen ausgeschöpft werden, bleiben noch beträchtliche Mengen an Restmüll übrig, die praktisch nicht mehr stofflich verwertet werden können. Hierzu zählt beispielsweise zerbrochenes Porzellan, Leder, fettiges oder anderweitig verschmutztes Papier, Duroplaste (Kunststoffe, die nicht durch Einschmelzen wieder verwertet werden können im Gegensatz zu den weitaus häufigeren Thermoplasten), Kehrriecht und Asche.

Seit dem Inkrafttreten der Abfallablagereungsverordnung (AbfAbV) am 1. Juni 2005 dürfen Siedlungsabfälle nicht mehr ohne vorherige Behandlung auf einer Deponie abgelagert werden. Zu den Siedlungsabfällen zählen u.a. Restmüll, Spermüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Gewerbeabfälle, Bauabfälle und Klärschlamm. Für behandelte Abfälle gelten sogenannte Zuordnungskriterien, die gewährleisten sollen, dass nur noch solche Abfälle auf Deponien abgelagert werden, die zu keiner nennenswerten Gasbildung führen können. Es werden allerdings immer wieder Ausnahmen genehmigt, wie z.B. die Überschreitung von Zuordnungskriterien bei belastetem Boden, Bauschutt oder Dachpappe.

Zwei verschiedene Arten der Abfallbehandlung sind in Deutschland vorherrschend, die reine Abfallverbrennung in Rostfeuerungsanlagen (s. Abschnitt 6.1) und die mechanisch-biologische Restmüllbehandlung (s. Abschnitt 6.6). Bei dieser wird das biologisch abbaubare Material so behandelt, dass es schadlos deponiert werden kann.

Seit 2007 hat der Klimaschutz erfreulicherweise wieder mehr Aufmerksamkeit erlangt, und es wird diskutiert, inwieweit die Abfallwirtschaft zum Schutz des Klimas beitragen kann.

Bei der herkömmlichen Deponierung von Gesamtmüll mit einem hohen Anteil von biogenen Abfällen werden tatsächlich erhebliche Mengen an Treib-

hausgasen emittiert, vor allem Methan ( $\text{CH}_4$ ), das 21 mal stärker als  $\text{CO}_2$  als Treibhausgas wirkt.

Diese Art der Deponierung wurde vom BUND seit langem kritisiert. Sicherlich ist vorgeschrieben, das Deponiegas zu fassen und zu verbrennen, und meist geschieht das auch unter Nutzung der dabei frei werdenden Energie, aber auch in einer gut betriebenen Deponie kann Deponiegas nicht zu 100% gefasst werden. Eine mehr oder minder große Menge entweicht. Die Vorbehandlung des Restmülls, um die Bildung von Deponiegas zu vermeiden, ist also auch unter Klimagesichtspunkten sinnvoll.

Da es seit Juni 2005 nicht mehr zulässig ist, nicht vorbehandelten Müll auf einer Deponie abzulagern, ist es nicht redlich, zu argumentieren, diese Verminderung der Treibhausgasemissionen wäre auf die Abfallverbrennung zurückzuführen.

Erstens ist die antiquierte Art der Deponierung von Gesamtmüll mit einem hohen Anteil von biogenen Abfällen sowieso verboten.

Zweitens stammen rund 45% des  $\text{CO}_2$ , das bei der Verbrennung ausgestoßen wird, aus fossilen Quellen, vornehmlich aus Kunststoffabfällen, was oft übersehen wird.

Drittens kann die Entstehung von  $\text{CH}_4$  vor allem durch die getrennte Sammlung von Biomüll mit anschließender Kompostierung verhindert werden. Und bei der Biomüllvergärung kann  $\text{CH}_4$  sogar zur Energieerzeugung genutzt werden.

Viertens kann Restmüll auch mechanisch-biologisch behandelt werden.

Fünftens, und das ist von noch größerer Bedeutung, muss auch die Energie- und  $\text{CO}_2$ -Menge berücksichtigt werden, die auf die Neuproduktion der verbrannten Gegenstände zurückzuführen ist (s. Abschnitt 1).

Es gibt also keinen Grund, Müll zu verbrennen, um Methan-Emissionen zu vermeiden.

Umgekehrt muss auch der positive Einfluss von Recyclingmaßnahmen auf den Klimaschutz dargestellt werden:

Berechnungen des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik<sup>16,17</sup>, ergaben für Papier/Pappe sowie für Stahl eine Verringerung des Ausstoßes an Treibhausgasen durch Recycling von jeweils 56%, verglichen mit der Produktion der entsprechenden Materialien aus Primärrohstoffen, bei Kupfer lag das Einsparpotential bei 64%, bei Polyethylenfolie bei rund 70% und bei PET sogar bei fast 85%.

Nach einer Studie des Ökopol-Instituts<sup>18</sup> werden schon derzeit rund 160 Millionen t Treibhausgase, berechnet als  $\text{CO}_2$ -Äquivalent, pro Jahr in den 27 EU-Ländern allein durch Recycling eingespart.

Zum Themenkreis Beseitigung gehört auch die Deponierung, die nicht in dieser Position, sondern in einer späteren Veröffentlichung näher behandelt wird.

# 5 Abfall und Energie

## 5.1 Zum Begriff »Energetische Verwertung«

Fast immer ist die Energiebilanz einer stofflichen Verwertung deutlich besser als die einer thermischen Verwertung bzw. Verbrennung in einer Abfallverbrennungsanlage, denn die bei der Verbrennung erzeugte Energie muss zum gesamten Energieinhalt des Mülls in Beziehung gesetzt werden. Es wird nämlich häufig übersehen, dass bei der Verbrennung nur ein Teil des Heizwerts genutzt wird, während die gesamte Produktionsenergie, die z.B. bei Papier, Pappe und zahlreichen Kunststoffen etwa ebenso hoch ist wie der Heizwert, vollständig verloren geht. Diese Gesamtenergie, bestehend aus dem Heizwert des Mülls und dem Primärenergiebedarf zur Herstellung der zu Müll gewordenen Produkte, wird als Energieäquivalenz-Wert bezeichnet. Sie wurde bei durchschnittlicher Müllzusammensetzung mit ca. 24,5 MJ/kg Müll<sup>19</sup> angegeben. Dieser Wert mag im Einzelfall höher oder niedriger sein, entscheidend ist, dass der Primärenergiebedarf bei der Herstellung der Produkte berücksichtigt werden muss.

Dies sei am Beispiel Papier näher erläutert (s. Abb. 1):

- Der Heizwert von Papier beträgt etwa 15 MJ/kg (siehe »H« in Abb. 1).
- Die Produktion eines kg Papier aus Zellstoff benötigt durchschnittlich rund 15 MJ. Die Gesamtenergie, also Heizwert + Produktionsenergie, beträgt also rund 30 MJ/kg (siehe »G« in Abb. 1).
- Bei der Müllverbrennung ist bei Kraft-Wärme-Kopplung mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 35%<sup>20</sup> nur rund 5,3 MJ/kg (35% von 15 MJ/kg) Energie zu erzeugen (siehe »E« in Abb. 1).
- Der Nettoverlust beträgt somit rund 24,7 MJ/kg von ursprünglich 30 MJ/kg.
- Demgegenüber ist für die Produktion von 1 kg Recyclingpapier aus Altpapier ein Energieaufwand von durchschnittlich nur 8 MJ notwendig. Der gesamte Heizwert bleibt erhalten.

Beim Recycling von Altpapier beträgt der Nettoverlust also lediglich 8 MJ/kg statt 24,7 MJ/kg bei der Verbrennung.

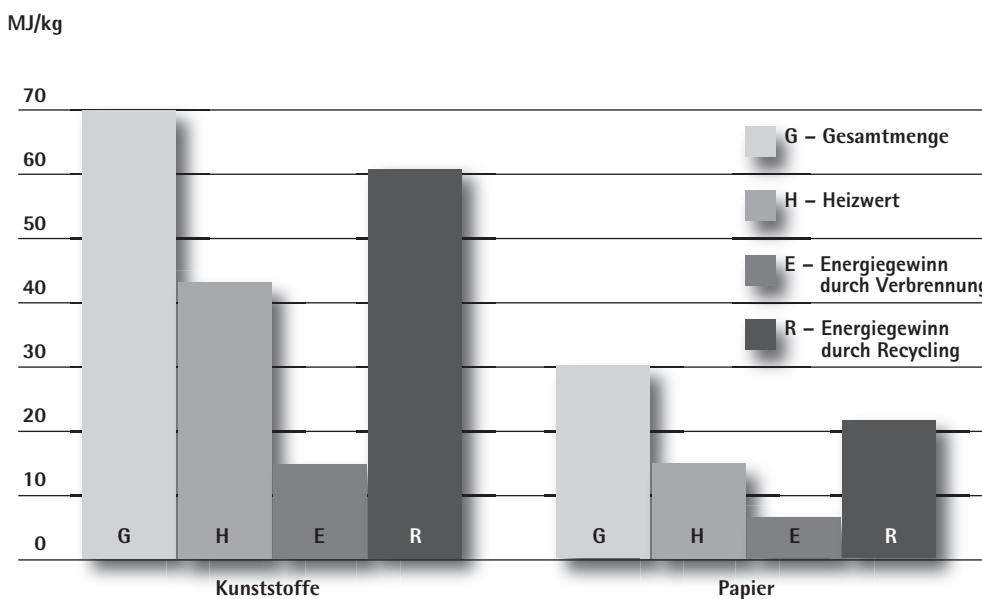


Abbildung 1:  
Energieverschwendung durch Müllverbrennung,  
MJ = Energieeinheit  
(1 MJ = 1.000 kJ =  
0,2778 kWh)

Ähnliche Zahlen ergeben sich bei der Verbrennung bzw. der werkstofflichen Verwertung von Kunststoffabfällen. Beim werkstofflichen Recycling muss ein Energieaufwand von rund 9 MJ/kg für das Sammeln, die maschinelle Trennung, das Nachreinigen und das Einschmelzen von sortenrein erfassten Kunststoffabfällen berücksichtigt werden<sup>21</sup>, was wenig ist bei einem Produktionsenergieaufwand in der Größenordnung von rund 40 MJ/kg. Selbst bei Produkten mit so hohem Heizwert schneidet die werkstoffliche Verwertung also immer noch günstiger ab als die Verbrennung (s. Abb. 1). Wenn sich also Chemie- und Kunststoffindustrie bei der Einführung des Dualen Systems lange gegen eine Teilnahme gesträubt hatten und stattdessen der »Thermischen Verwertung« den Vorzug geben wollten, so war das Irreführung. Der chemischen Industrie ging es in erster Linie darum, ihre Neuprodukte zu verkaufen. Insbesondere in den Anfangsjahren des Dualen Systems war die Verwertung gemischter Kunststoffabfälle aufgrund fehlender Technologien mit vielen Schwierigkeiten verbunden, was dann auch zu einigen Skandalen führte. Aus Tabelle 2 geht hervor, welchen Anteil die Produktionsenergie an der Gesamtenergie bei verschiedenen Kunststoffen aufweist.

Aus den hier dargelegten Gründen verwendet der BUND den Begriff »energetische Verwertung« in der Regel in Anführungszeichen und spricht stattdessen von einer Verbrennung von bestimmten Abfallfraktionen mit Nutzung der erzeugten Energie. Im KrW/AbfG wird als Kriterium für eine energetische Verwertung das Vorliegen eines Heizwerts von mindestens 11 MJ/kg genannt. Nach EU-Recht ist dieses Kriterium bei der Einstufung als thermische Verwertung nicht von Bedeutung.

In der Praxis steht die »energetische Verwertung« genauso wie die Restmüllverbrennung in direkter Konkurrenz zur Vermeidung und Verwertung. Gerade die Diskussionen um die Kunststoffverwertung und um die Mitverbrennung von Sekundär-brennstoffen haben das deutlich gezeigt.

Dass die stoffliche Verwertung von Abfällen aus der getrennten Sammlung kostengünstiger als die Verbrennung ist, gilt außer für Bioabfall, Altpapier, Altglas und Metallen inzwischen auch bei einer Reihe von Kunststoffen. Auf Grund des kräftigen Anstiegs der Ölpreise und somit auch der Preise für Rohware in den letzten Jahren lassen sich die gängigen Kunststoffsorten wie PE (Polyethylen), PP (Polypropylen) und PET (Polyethylenterephthalat) kostendeckend verwerten. Bei reinen Kunststoffabfällen, wie sie in Gewerbebetrieben anfallen können, war das übrigens schon immer der Fall.

Tabelle 2:  
Vergleich von Heizwerten und Energie-Äquivalenten für einige Kunststoffe<sup>22</sup>

Kunststoff	Produktionsenergie (MJ/kg)	Heizwert (MJ/kg)	Energie-Äquivalent (MJ/kg)	Verhältnis von Heizwert zu Energie-Äquivalent
Polyethylen	27	43	70	0,61
Polypropylen	29	44	73	0,60
Polystyrol	40	40	80	0,50
Hart-PVC	35	18	53	0,34
PET	53	31	84	0,37

Zum Vergleich:

	Heizwert (MJ/kg)
Heizöl	42
Holz	rund 16

## 5.2 Wirkungsgrad der Müllverbrennung

Bei der Produktion von Strom und Dampf bei der Verbrennung von Müll spielt eine Rolle, wie gut die im Müll steckende Energie in Müllverbrennungsanlagen genutzt wird, d.h. wie hoch der thermische Wirkungsgrad einer Müllverbrennungsanlage ist. Verfahrensbedingt sind diesem Grenzen gesetzt. Hierfür gibt es mehrere Gründe:

- Große Anteile des Verbrennungsguts sind ohne jeden Heizwert (z.B. noch im Müll vorhandenes Altglas, Steine, anderes mineralisches Material usw.).
- Aufgrund der Inhomogenität des »Brennstoffs« Müll ist ein hoher Luftüberschuss (ca. 50–100%) erforderlich.
- Die hohe Feuchte des Mülls von durchschnittlich 25–30% trägt zu einem niedrigen Heizwert bei.
- Der Energieverbrauch der Rauchgasreinigung liegt bei 2–5% des Energiegehaltes der verbrannten Abfälle.

Ein ganz wesentlicher Faktor aber ist, dass an vielen Standorten eine Auskopplung von Dampf oder Fernwärme aufgrund fehlender Infrastruktur nur in geringem Maße stattfindet oder überhaupt nicht möglich ist.

Unter Berücksichtigung des Energieverbrauchs für die Rauchgasreinigung und der Tatsache, dass eine Auskopplung von Dampf oder Fernwärme häufig nicht stattfindet bzw. nicht möglich ist, kann der durchschnittliche Wirkungsgrad deutscher Müllverbrennungsanlagen mit ca. 9% elektrisch und 26% thermisch (Prozessdampf, Fernwärme) beziffert werden<sup>13</sup>. Verglichen mit Heizkraftwerken, die mit Gas befeuert werden und Gesamtwirkungsgrade bis etwa 90% erzielen, ist das ausgesprochen wenig. Die Spanne ist sehr groß. An Standorten, an denen fast nur Strom erzeugt wird – und das ist recht häufig – liegt der Wirkungsgrad bei 15% und darunter. Wenn hauptsächlich die Abwärme genutzt wird, können bis

ca. 70% der eingebrachten Energie verwertet werden. Auch das liegt unter dem thermischen Wirkungsgrad von Fernheizwerken mit Werten von knapp über 90%.

Im Zuge steigender Preise für Strom und Dampf hat die Energienutzung beim Bau neuer Anlagen eine zunehmend bedeutende Rolle. Neuanlagen werden vermehrt an industrienahen Standorten geplant, die höhere Wirkungsgrade erlauben. Anscheinend lohnte sich das Geschäft mit der Abfallverbrennung aber auch an energetisch ungünstigen Standorten. Beispielsweise hat die Fa. Vattenfall in der Nähe von Berlin zur Versorgung eines benachbarten Zementwerkes mit Strom eine Abfallverbrennungsanlage gebaut. Das Zementwerk wirft am Standort schon selbst so große Mengen ungenutzter Wärme ab, dass eine Kraft-Wärme-Kopplung für diese neue Verbrennungsanlage nie in Frage kam.

In den 80er Jahren lag der Heizwert des Mülls in Deutschland (West) zwischen 7 und 9,4 MJ/kg Müll<sup>14</sup>. Durch die seitdem verstärkte Biomüll-, Altglas- und Metallverwertung ist der Heizwert des Restmülls angestiegen, z.B. in Bayern im Jahr 2006 auf 9,3–13,0 MJ/kg Müll<sup>15</sup>. Nur ganz vereinzelt kommt es vor, dass bei zu geringem Heizwert des Mülls die Feuerraumtemperatur absinkt und die Stützfeuerung zugeschaltet werden muss, die mit Heizöl oder Erdgas erfolgt, was dann den Gesamtwirkungsgrad dieser MVA noch einmal verringert.

# 6 Behandlung von Siedlungsabfällen

**A**m 1. Juni 2005 trat ein bundesweites Ablagerungsverbot für behandlungsbedürftige Abfälle auf Deponien in Kraft. Die Ablagerung auf Deponien ist seither nach der AbfAbIV nur zulässig, wenn der behandelte Abfall bestimmte Kriterien einhalten kann.

Zwei verschiedene Arten der Abfallbehandlung sind in Deutschland vorherrschend. Bei der reinen Abfallverbrennung wird der Restmüll, so wie er angeliefert wird, in die Verbrennung aufgegeben. In Deutschland sind dabei fast ausschließlich Rostfeuerungsanlagen im Einsatz, deren Verbrennungstechnik sich in den vergangenen Jahrzehnten nicht grundsätzlich geändert hat.

In den vergangenen 15 Jahren hat sich neben der Verbrennung die mechanisch-biologische Restmüllbehandlung etabliert. Dabei wird das Restmüllgemisch mit mechanischen Trennverfahren in verschiedene Teilströme aufgetrennt. Das biologisch abbaubare Material wird so behandelt, dass es schadlos deponiert werden kann.

Die Kapazität der Müllverbrennungsanlagen in Deutschland betrug Ende 2007 etwa 17,5 Mio. t/Jahr, die von mechanisch-biologisch arbeitenden Anlagen rund 5,7 Mio. t/Jahr<sup>16</sup>. Etwa 25–30% des Haus- und Sperrmülls werden in mechanisch-biologische Anlagen (MBA) geliefert, der Rest wird in Müllverbrennungsanlagen verbrannt.

## 6.1 Abfallverbrennung

### 6.1.1 Emissionen von Müllverbrennungsanlagen

Es wird oft behauptet, die im Müll enthaltenen Schadstoffe würden zerstört und die Abgase, die nach der Rauchgasreinigung in die Umwelt abgegeben werden, wären »fast absolut« sauber. Das ist in dieser Form nicht haltbar. Allein schon die Tatsache, dass eine MVA mit einem Jahresdurchsatz von 200.000 t jährlich 200 t Stickoxide ausstoßen darf, entlarvt solche Aussagen als Unfug. Auch gute Entstickungsanlagen schöpfen diesen Grenzwert zu einem Drittel aus.

Die eigentliche Verbrennung der flüchtigen Stoffe findet im Feuerraum statt. Hierbei werden bei Temperaturen von 800 bis 950°C die entstandenen gasförmigen Bestandteile teilweise oxidiert. Für einen möglichst guten Ausbrand sind die Feuerraumtemperatur, der Sauerstoffgehalt im Feuerraum und ein möglichst guter Kontakt zwischen Brenngut und Verbrennungsluft wichtig. Je kleiner die Korngröße, also je größer die spezifische Oberfläche des Brennstoffes ist, desto besser ist der Ausbrand.

Durch die hohen Temperaturen im Feuerungsraum werden insbesondere organische Schadstoffe weitgehend zerstört. Während des Verbrennungsprozesses und der nachfolgenden Abkühlung der Rauchgase wird aber eine Vielzahl von neuen Schadstoffen gebildet bzw. aktiviert. Am bekanntesten ist der Prozess der Neubildung von Dioxinen und Furanen, die sogenannte De-Novo-Synthese. Verfahrenstechnisch versucht man diesem Problem damit zu begegnen, dass bei der Abkühlung der Rauchgase die Verweilzeit der Rauchgase bei den Temperaturen, bei denen die Neubildung von Dioxinen und Furanen stattfindet (250°C bis 350°C), möglichst niedrig gehalten wird. Die entstandenen Schadstoffe müssen jedenfalls durch aufwändige Technik wieder aus dem Rauchgas abgetrennt oder zerstört werden.

Hinzu kommt, dass die Verbrennung von organischen Stoffen nie vollständig ist. Und selbst nach der vorgeschriebenen Rauchgasreinigung sind bei den organischen Verbindungen Emissionen von 10 mg/m<sup>3</sup> zulässig. Bei vollständiger Oxidation lägen sie bei 0 mg/m<sup>3</sup> oder allenfalls unter der Nachweisgrenze.

Auf dem Rost sind Temperaturen von 800°C nicht zuverlässig zu erreichen, so dass für die festen Rückstände aus der Verbrennung gilt, dass eine vollständige Zerstörung der organischen Stoffe praktisch nicht möglich ist.

Nach den Vorschriften der AbfAbIV ist es zulässig, Reststoffe aus der Müllverbrennung abzulagern, die bis zu 3 Gew.-% an organischem Kohlenstoff ent-



halten. Gehalte an organischem Kohlenstoff in der Schlacke von österreichischen Anlagen im Bereich von 1,4% bis 2,8% zeigen, dass der Ausbrand in Müllverbrennungsanlagen nicht vollständig ist<sup>27</sup>. Das beweist, dass von einer vollständigen Zerstörung organischer Schadstoffe in der Praxis nicht die Rede sein kann und deshalb der Grenzwert für die organischen Verbindungen in den festen Verbrennungsrückständen gar nicht bei 0 liegen kann. Die 17. BImSchV schreibt für die Feuerungsbedingungen in der Nachbrennzone eine Mindesttemperatur von 850°C bei einer Verweilzeit von mindestens 2 Sekunden vor. Insbesondere bei den SNCR-Verfahren (Selective Non-Catalytic Reduction, selektive nicht-katalytische Reduktion von Stickoxiden) ist dies nicht gewährleistet, da es durch die Eindüsung von erheblichen Mengen an Ammoniakwasser in der Nachbrennzone zu Kühleffekten kommt.

Luftschadstoffe aus der Abfallverbrennung lassen sich grundsätzlich in drei Gruppen einteilen:

1. klassische Luftschadstoffe, wie z.B. Staub, SO<sub>2</sub>, HCl, HF und Stickoxide (NO<sub>x</sub>). Die im Feuerungsraum gebildeten Stickoxide stammen unter normalen Verbrennungsbedingungen überwiegend aus dem Brenngut. Die sog. thermischen Stickoxide entstehen erst bei Temperaturen ab ca. 950°C in höheren Mengen im Bereich der heißen Nachbrennzone.
2. organische Schadstoffe, wie z.B. polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) oder Dioxine und Furane (PCDD/F). Eine insbesondere in den Abgasen der Müllverbrennung unterschätzte Schadstoffgruppe sind die hochtoxischen dioxinähnlich wirkenden polychlorierten Biphenyle (PCB). Diese werden im MVA-Abgas nicht mit Grenzwerten reglementiert und dementsprechend messtechnisch auch nicht erfasst.
3. Schwermetalle, wie z.B. die krebserregenden Stoffe Cadmium, Arsen, Chrom (VI) und Nickel oder hoch toxische Metalle, wie z.B. Quecksilber und Blei.

Durch die Verabschiedung der 17. BImSchV gingen die Emissionen der Abfallverbrennungsanlagen in Deutschland deutlich zurück. Im Normalbetrieb werden die Grenzwerte der Verordnung sicher eingehalten und werden insbesondere bei mehrstufigen Systemen, die z.B. einen Wäscher, einen Gewebefilter mit vorangehender Eindüsung von Herdofenkoks und Kalkhydrat sowie einen Katalysator aufweisen, deutlich unterschritten. Auch wenn diese Rauchgasreinigung erforderlich ist, muss daran erinnert werden, dass ein erheblicher Betriebsmittelbedarf hierfür erforderlich ist.

*Tabelle 3:  
Emissionsgrenzwerte der 17. BImSchV (Tagesmittelwerte bzw. Mittelwerte über die Probenahmezeit Angaben in mg/m<sup>3</sup>, außer bei Dioxinen/Furanen*

Schadstoff	Emissionsgrenzwert
Gesamtstaub	10
Organische Stoffe (TOC)	10
Kohlenmonoxid	50
Chlorwasserstoff (HCl)	10
Fluorwasserstoff (HF)	1
Schwefeldioxid	50
Stickoxide (als NO <sub>2</sub> )	200
Quecksilber	0,03
Cadmium + Thallium	0,05
Schwermetalle*	0,5
Summe Arsen, Benzo(a)pyren, Cadmium, Cobalt, Chrom	0,05
Polychlorierte Dioxine/Furane (TE)**	0,1 ng/m <sup>3</sup>

\* Summe von Antimon, Blei, Chrom, Kobalt, Kupfer, Mangan, Vanadium, Nickel, Zinn und Arsen, \*\* TE: Toxische Äquivalente

Die Grenzwerte der 17. BImSchV gelten nicht bei besonderen Betriebszuständen wie z.B. Betriebsstörungen und bei An- und Abfahrvorgängen. Auch ist der Betrieb einer Abfallverbrennungsanlage trotz Überschreitung eines Grenzwertes für eine bestimmte Zeit zulässig.



### 6.1.2 Saure Schadstoffe

Die sauren Schadstoffe  $\text{SO}_2$ , HCl und HF, die sich erst bei der Verbrennung bilden, lassen sich entweder mit Hilfe eines mehrstufigen Abluftwäschers oder durch Gewebefilter mit vorangehender Eindüsung von Herdofenkoks und Kalkhydrat abscheiden. Beide Systeme sind auch in der Lage, die Staubemissionen zu mindern. Nassverfahren mit Wäschern sind bei der Abscheidung von sauren Schadstoffen wesentlich effektiver als trockene Verfahren. Auch Quecksilber wird von Wäschern sehr effektiv abgeschieden, vor allem dann, wenn es in höheren Konzentrationen im ungereinigten Rauchgas (Rohgas) auftritt.

### 6.1.3 Stickoxide

Für die Entstickung von Rauchgasen der Abfallverbrennung kommen zwei grundsätzlich verschiedene Verfahren zur Anwendung. In neueren Anlagen wird Ammoniakwasser oder Harnstoff im Bereich der Nachverbrennungszone in den Rauchgasstrom eingedüst. Bei den dort vorhandenen hohen Temperaturen findet dann eine Reaktion mit den Stickoxiden statt, bei der Luftstickstoff und Wasser gebildet werden (Selective Non-Catalytic Reduction; kurz SNCR-Verfahren). Ein Nachteil dieser Technik ist der relativ hohe Ammoniakschlupf, der zu entsprechend hohen Konzentrationen dieses Schadstoffes im Abgas führt. Mit diesem Verfahren kann der  $\text{NO}_x$ -Emissionsgrenzwert der 17. BImSchV von  $200 \text{ mg/m}^3$  noch eingehalten werden.

Dagegen sind die katalytischen Verfahren (Selective Catalytic Reduction, kurz SCR-Verfahren) wesentlich effektiver. Sie sind bei ca. 50% aller Anlagen in Deutschland derzeit in Betrieb.  $\text{NO}_x$ -Emissionen deutlich unter  $100 \text{ mg/m}^3$  sind problemlos möglich. Der Durchschnitt der  $\text{NO}_x$ -Emissionen bundesdeutscher Müllverbrennungsanlagen mit SCR-Entstickung lag bei einem Vergleich bei  $74 \text{ mg/m}^3$ , der von Anlagen mit SNCR-Entstickung hingegen bei  $142 \text{ mg/m}^3$ , also rund 90% höher<sup>28</sup>.

Allerdings sind die Investitionskosten für SCR-Anlagen gegenüber den SNCR-Verfahren deutlich höher. Die bei der Müllverbrennung eingesetzten Verfahren arbeiten in einem Temperaturfenster von  $250^\circ\text{C}$  bis  $300^\circ\text{C}$  nach der Entstaubung. Dies macht eine Wiederaufheizung der zuvor beispielsweise in einem Wäscher abgekühlten Rauchgase erforderlich, was bei konsequenter Energienutzung am Standort zu zusätzlichem Gas- oder Heizölverbrauch führen kann.

Wegen der im Vergleich zu den SNCR-Verfahren deutlich besseren Wirkungsgrade plädiert der BUND für die Katalysatortechnik.

### 6.1.4 Organische Schadstoffe

In den 70er und 80er Jahren sind Abfallverbrennungsanlagen zu Recht als Dioxinschleudern sehr in Verruf geraten. Durch den Einsatz von Abscheidungstechniken auf Aktivkohlebasis konnten die PCDD/F-Emissionen in der Abluft in den vergangenen 20 Jahren deutlich verringert werden.

Dies darf die Behörden aber nicht dazu verleiten, auch die Verbrennung gefährlicher Abfälle (früher als Sondermüll bezeichnet) in reinen Hausmüllverbrennungsanlagen zu genehmigen. Insbesondere für Abfälle mit hohen Gehalten an organischen Schadstoffen sind diese Anlagen nicht ausgelegt. Ein lange Zeit stark unterschätztes Problem stellt die De-Novo-Synthese von PCDD/F beim Anfahrbetrieb von Abfallverbrennungsanlage dar. Messungen an verschiedenen Abfallverbrennungsanlagen zeigten, dass im Rohgas Emissionen auftreten können, die im Extremfall mehr als 1.000 Mal höher sind als im Regelbetrieb<sup>29,30,31</sup>. Das liegt daran, dass sich während des Betriebs im Kessel Ruß, Chloride und Schwermetalle absetzen. Wird die Anlage nach einem Stillstand wieder angefahren, wandert das für die Neubildung von Polychlorierten Dibenzodioxinen und Polychlorierten Dibenzofuranen (PCDD/F) kritische Temperaturfenster von  $250^\circ\text{C}$  bis  $350^\circ\text{C}$  durch den gesamten Bereich des Kessels hindurch. Das bedeutet, dass durch das Anfahren und dem da-

mit verbundenen langsamen Aufheizen des Kessels auch jene Bereiche des Kessels betroffen sind, die sonst viel höheren Temperaturen ausgesetzt werden. Gerade bei niedrigen Temperaturen, wie sie im Anfahrbetrieb zwangsläufig auftreten, ist der Betrieb einer trockenen Rauchgasreinigung sehr problematisch, da das durch die Reaktion mit dem Kalk gebildete Kalziumchlorid den Gewebefilter verklebt. Um das Problem zu umgehen, wurden in Unkenntnis der oben beschriebenen Neubildung von PCDD/F beim Anfahren an vielen Anlagen Bypass-Leitungen eingebaut oder geplant, mit denen die Rauchgasreinigung schlichtweg umfahren wird. Die Abgase werden dann in dieser Betriebsphase, die einen Tag oder länger andauern kann, weitgehend ungereinigt über den Schornstein freigesetzt.

Mittlerweile stehen Techniken zur Verfügung, die eine Abreinigung von PCDD/F im Anfahrbetrieb ermöglichen, wie z.B. die Aufheizung von Gewebefiltern vor der Inbetriebnahme. Trotzdem werden auch heute noch Müllverbrennungsanlagen mit Bypass-Leitungen geplant und von unwissenden Behörden genehmigt.

### 6.1.5 Schwermetalle

Schwermetalle sind größtenteils an die im Rauchgas vorhandenen Stäube gebunden. Ein besonderes Problem stellt das giftige Schwermetall Quecksilber (Hg) dar. Durch seinen geringen Siedepunkt liegt Quecksilber zu hohen Anteilen im Rauchgas als Gas vor und kann daher nicht über den Staub abgeschieden werden. Zur Abscheidung werden Wäscher und/oder Aktivkohle eingesetzt. Bei durchschnittlichen Quecksilbergehalten im Rohgas können mit beiden Techniken die Grenzwerte der 17. BImSchV problemlos eingehalten werden, wobei Anlagen mit Wäscher deutlich niedrigere Restkonzentrationen im Reingas aufweisen<sup>32</sup>.

Erhebliche Probleme bis hin zu massiven Grenzwertüberschreitungen gibt es immer wieder dann, wenn große Mengen an Quecksilber, z.B. über Gewerbeabfälle, in die Anlage eingebracht werden.

Der bislang größte Störfall trat in der MVA Weisweiler im Jahr 2001 auf. Nach überschlägigen Berechnungen wurde dabei weit über 1 t Quecksilber über den Abfall in die Anlage eingebracht und mindestens 35 kg Quecksilber in der Umgebung der Anlage freigesetzt<sup>33</sup>. Da das kontinuierlich arbeitende Messgerät bei den hohen Quecksilberkonzentrationen im Abgas versagte, können auch deutlich höhere Mengen freigesetzt worden sein. Verglichen mit den Gesamtquecksilberemissionen der Anlage im Regelbetrieb von ca. 8 kg/Jahr ist eine solche Menge als dramatisch zu bezeichnen.

Das mit Abstand meiste Quecksilber wird durch den Wäscher der Anlage zurückgehalten. Dagegen sind die über den Gewebefilter mit Herdofenkoks und Kalkhydrateindüsung zurückgehaltenen Quecksilbermengen relativ gering. Wäre die MVA Weisweiler bei dem oben beschriebenen Störfall nur mit einer einstufigen Trockensorption ausgerüstet gewesen, kann davon ausgegangen werden, dass der größte Teil des in die Anlage eingebrachten Quecksilbers über das Abgas in die Atmosphäre freigesetzt worden wäre.

### 6.1.6 Überwachungseinrichtungen

Klassische Luftschadstoffe, wie z.B. Staub, SO<sub>2</sub>, HCl und NO<sub>x</sub> sind in Abfallverbrennungsanlagen kontinuierlich messtechnisch zu erfassen. Andere Schadstoffe dagegen, insbesondere Schwermetalle und PCDD/F müssen nur einmal im Jahr gemessen werden. Es versteht sich von selbst, dass ein Anlagenbetreiber bei den angemeldeten Messungen bemüht ist, seine Anlage besonders optimal zu fahren. In einem neuen Licht erscheinen in diesem Zusammenhang Äußerungen in einigen Genehmigungsanträgen, in denen die Rede davon war, dass die Zufuhr von Aktivkohle »nur bei Bedarf« erfolgen soll. Schon seit mehreren Jahren ist eine Einrichtung auf dem Markt, die es erlaubt, Proben von PCDD/F über einen ausgewählten Zeitraum, von z.B. 2 Wochen zu ziehen. Dieses so genannte AMESA-Verfahren kann zwar keine kontinuierliche Messung ersetzen, gleichwohl ist es aber möglich, mit dem

Verfahren zumindest die durchschnittlichen Dioxinmissionen, die über einen bestimmten Probenahmezeitraum aufgetreten sind, zu erfassen. In Belgien ist das Probenahmeverfahren mittlerweile flächendeckend eingeführt und vorgeschrieben. In Deutschland hat sich die Lobby der Abfallverbrenner bislang erfolgreich gegen eine flächendeckende Einführung zur Wehr gesetzt.

Grundsätzlich wäre mit dem Verfahren auch die Probenahme von Schwermetallen möglich. Bislang wurden jedoch nur für Quecksilber kontinuierlich arbeitende Verfahren entwickelt und vorgeschrieben. In mehr als der Hälfte der deutschen Anlagen wird von einer Ausnahmeregelung nach § 11 Abs. 2 der 17. BImSchV Gebrauch gemacht und Quecksilber nicht kontinuierlich, sondern in der Regel nur einmal im Jahr gemessen. Die tatsächlichen Quecksilberemissionen dieser Anlagen sind daher weitgehend unbekannt. Bei etwa der Hälfte der Anlagen mit kontinuierlicher Messung kam es zu Grenzwertüberschreitungen. Der Vorfall in der MVA Weisweiler, bei dem durch rechtzeitig eingeleitete Gegenmaßnahmen das Allerschlimmste verhütet werden konnte, wäre ohne kontinuierliche Messungen der Hg-Konzentration höchstwahrscheinlich nicht entdeckt worden.

Noch schlimmer stellt sich die Situation im Bereich der Kontrolle der Abfallanlieferungen dar. Zwar enthalten die Genehmigungsbescheide für Abfallverbrennungsanlagen Maximalkonzentrationen für Schwermetalle, doch wirksame Eingangskontrollen, z.B. durch stichprobenartige Schadstoffanalysen, existieren derzeit in Deutschland faktisch nicht. Lediglich in einigen Bundesländern, z.B. Nordrhein-Westfalen, gab es in jüngerer Zeit erste Ansätze für Stichprobenkontrollen des Abfalls.

### 6.1.7 Fazit

Es lässt sich also an mehreren Punkten feststellen, dass bei der Abfallverbrennung häufig eine Problemverschiebung stattfindet: Ein Problem wird gelöst, ein neues wird geschaffen.

Bei Neuplanungen von Abfallverbrennungsanlagen zeigte sich in den vergangenen Jahren ein starker Trend zu relativ einfachen, kostengünstigen einstufigen Rauchgasreinigungstechniken, die als Herzstück einen Gewebefilter aufweisen, vor dem Kalkhydrat oder Natriumhydrogenkarbonat zusammen mit Aktivkohle oder dem billigeren Herdofenkoks eingedüst wird. Zwar können auch mit diesen Verfahren die Grenzwerte der 17. BImSchV eingehalten werden. Die Emissionen liegen aber deutlich über denen der oben genannten mehrstufigen Systeme. Hinzu kommen bei einstufigen Verfahren deutliche Abstriche an der Anlagensicherheit. Das Beispiel der MVA Weisweiler zeigt dies nachdrücklich. Vom BUND wird dieser Rückschritt bei der Luftreinhaltung daher mit großer Sorge betrachtet und entschieden abgelehnt.

Einstufige trockene Verfahren weisen einen weiteren erheblichen Nachteil auf: Um den geringeren Abscheidungsgrad trockener Rauchgasreinigungsverfahren auszugleichen und somit erheblich höhere Emissionen an Luftschadstoffen zu vermeiden, müssen die Reaktionsmittel in großem Überschuss zugegeben werden, was einen wesentlich höheren Betriebsmittelbedarf nach sich zieht und eine Verschwendung von Ressourcen darstellt. Die Menge an Rückständen aus der Rauchgasreinigung liegt bei Nassverfahren im Durchschnitt rund 40% niedriger als bei trockenen Rauchgasreinigungsverfahren<sup>34</sup>.

### 6.1.8 Beispiel Tiermehlverbrennung

Dass nicht alles ein Brennstoff ist, was einen Heizwert aufweist, lässt sich anschaulich am Beispiel Tiermehl zeigen. Das im Zuge der BSE-Krise 2001 in großen Mengen auf dem Entsorgungsmarkt auftauchende Tiermehl hat einen Heizwert von 15–20 MJ/kg. Trotzdem ist es mit einer Reihe von praktischen Schwierigkeiten verbunden, Tiermehl in einer MVA mit Rostfeuerung zu verbrennen. Das Problem des vergleichsweise zu hohen Heizwerts ist durch die Verringerung des Durchsatzes noch relativ einfach zu lösen.

Schwierigkeiten bereiten vor allem die viel zu hohen Calcium- und Phosphorgehalte im Tiermehl. Hierdurch sinkt der Erweichungspunkt der Schlacke, was zu Verklebungen des Rostes führen kann. Weiterhin kann Phosphor zu Verklebungen und Verstopfungen von Rohrleitungen, Filtern und apparativen Einrichtungen in der MVA führen. Auch eine völlige Verstopfung der Rauchgasreinigung mit Ausfall des Gewebefilters ist schon vorgekommen<sup>35</sup>. Tiermehl kann daher nur in geringen Mengen in einer MVA entsorgt werden.

#### 6.1.9 Störanfälligkeit der Müllverbrennungsanlagen

Auch aufgrund der chemischen und thermischen Beanspruchung des Materials durch aggressive saure Gase und Temperaturen bis zu 1.000°C kann es in Müllverbrennungsanlagen zu Betriebsstörungen kommen. Erst in den letzten Jahren wurde stärker auf die Korrosionsbeständigkeit des verwendeten Materials geachtet.

Bei derartigen Störungen können die Grenzwerte der 17. BImSchV weit überschritten werden. Für einen bestimmten Zeitraum von einigen Stunden wird dies sogar vom Gesetzgeber erlaubt. Die Zufuhr von neuem Müll wird zwar gestoppt, aber die chemischen Prozesse laufen mit dem vorhandenen Müll zunächst weiter. Ungereinigtes Rauchgas kann über die erwähnten Bypass-Leitungen in die Umgebung abgeleitet werden, ohne vorher eine Reinigungsstufe durchlaufen zu haben. Dies ist nicht akzeptabel. Auch Bypass-Leitungen sollten mit mindestens einer Reinigungsstufe ausgerüstet sein.

Gefährlich sind auch Müllbunkerbrände, die in Müllverbrennungsanlagen immer wieder auftreten. Ein einmal entstandener Brand findet im Müllbunker reichlich Nahrung, so dass sich diese Brände nur durch den großen Einsatz von Technik löschen lassen. Bei einem Müllbunkerbrand in der MVA Augsburg im Februar 2006 waren selbst nach 4 Tagen nicht alle Glutnester gelöscht<sup>36</sup>. Ähnliche Brände traten in den Anlagen in Bielefeld, Göppingen und Bamberg auf.

#### 6.1.10 Rückstände aus Müllverbrennungsanlagen

Die festen Rückstände aus der Verbrennung, also Müllverbrennungsschlacke (-asche), Filterstäube und Rückstände aus der Rauchgasreinigung, enthalten nicht nur fast die ganze Schwermetallfracht des eingebrachten Abfalls, sondern auch noch organische Schadstoffe, die bei der Verbrennung nicht völlig zerstört worden sind oder sich z.B. bei der De-Novo-Synthese neu gebildet haben. Diese Neubildungsprozesse überwiegen den Zerstörungsprozess deutlich. Anhand einer Stoffstrombetrachtung mit Daten aus der MVA Spittelau in Österreich<sup>37</sup> lässt sich dies am Beispiel von PCDD/F verdeutlichen (siehe Tab. 4). Nach der Verbrennung ist somit in den Austragsströmen das 10-fache der PCDD/F-Menge vorhanden, die über den Abfall eingebracht wurde.

	Stoffstrompfad	Menge in {ng/kg}
<i>Eintrag</i>	<i>Über Abfall</i>	5,8
<i>Austrag</i>	<i>Rostasche</i>	1,03
	<i>Filterstäube</i>	57
	<i>Filterkuchen (nasse Stufen)</i>	0,2
	<i>Abgas</i>	0,09
	<i>Summe</i>	58,3

##### 6.1.10.1 Schlacke (Asche)

Der feste Rückstand vom Verbrennungsrost, die sog. Rohschlacke, muss zunächst gesiebt werden, um unverbrannte Bestandteile und Metallgegenstände abzutrennen. Das nach der Siebung entstandene inhomogene Stoffgemisch muss in jedem Fall zwischengelagert werden, um die Grenzwerte für Eluat für die Ablagerung auf Deponien überhaupt einhalten zu können.

Die Hauptbestandteile von MVA-Asche sind Aschen und Schmelzprodukte<sup>38</sup>. Die Zusammensetzung der Asche kann in Abhängigkeit von der Abfallzusammensetzung und dem Ausbrand stark schwanken. Die Asche ist mit organischen Schadstoffen und mit Schwermetallen belastet (s. Tab. 5).

*Tabelle 4:  
PCDD/F-Bilanz für die  
MVA Spittelau; die  
Einheit ng/kg versteht  
sich als ng pro kg an  
eingebrachtem Abfall*

Tabelle 5 :  
Feststoffgehalte von  
Rost- und Kesselaschen  
aus der Abfallverbrennung;  
Quelle: ABANDA-Datenbank LUA NRW<sup>39</sup>

Parameter	Einheit	N	Median
As	mg/kg	88	17,3
Cd	mg/kg	102	5
Cr ges	mg/kg	93	175
Ni	mg/kg	111	124
Pb	mg/kg	109	415
Hg	mg/kg	62	0,4
PCB	mg/kg	7	0,02
PAK	mg/kg	6	0,01

N: Zahl der Messwerte

Daten aus Österreich zu Gehalten an organischen Schadstoffen in MVA-Schlacken zeigen bei PCDD/F Werte bis zu 56 ng/kg TS und bei den polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) bis zu 0,46 mg/kg<sup>40</sup>. Diese hohen Werte und die Schwankungsbreite sind bei einer Ablagerung auf einer Deponie der Klasse II nach Ansicht des BUND kein Problem. Gerade aber wegen der Schwankungen und der Unmöglichkeit, die Belastung der Schlacke ständig zu messen, spricht sich der BUND entschieden gegen eine Verwertung von MVA-Schlacke z.B. als Baustoff aus.

#### 6.1.10.2 Rückstände aus der Rauchgasreinigung

In Abhängigkeit vom gewählten Rauchgasreinigungsverfahren und der jeweiligen Reinigungsstufe fallen in Abfallverbrennungsanlagen verschiedene Arten von festen Rückständen aus der Rauchgasreinigung an:

- Filterstäube aus Zyklonabscheidern, Elektrofiltern und Gewebefiltern,
- Rückstände aus der Rauchgaswäsche in Form von Mischsalzen,
- Rückstände aus der Trockensorption in Form eines Gemisches aus Stäuben und Reaktionsprodukten.

Allen diesen Rückständen gemeinsam ist, dass sie sehr hohe Schadstoffbelastungen aufweisen. Abgasreinigungsrückstände aus der Abfallverbrennung zählen zu den giftigsten Massenabfällen in Deutschland überhaupt. Andererseits bildet diese Abfallfraktion auch eine Senke für toxische und krebserregende Schadstoffe. Die insbesondere in den Rückständen der Trockensorption und der Rauchgaswäsche enthaltenen Salze sind gut wasserlöslich, so dass eine Ablagerung unbehandelter Rückstände auf obertägigen Deponien nicht zulässig ist.

Der Hauptentsorgungsweg dieser Stoffe ist derzeit die Verbringung unter Tage im Bergversatz. Auch in untertägige Sonderabfalldeponien im Salzgestein werden Rückstände aus der Rauchgasreinigung verbracht. Dieser Weg hat aber aus Kostengründen nur noch geringe Bedeutung. Mit Ausnahme des Versatzes im Salzgestein müssen laut Gesetz für den Bergversatz bestimmte Grenzwerte im Eluat und Feststoff eingehalten werden. Insbesondere der Versatz im Kohlegestein wird vom BUND abgelehnt wegen der Gefahr der Grundwasserverunreinigung mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen. Dies trifft übrigens auch auf den Versatz von Aschen aus Abfallverbrennungsanlagen zu.

In jüngerer Zeit sind Bestrebungen zu beobachten, Filterstäube aus der Abfallverbrennung nach vorangehender Immobilisierung zur Verfüllung alter Deponien insbesondere im Osten Deutschlands zu verwenden. Die Filterstäube werden dabei sowohl als Zuschlagstoffe als auch als zu verfestigender Stoff eingesetzt. Aus Gründen der fehlenden Langzeitsicherheit lehnt der BUND diese Bestrebungen kategorisch ab.

### 6.1.10.3 Schrott aus MVA-Asche

Grundsätzlich ist die Verwertung der in der Müllverbrennungsasche enthaltenen Metalle sinnvoll. Allerdings ist die Magnetabscheidung des Eisenschrotts aus der die MVA-Schlacke/-Asche nicht besonders effizient. Mindestens 30% des Eisens bleiben in der Asche zurück und gehen damit für das Recycling verloren<sup>41</sup>. Außerdem verändert der Verbrennungsvorgang die Zusammensetzung des Weißblechschrotts, so dass eine Verwertbarkeit in den Stahlwerken eingeschränkt ist<sup>42</sup>. Beim Einschmelzen eines schlecht aufbereiteten Müllverbrennungsschrotts sind große Verluste an Eisen zu verzeichnen, die, bezogen auf die ursprüngliche Menge an Eisen, bis zu 45% betragen können<sup>43</sup>.

Weiterhin ist mit einer Erhöhung der Dioxinbelastung zu rechnen. Messungen ergaben, dass beim Einsatz eines derartigen Schrotts in einem Elektrostahlwerk, verglichen mit dem Einsatz normaler Schrottsorten, bis zu 36mal höhere Dioxinkonzentrationen emittiert wurden<sup>44</sup>. Auch dieses Beispiel zeigt deutlich, dass das insgesamt bestehende Dioxinrisiko durch die Müllverbrennung nach wie vor nicht vollständig gelöst ist, sondern zu einem gewissen Teil in andere Bereiche verlagert wurde. Außerdem zeigt es, dass auch bei der Abgasreinigung bei industriellen Prozessen noch sehr viel getan werden müsste.

Die in den Abfällen enthaltenen nicht-magnetischen Metalle wie Kupfer und Aluminium gehen gleichfalls zu einem erheblichen Teil für das Recycling verloren, zumal sie zum Teil schon im Verbrennungsprozess oxidiert werden können. Auch mit moderner Abtrennungstechnik, z.B. mit Wirbelstromverfahren wird nur ein geringer Anteil zurückgewonnen, obwohl dies aufgrund der angestiegenen Rohstoffpreise finanziell nicht uninteressant wäre.

## 6.2 Abfall als Wirtschaftsgut

Abfallverbrennungsanlagen unterlaufen die Abfallvermeidung und -verwertung vor allem aus folgendem Grund: Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit werden große, möglichst langfristig konstante Müllmengen benötigt. Bei sinkendem Durchsatz steigt die finanzielle Belastung für die Betreiber (und bei kommunalen Anlagen für die Bevölkerung) aufgrund des hohen Anteils der festen Kosten an den Gesamtkosten für die Verbrennung (rund 75%). Das soll durch eine hohe Auslastung der Anlagen vermieden werden. So entsteht ein »Müllsog«. Freie Kapazitäten werden auf dem Markt angeboten. Müll wird zur Ware. Inzwischen werden sogar Verbrennungskapazitäten für importierten Müll geplant.

Seit 2000 ist Deutschland zum Müllimportland geworden. Der Höhepunkt des Abfallimportes genehmigungs- und notifizierungspflichtiger Abfälle lag im Jahr 2004 bei 6,5 Mio. t (allein nach Nordrhein-Westfalen 3 Mio. t), und zwar nicht nur zur Verbrennung, sondern auch zur unbehandelten Ablagerung auf Deponien, was ja noch zulässig war. Seither sind die Importe allmählich um ca. 1 Million auf etwa 5,6 Mio. t (NRW 2 Mio. t) pro Jahr zurückgegangen (s. Tab. 6). Die wichtigsten abfallwirtschaftlichen Beziehungen werden mit den Niederlanden gepflegt. Aber auch aus Südtalien werden seit Jahren ganze Güterzugladungen mit Hausmüll vor allem nach Nordrhein-Westfalen zur Müllverbrennung importiert.

Seit 2005 ist ein deutlicher Anstieg der Exporte genehmigungspflichtiger Abfälle zu verzeichnen, die bereits zu einigen Umweltskandalen in neuen EU-Mitgliedsstaaten führten. Im Vergleich zu den Importen sind die Exporte mit 2 Mio. t immer noch vergleichbar gering, wenn auch damit nicht unproblematischer.

Bei den nicht genehmigungspflichtigen Abfällen, die auf der Grünen Liste der EG-Abfallverbringungsverordnung stehen, ist weiterhin ein ungebremster Anstieg sowohl beim Import (2006: 12 Mio. t) als auch beim Export (2006: 18 Mio. t) festzustellen.

Schließlich ist zu konstatieren, dass Abfalltransporte überwiegend per LKW durchgeführt werden. Auch



das verursacht einen großen Energieverbrauch und erhöht die großen Lärm-, Feinstaub- und Stickoxidemissionen auf deutschen Autobahnen. Abfall-LKW sind außerdem zuweilen an schweren Unfällen beteiligt.

Müllimporte verstärken die mit der Verbrennung und Beseitigung einhergehenden Umweltbelastungen, wie sie in diesem Kapitel dargestellt sind. Wie soll Europa denn mit der ansteigenden Knappheit an Rohstoffen fertig werden, wenn nicht vor Ort Vermeidungs- und Verwertungsstrategien geplant und durchgeführt werden? Es wird immer noch zu viel produziert und verbraucht! Um im Bild zu sprechen: Wenn die Badewanne überläuft, muss zuerst der Wasserhahn abgestellt werden, statt immer breitere Abflussrohre einzusetzen.

Eine vorübergehende Hilfe für Nachbarregionen, auch über eine Landesgrenze hinweg, mag ja noch angehen, aber der Mülltourismus, wie er sich in den letzten Jahren entwickelt hat, wird vom BUND strikt abgelehnt. Mit dem Begriff »Mülltourismus« werden ökologisch unsinnige Mülltransporte bezeichnet, vor allem Transporte von Abfällen zur Beseitigung über weite Strecken.

für wenig Geld unter gesundheitsschädlichen Umweltbedingungen zu »entsorgen«.

Während es früher um unliebsame Beseitigungsprobleme ging, hat sich inzwischen ein weltumspannendes Abfallhandelsnetzwerk entwickelt, häufig legal dank lobbybeeinflusster nationaler Gesetzgebung und internationaler Abkommen, aber auch illegal mit krimineller Energie ungeahnten Ausmaßes, wie der Trafigura-Skandal vom August 2006 gezeigt hat: Über 500 t giftigste Produktionsabfälle, nach monatelanger Irrfahrt von einer niederländischen »Entsorgungs«-Firma unter freiem Himmel an der Elfenbeinküste abgelagert, führten zum sofortigen Tod von mindestens 10 Anwohnern. Mehr als 100.000 Menschen mussten sich in ärztliche Behandlung begeben.

Aber es gibt nicht nur illegale Praktiken, wie die folgenden zwei Beispiele zeigen:

2006/2007 versuchte ein internationaler Chemiekonzern (Orica, ehemalige Tochter von ICI), 22.000 t mit Hexachlorbenzol belastete Produktionsrückstände und Abbruchabfälle aus Australien nach Deutschland zu verbringen. Glücklicherweise wurde dieses für zwei deutsche Sondermüllentsorger (AGR in Herten sowie Bayer in Leverkusen und Dormagen) lukrative Geschäft durch Bürgerproteste verhindert.

Eine ursprünglich für »heimische« gefährliche Abfälle gebaute kommunale Sondermüllverbrennungsanlage erwirtschaftete nahezu ihren gesamten Umsatz mit Abfall aus den Niederlanden, wo es eine CO<sub>2</sub>-Steuer auch auf die Verbrennung von Abfall gibt, die so bemessen ist, dass es billiger ist, den Müll nach Deutschland zu exportieren.

Mit Hilfe des Basler Abkommens wird bereits seit 1989 versucht, den grenzüberschreitenden Handel mit gefährlichen Abfällen kontrolliert zu regeln und eine billige, häufig illegale Ablagerung oder Verbrennung in Ländern mit niedrigeren Umweltstandards zu verhindern. Ob das gelungen ist, bleibt dahingestellt. Bislang haben 170 Staaten diese Konvention ratifiziert. Auf EU-Ebene haben sich mit der Abfallverbringungsverordnung 1993 alle Mitglieds-

	Import [Mio. t]	Export [Mio. t]
Gesamtmenge 2006	5,6	2,0
davon gefährliche Abfälle	4,0	0,5
Beseitigung	1,5	0,3
Verwertung	4,1	1,7

Tabelle 6 :  
Im Jahr 2006 im- und exportierte Abfallmengen in Deutschland<sup>45</sup>

Internationale Müllimporte und -exporte sind seit Jahren weltweit ein alltägliches Geschäft. Umweltlogistikfirmen transportieren zuweilen über große Entfernungen mit Bahn, LKW und Schiff Millionen Tonnen an Industrie- und Gewerbeabfällen pro Jahr. Dabei geht es nicht nur um den Transport von Sekundärrohstoffen, um diese im Inland oder Ausland zu verwerten, wie es bei Altpapier und Altmetallen geschieht. Nicht selten geht es darum, Abfälle

staaten verpflichtet, das Abkommen rechtsverbindlich umzusetzen, was in Deutschland 1995 erfolgte. Die USA sind das einzige Land unter den Industrienationen, das die Basler Konvention bislang nicht ratifiziert hat, was bereits zu heftigen internationalen Protesten geführt hat (z.B. das Basel Action Network).

Grundsätze des Basler Abkommens sind:

- das Prinzip der Nähe, d.h., der gefährliche Abfall ist zuerst in dem Land zu beseitigen, in dem er anfällt. Langwierige Transporte sind zu vermeiden, da sie hohe Risiken darstellen.
- Das Prinzip der Autarkie, d.h., jedes Land ist verpflichtet, den in seinem Lande angefallenen Abfall auch dort zu beseitigen.

Unterstützung findet das Basler Abkommen durch die Stockholmer Konvention von 2004, durch die die Produktion von bislang 12 in der Umwelt praktisch nicht abbaubaren giftigen Stoffen (»dirty dozen«) reduziert werden soll, mit dem Ziel des völligen Verbotes weltweit. Damit würde auch jeglicher Ex- und Import unterbunden werden.

Innerhalb der Europäischen Gemeinschaft ist die Verbringung von Abfällen jeglicher Art erlaubt, aber auch durch sog. Notifizierungsverfahren geregelt. Der Siedlungsabfall ist im Allgemeinen andienungspflichtig, in Deutschland ist dies durch das KrW/AbfG geregelt; d.h., dass er vor Ort von den Kreisen und kreisfreien Städten eingesammelt, verwertet und/oder »beseitigt« werden muss.

Industrie-, Gewerbe- und Verpackungsmüll bieten aber mannigfaltige Verdienstmöglichkeiten. Das fängt bei Transporten quer durch Europa (durchschnittliche Entfernung laut UBA 450 km pro Fahrt) zu den preisgünstigsten »Entsorgungs«-Unternehmen an. Das führt zur Deponierung als Zwischenlagerung oder gar als Endlagerung bis hin zur stofflichen und zur sog. energetischen Verwertung. Dass Zwischenlager in der letzten Zeit unter großen Umweltbelastungen aus ungeklärten Gründen abbrennen, ist sicher kein vom Gesetzgeber vorgesehener Entsorgungsweg, aber durchaus eine ge-

winnbringende Alternative, vor allem, wenn anschließend Konkurs angemeldet wird.

### **6.3 Massive Überkapazitäten zu befürchten**

Der neueste Trend des Umgangs mit großen Abfallströmen geht zu so genannten Industrieheizkraftwerken, die in Billigbauweise in Deutschland derzeit in solchem Ausmaß geplant werden, dass die Verwirklichung dieser Pläne zu massiven Überkapazitäten führen würde. Deutschland – vornehmlich Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt – würde sich damit zum Abfallentsorgungsland Nr. 1 in Europa entwickeln.

Eine Untersuchung aus dem Jahr 2006 kam zu dem Ergebnis, dass bereits ab dem Jahr 2008 ausreichende Verbrennungskapazitäten zur Verfügung stehen werden und zukünftig mit massiven Überkapazitäten für Behandlungsanlagen auf dem gesamten deutschen und niederländischen Entsorgungsmarkt zu rechnen ist<sup>46</sup>.

Im Jahr 2006 wurden für Deutschland und die Niederlande zusätzliche Restmüll- und EBS-Verbrennungsanlagen (ab 2005) mit einer Gesamtkapazität von 14,9 Mio. t prognostiziert<sup>47</sup>. Nur ein Jahr später wurde die Prognose nach oben korrigiert. Die zusätzliche Gesamtkapazität erhöhte sich auf 20,4 Mio. t<sup>48</sup>.

Eine neuere Untersuchung kam zu dem Ergebnis, dass einer in Deutschland zur Verbrennung anstehenden Restmüllmenge von rund 23,7 Mio. t schon 2008/2009 Verbrennungskapazitäten in Höhe von 24,7 Mio. t und ab 2010/2011 sogar von 28,88 Mio. t gegenüber stehen dürften, so dass künftig erhebliche Überkapazitäten für Behandlungsanlagen in Deutschland zu befürchten sind<sup>49</sup>.

Auch aufgrund der zu erwartenden Überkapazitäten ist zu befürchten, dass zukünftig vermehrt Abfälle aus dem Ausland nach Deutschland verbracht und hier verbrannt werden. Beispielsweise ist schon jetzt klar, dass in der Anlage in Emlichheim (Niedersach-



sen) überwiegend Abfall aus den Niederlanden und anderen europäischen Ländern behandelt werden soll.

Ein weiteres Beispiel soll aufzeigen, welche massiven Überkapazitäten sich die Betreiber von Abfallverbrennungsanlagen derzeit in der Bundesrepublik genehmigen lassen wollen. In Schleswig-Holstein sind derzeit vier Hausmüllverbrennungsanlagen in Betrieb. Drei davon beantragten z.T. erhebliche Kapazitätserweiterungen von insgesamt 380.000 t/a (s. Tab. 7). Vom Umweltministerium in Schleswig-Holstein wird dagegen ein zusätzlicher Behandlungsbedarf von ca. 70.000 t/a genannt<sup>50</sup>.

Standort HMVA	Kapazitätserweiterung um [t/a]	Bedarf
Kiel	100.000	
Tornesch	200.000	
Neustadt	80.000	
Summe	380.000	70.000

*Tabelle 7:  
Im Jahr 2007 beantragte  
Kapazitätserweiterungen  
für Hausmüllverbrennungsanlagen in  
Schleswig-Holstein*

#### 6.4 Ersatzbrennstoffe und Mitverbrennung von Abfällen

Das am 1. Juni 2005 in Kraft getretene Verbot der Ablagerung unbehandelter Abfälle auf Deponien hatte zur Folge, dass nicht nur zusätzliche Behandlungskapazitäten für bislang deponierten Hausmüll gefragt waren, sondern auch für Gewerbeabfälle, die bis dahin in großen Mengen zu Dumpingpreisen zur Verfüllung alter Deponien vor allem im Osten Deutschlands eingesetzt wurden.

Seitdem werden in zunehmendem Maße so genannte Industriekraftwerke geplant und gebaut, um den durch Vorbehandlung zu »Ersatzbrennstoff« (EBS) umdeklarierten Abfall zu beseitigen und Strom zu erzeugen. Durch Zerkleinerung und Metallabscheidung verliert der mechanisch aufbereitete Ersatzbrennstoff seine Abfalleigenschaft nicht, und es gelten für diese Anlagen dieselben gesetzli-

chen Anforderungen wie für herkömmliche Hausmüllverbrennungsanlagen. Auch die darin installierte Verbrennungs- und Abgasreinigungstechnik unterscheidet sich nicht grundsätzlich von der Technik in den Anlagen, die derzeit für die Behandlung von Haus- und Gewerbeabfällen neu geplant und errichtet werden.

Wie schon ausgeführt, ist bei den Neuplanungen von Verbrennungsanlagen festzustellen, dass die Grenzwerte der 17. BImSchV bei einigen Schadstoffen gerade so eingehalten werden können. Im Hinblick auf Anlagensicherheit und Schadstoffausstoß sind diese Anlagen deutlich schlechter als die bis Ende der 90er Jahre überwiegend gebauten Hausmüllverbrennungsanlagen mit mehrstufiger Abgasreinigungstechnik und Katalysator. Für EBS-Mono-Verbrennungsanlagen gelten daher uneingeschränkt die Ausführungen im Abschnitt 6.1. Häufig wird die Bevölkerung bewusst im Unklaren gelassen, dass es sich keineswegs um eine schadlose energetische Verwertung, sondern um neue, billige Müllverbrennungsanlagen handelt. Dies offenbart sich auch in der Namensgebung von Neuanlagen. Obwohl verfahrenstechnisch das selbe, werden Abfallverbrennungsanlagen heute mit wohlklingenden Namen, wie z.B. EVA (Energetische Verwertungsanlage), TREA (Thermische Reststoffbehandlungs- und Energieverwertungsanlage) oder schlichtweg »Dampfzentrale« umschrieben. Dass es sich dabei um reine Abfallverbrennungsanlagen handelt, erfahren die Anwohner häufig erst später. Fortschritte in der Luftreinhaltepolitik werden so konterkariert – weiteres Umweltdumping droht.

Zugleich werden die Anstrengungen verstärkt, Ersatzbrennstoffe in Zementwerken, Kohlekraftwerken und anderen industriellen Feuerungsanlagen einzusetzen, also mitzubrennen. Für diese sogenannten Mitverbrennungsanlagen gelten gesonderte Anforderungen der 17. BImSchV. Da aber die Rauchgasreinigung von derartigen Mitverbrennungsanlagen nicht auf den Brennstoff Abfall aus-

gelegt ist, lehnt der BUND diese Art der Abfallverbrennung grundsätzlich ab<sup>51</sup>.

#### 6.4.1 Verordnetes Umweltdumping

Ersatzbrennstoff aus Abfällen ist zwangsläufig schadstoffbelastet. Die verwendeten Aufbereitungsmethoden für Abfälle bewirken keine entscheidende Schadstoffentfrachtung. Der höhere Schadstoffgehalt der Brennstoffe aus Abfällen führt im Vergleich zu Regelbrennstoffen zu einer höheren Schadstoffbelastung des Rohgases aus dem Verbrennungsprozess. Zudem werden hochgiftige Rauchgasreinigungsrückstände erzeugt, die ohne weitere Behandlung nicht ablagerungsfähig sind.

Die Verbrennung von vorbehandelten Abfällen in Mitverbrennungsanlagen (Kraftwerke, Zement und Kalkwerke) müsste entsprechende Maßnahmen zur Abgasreinigung erfordern.

Die Sonderregelungen der 17. BImSchV erlauben es aber Kraftwerken, bei der Abfallmitverbrennung deutlich höhere Schadstofffrachten in die Luft auszustößen als reguläre Abfallverbrennungsanlagen. Dies ist dann der Fall, wenn der Anteil der mitverbrannten Abfälle an der Feuerungswärmeleistung unter 25% liegt, und gilt insbesondere für Schwefeldioxid, aber auch für Stickoxide bei Anlagen mit geringer Feuerungswärmeleistung.

Von Quecksilber abgesehen existieren für die Mitverbrennung von Abfällen in Kraftwerken für Schwermetalle und Dioxine/Furane überhaupt keine Grenzwerte.

Insbesondere aufgrund der nicht auf den Brennstoff Abfall zugeschnittenen Rauchgasreinigung und der höheren Schadstoffgehalte im Abfall im Vergleich zu den Regelbrennstoffen, führt die Mitverbrennung in Kraftwerken zu erheblich mehr Emissionen als die thermische Behandlung in einer regulären MVA.

Das gilt auch für Zementwerke: Es gibt in der 17. BImSchV Regelungen, die auch bei der Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen in Zementwerken

geringere Anforderungen an die Begrenzung des Schadstoffausstoßes vorsehen als bei der Verbrennung in einer regulären MVA. Nur für einen Teil der mit Grenzwerten geregelten Luftschadstoffe gelten für Zementwerke uneingeschränkt die gleichen Anforderungen wie für reguläre Müllverbrennungsanlagen.

Gesetzliche Grenzwerte für die Schadstoffbelastung von EBS sind nicht festgelegt. Die freiwillige Vereinbarung (Gütezeichen der Sekundärbrennstoff-Hersteller) ist zum einen unverbindlich und zum anderen hersteller- und nicht umweltorientiert. Die Genehmigungspraxis zeigt, dass hoch belastete Sekundärbrennstoffe zur Verbrennung beantragt und genehmigt werden. Ersatzbrennstoffe sind schadstoffreich. Bei der Aufbereitung ist die Senkung des Schadstoffgehalts von Abfällen vor allem in Bezug auf die Kupfer- und Chlorgehalte nicht ausreichend, was einerseits z.B. bei Kohlekraftwerken zu Korrosionsproblemen im Kessel und andererseits auch zu der schon beschriebenen De-Novo-Synthese von Dioxinen und Furanen führt.

Die rein heizwertorientiert erzeugten »Ersatzbrennstoffe« aus Abfällen haben einen geringeren Heizwert als Regelbrennstoffe und sind höher schadstoffbelastet. Dadurch sind der Schadstoffeintrag und damit auch -ausstoß über Abgas, Asche und Rauchgasreinigungsabfälle höher als bei der Nutzung von Regelbrennstoffen.

### Was sind Ersatzbrennstoffe (EBS)?

Ersatzbrennstoff ist mechanisch aufbereiteter Abfall für den Einsatz in industriellen Feuerungsanlagen, wie z.B. Kohlekraftwerken, Zementwerken oder Kalköfen. Zum Einsatz kommen einerseits heizwertreiche gewerbliche und industrielle Rückstände wie Reststoffe aus der Papierindustrie, Stanzabfälle aus Gummi und Kunststoff, Altöle, andererseits aber auch heizwertreiche Fraktionen aus Haushaltsabfällen (z.B. Leichtverpackungen aus Kunststoff) und gewerblichen Abfallgemischen.

#### 6.4.2 Endprodukte als Schadstoffsенke

Die Verwendung von »Ersatzbrennstoff« aus Abfällen in Produktionsprozessen und in Kraftwerken führt zum erhöhten Schadstoffeintrag in die Produkte. Bei der Verwendung in Kohlekraftwerken werden Schlacke, Filterstaub und REA-Gips mit Schadstoffen, insbesondere Schwermetallen, belastet. Die Kraftwerksnebenprodukte Flugasche und REA-Gips, die bislang als Sekundärrohstoffe verwertet werden, verlieren durch Abfallverbrennung die Zertifizierungen als Sekundärrohstoffe und müssen beseitigt werden.

Bei Kalk- und Zementwerken werden Produkte wie gebrannter Kalk bzw. Klinker/Zement mit Schwermetallen belastet, da sich diese Schadstoffe im Endprodukt anreichern. Ein Großteil der Schadstoffe aus dem Abfall verbleibt so im Klinker bzw. Zement (Stichwort »toxischer Zement«). Für Zement sind jedoch keine Schadstoffgrenzwerte im Sinne eines vorsorgenden Umweltschutzes festgelegt; Zement als »Schadstoffsенke« für Abfallverbrennung ist inakzeptabel. Zudem besteht die Gefahr, dass auch Stoffe in den Zement gelangen können, die in ungünstigen Fällen die chemische Beständigkeit und mechanische Stabilität von Bauwerken beeinträchtigen können, die mit diesem Zement hergestellt worden sind.

Die Mitverbrennung von Abfällen in Kalk- und Zementwerken wird daher vom BUND ebenfalls abgelehnt.

Neben der Mitverbrennung von Abfällen sieht der BUND beispielsweise auch die Verwendung gebrauchter Gießereisande durch die Kalk- und Zementindustrie als problematisch an, da auch hier ein zusätzlicher Schadstoffeintrag und damit eine Schadstoffbelastung des Produkts und höhere Abgasbelastungen die Folge sind.

#### 6.4.3 Ressourcenschonung durch EBS?

Durch ein im Vergleich zu Regelbrennstoffen billiges Angebot von heizwertreichen Abfällen entfällt der Anreiz für die Industrie zur Energieeinsparung, da der ökonomische Druck der Brennstoffpreise in Richtung energieoptimierter Produktion durch den Einsatz billiger »Ersatzbrennstoffe« nicht in ausreichendem Maß Wirkung zeigen kann. Dies steht einer Energie und Ressourcen schonenden Produktion entgegen.

So wurde z.B. in einem Antrag zur Errichtung eines Ersatzbrennstoff-Heizkraftwerks in Süddeutschland die Verfeuerung eines Ersatzbrennstoffs mit einem durchschnittlichen Kupfergehalt von 1 g/kg TS beantragt. Bei einem geplanten jährlichen Durchsatz von etwa 80.000 t EBS würden rund 80 t Kupfer pro Jahr verschwendet, bei einem erhöhten Durchsatz von etwa 130.000 t EBS jährlich entsprechend rund 130 t pro Jahr, eigentlich unfassbar angesichts des gestiegenen Kupferpreises<sup>52</sup>.

Wenn mit dem Ziel der Erzeugung heizwertreicher Fraktionen Siedlungsabfälle und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle zu Brennstoff umdefiniert werden, führt dies zu einer Umkehrung des Vermeidungsprinzips, da ein Bedarf erzeugt und ein Markt geschaffen wird. Dies widerspricht dem Vermeidungsprinzip des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes sowie den Landesabfallgesetzen und ist daher abzulehnen. Die Folge ist – insbesondere in Anbetracht der Menge an installierten, genehmigten, projektierten und geplanten Verbrennungskapazitäten – ein zunehmender Müllimport, verbunden mit Abfällen zweifelhafter Herkunft und nicht einschätzbarer Schadstoffbelastung.

#### 6.5 Thermische Alternativen zur Verbrennung

Grundsätzlich könnten als Alternative zur Verbrennung auch andere thermische Verfahren in Betracht kommen. Voraussetzung ist natürlich, dass es sich dabei um ausgereifte und umweltverträgliche Verfahren handelt und entsprechende Entsorgungskapazitäten zur Verfügung stehen. Diese Voraussetzungen sind derzeit aber nicht gegeben.

Bei der Vergasung von Abfällen im Werk »Schwarze Pumpe« in Ostdeutschland wurde auch aus Abfallstoffen Synthesegas produziert, das dann zu Methanol weiter verarbeitet wurde. Ökonomische Schwierigkeiten führten später dort zum Aus der Abfallvergasung.

Bei Verfahren wie der Vergasung spricht man von rohstofflicher Verwertung, da die Wertstoffe in ihre Grundbausteine zerlegt werden und daraus völlig neue Stoffe entstehen. Im Hinblick auf die Energieeffizienz weisen rohstoffliche Verfahren gegenüber den werkstofflichen Verfahren erhebliche Nachteile auf, so dass letzteren wenn möglich immer der Vorzug zu geben ist.

## **6.6 Mechanisch-biologische Abfallbehandlungsverfahren**

### **6.6.1 Verfahrenstechnik**

Als Alternative zur direkten Müllverbrennung hat sich in den vergangenen 20 Jahren die mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) in der Abfallwirtschaft etabliert. Bei diesen Verfahren wird der Abfall verschiedenen mechanischen Trennstufen unterzogen, in denen er zerkleinert, gesiebt und homogenisiert wird. Außerdem werden Eisen- und Nichteisenmetalle abgeschieden. Übrig bleibt ein Gemisch aus verschmutzten Wertstoffen, biologisch abbaubarem und mineralischem Material. Die Steine und anderes mineralisches Material können ausgeschleust und ohne weitere Behandlung deponiert werden.

Für die biologische Behandlung der organikreichen Fraktion stehen zwei grundsätzlich verschiedene Technologien zur Verfügung:

Bei den aeroben Verfahren wird der Müll über einen Zeitraum von mehreren Wochen zunächst unter Luftzufuhr intensiv gerottet und anschließend einer ebenfalls mehrwöchigen Nachrotte zugeführt. Der so behandelte Rest kann dann auf eine Deponie verbracht werden.

Bei den anaeroben Verfahren erfolgt eine Vergärung unter Sauerstoffabschluss. Bei der thermischen Verwertung des erzeugten Biogases lassen sich bei Kraft-Wärme-Kopplung, bezogen auf den Anteil an nativ organischer Substanz, also Küchen- und Gartenabfälle, 540 MJ/t an elektrischer und 1080 MJ/t an Wärme-Energie erzeugen. Bevor der Gärrest deponiert werden kann, muss er einer Nachrotte unterzogen werden.

Technisch ist eine Auftrennung der Fraktion der verschmutzten Wertstoffe mit dem Ziel, stofflich verwertbare Materialien zu erzeugen, möglich. Letztendlich wäre dann nach den in Deutschland geltenden Rechtsvorschriften nur noch ein sehr kleiner Rest thermisch zu behandeln. In der Praxis wird aber nach der Abtrennung der biologisch abbaubaren Stoffe das Gemisch aus verschmutzten Wertstoffen oft vollständig verbrannt. Der Begriff »heizwertreiche Leichtfraktion«, der für diese Restmüllbestandteile geprägt wurde, suggeriert dabei, dass es sich um eine Art Brennstoff handeln würde. In Wirklichkeit ist dieser Stoffstrom nach wie vor eine Abfallart, die unabhängig von ihrem Heizwert auf jeden Fall als Müll einzustufen ist.

### **6.6.2 Einzelne Aspekte bei der mechanisch-biologischen Behandlung**

Es hat sich gezeigt, dass die Zeit zwischen dem Inkrafttreten der AbfAbIV im Jahr 2001 und dem Ende der Deponierung von unbehandelten Abfällen im Jahr 2005 ziemlich knapp bemessen war, so dass gerade neue Anbieter des öfteren Schwierigkeiten hatten, alle Forderungen gleichzeitig zu erfüllen. Dabei waren die Probleme zum Teil als Kinderkrankheiten einzustufen, die bei neuartigen Technologien und neuen Produkten immer wieder vorkommen können, zum Teil waren sie auf fehlerhafte Konzepte der betreffenden Anbieter zurückzuführen. Technisch ist es möglich, die vorgegebenen Grenzwerte einzuhalten, und die weitaus überwiegende Zahl der mechanisch-biologischen Anlagen ist in der Lage, die vorgeschriebenen An-

forderungen zu erfüllen<sup>53,54</sup>. Einige Anbieter haben allerdings nicht unter Beweis stellen können, dass sie in der Lage waren, funktionsfähige Anlagen zu errichten. Die Marktberingung war dann zwangsläufig.

Erwähnt werden sollte in diesem Zusammenhang, dass von Seiten der Bundesregierung die Frist von 4 Jahren absichtlich nicht verlängert wurde, da die mechanisch-biologische Restmüllbehandlung von ihr im wesentlichen abgelehnt und der Verbrennung einseitig der Vorzug gegeben wurde.

einer thermischen Nachverbrennung unterzogen wird. Um den Energieeinsatz in Grenzen zu halten, wird mit einer komplizierten Wärmetauschertechnik gearbeitet.

Die RTO-Anlagen, die bei Verabschiedung der 30. BImSchV im Jahr 2001 zur Verfügung standen, waren auf die bei der biologischen Behandlung entstehende wassergesättigte saure Abluft, die ein Vielstoffspektrum enthält, nicht ausgelegt. Insbesondere konnte es durch die Oxidation von organischen Siliziumverbindungen Probleme mit Ablagerungen geben. Verstopfungen der Anlage durch so genannte Verblockungen an den Oberflächen der Wärmetauschersteine waren die Folge. Dies erfordert einen sehr hohen Wartungsaufwand, da die Anlage alle drei bis vier Monate gereinigt werden muss. Hinzu kamen Korrosionsprobleme, weil anfangs ungeeignete Stähle verwendet wurden. Mittlerweile werden hochwertige Stahlarten eingesetzt, die allerdings erheblich teurer sind<sup>55</sup>.

Der TOC-Grenzwert der 30. BImSchV wurde auch eingeführt, um die Emissionen an Klima schädigendem TOC im Rohgas zu vermindern. Durch den trotz Wärmerückgewinnung hohen Energieaufwand der RTO-Technik und die damit verbundenen Klimabelastungen sind RTO-Anlagen in Frage zu stellen. Anhand von Öko-Bilanzen wäre nachzuweisen, ob sich tatsächlich ein Klimavorteil durch RTO-Anlagen ergibt. Ist dies nicht der Fall, ist die Biofiltertechnik als Alternative zu RTO-Anlagen zuzulassen. Biofilter weisen den Vorteil auf, dass sie wesentlich wartungsärmer und kostengünstiger sind und aufgrund der wesentlich geringeren Betriebstemperaturen Kunststoffe eingesetzt werden können, mit denen die Korrosionsproblematik umgangen werden kann.

Die Grenzwerte der AbfAbIV zur Ablagerung der Feststoffe aus der mechanisch-biologischen Behandlung können mit den derzeit in Betrieb befindlichen Anlagen eingehalten werden.

Unter finanziellen Aspekten schneidet die mechanisch-biologische Behandlung übrigens recht günstig ab. So konnte im bayerischen Landkreis

Schadstoff	Emissionsgrenzwert 30. BImSchV	Zeitraum
Gesamtstaub	10 mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>	T
TOC	20 mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>	T
Distickstoffoxid (N <sub>2</sub> O)	100 g/t Abfall	M
TOC	55 g/t Abfall	M
Geruchsstoffe	500 GE/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>	-
Chlorierte Dioxine/Furane (TE)	0,1 ng/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>	P

TE: Toxische Äquivalente · GE: Geruchseinheiten · TOC: Gesamter organischer Kohlenstoff · T: Tagesmittelwerte · M: Monatsmittelwerte · P: Mittelwerte über die Probenahmezeit

Tabelle 8:  
Emissionsgrenzwerte  
der 30. BImSchV

Bei der mechanisch-biologischen Behandlung werden erhebliche Geruchsemissionen freigesetzt, die einer Abluftbehandlung zugeführt werden müssen. Wichtig ist dabei, dass die Abluft aller Anlagenbereiche erfasst und gereinigt wird. Dies war in der Vergangenheit bei mehreren Anlagen nur unzureichend der Fall und führte zu erheblichen Akzeptanzproblemen. In der 30. BImSchV wurde ein Monatsmittelwert für TOC in der Abluft von 55 g TOC/t an behandeltem Abfall festgelegt. Dieser Wert kann mit Hilfe von Biofiltern, die vor der Verabschiedung der 30. BImSchV Stand der Technik waren, nicht eingehalten werden. Zum Einsatz kommen daher so genannte RTO-Anlagen (Regenerativ Thermische Oxidation), bei denen die Abluft

Weilheim-Schongau, in dem der Restmüll mechanisch-biologisch behandelt wird, im Jahr 2008 zum siebten Mal hintereinander die Müllgebühr gesenkt werden, 2008 sogar um 20%, nicht zuletzt auch aufgrund der Erlöse für den Verkauf der abgetrennten Wertstoffe<sup>56</sup>.

### 6.6.3 Abtrennung von Wertstoffen in der mechanischen Stufe

Nach den Grundsätzen des BUND sollte das thermische Behandeln von Abfällen auf solche Abfälle beschränkt werden, die unvermeidbar sind, deren stoffliche Verwertung nicht möglich ist und deren umweltverträgliche Zwischen- und Endlagerung ohne eine thermische Behandlung nicht möglich ist. Der BUND hält es daher für falsch, als Ziel der mechanisch-biologischen Restmüllbehandlung zu betrachten, eine möglichst große Menge an Brennstoffen zu erzeugen. Vielmehr wäre auf Grund der vielfältigen Probleme bei der Verbrennung von Abfällen die thermische Behandlung bzw. energetische Verwertung von Abfällen so weit wie möglich zu beschränken. Dazu sind auch Alternativen zur Verbrennung der Fraktion der verschmutzten Wertstoffe aus der mechanischen Stufe in Betracht zu ziehen. Das bedeutet vor allem, im Rahmen der mechanischen Aufbereitung in der MBA Verfahrensschritte zu installieren, die eine zusätzliche Ausschleusung von stofflich verwertbaren Fraktionen ermöglichen.

Die hierfür erforderlichen Technologien stehen schon weitgehend auf dem Markt zur Verfügung. Mit Hilfe von sensorgestützten Sortiersystemen lassen sich mittlerweile Wertstoffe aus einem Abfallstrom isolieren<sup>57</sup>. Nicht nur bei Metallgegenständen im Abfall sind derartige Verfahren sehr effektiv. Auch Kunststoffe können damit erkannt und getrennt werden. Ein Beispiel ist die Abtrennung von PET-Flaschen und Verpackungsverbunden aus dem Abfallstrom bei der DSD-Sortierung.

Bereits Ende der 90er Jahre wurden in der Stadt Münster in einer Pilotanlage Versuche durchge-

führt, Restabfall in der mechanischen Stufe weitgehend aufzutrennen, um stofflich verwertbare Fraktionen zu erzeugen. Obwohl damals schon beachtliche Erfolge erzielt werden konnten, konnte sich das System zunächst nicht durchsetzen<sup>58</sup>. Nach dieser Studie wirkt sich die Ausschleusung von Wertstoffen, die werkstofflich verwertet werden können, sehr positiv auf die Ergebnisse der Öko-Bilanz aus. Inzwischen wird die weitgehende Aufarbeitung in Münster tatsächlich durchgeführt. Im Jahr 2006 konnte über 41% der Fraktion der verschmutzten Wertstoffe stofflich verwertet werden<sup>59</sup>. Dies untermauert die Position des BUND, dass möglichst viele Stoffe aus dem Restmüll einer stofflichen Verwertung zu unterziehen sind und nur der nicht verwertbare heizwertreiche Rest thermisch behandelt werden soll.

Ein weiterer Weg wäre, durch veränderte mechanische Verfahrenstechniken in der mechanischen Stufe der MBA den Anteil an verschmutztem Papier in der Leichtfraktion, der im Durchschnitt 44% beträgt, zu vermindern und statt dessen diese Papierfraktion in der biologischen Stufe zu behandeln.

Für die weitere Auftrennung bestimmter Abfallfraktionen, die in der mechanischen Stufe abgetrennt werden, wie z.B. Verbundstoffen, käme ggf. ein Gefriertrennverfahren (»Kryorecycling«) in Frage, bei dem die Stofftrennung bei Temperaturen von ca. -160°C erfolgt.

Bei tiefen Temperaturen ziehen sich feste, wasserfreie Stoffe ein wenig zusammen. Thermoplaste werden dabei spröde und brüchig. So entstehen Spannungen zwischen den einzelnen Komponenten von Verbundmaterialien, z.B. zwischen den Metallen und Kunststoffen von Leiterplatten. Werden derartige Verbundmaterialien bei tiefen Temperaturen einem Mahlprozess unterworfen, lassen sich die Bestandteile wie Metalle, Kunststoffe und Keramik voneinander trennen.

Obwohl das Verfahren schon vor einigen Jahren entwickelt wurde, ist es bislang nicht in einem größeren Maßstab zum Einsatz gekommen, so dass noch keine Ergebnisse aus der Praxis vorliegen.



## 6.7 Das Trockenstabilatverfahren

Eine besondere Form der Abfallbehandlung stellt das Trockenstabilat-Verfahren dar. Bei diesem wird der Restmüll unter Ausnutzung der bei der Verrottung des biologischen Anteils entstehenden Wärme vorgetrocknet. Nach einer Zerkleinerung werden in verschiedenen mechanischen Trennstufen Eisen- und Nichteisenmetalle, sowie eine Inertstofffraktion abgetrennt. Übrig bleibt das sogenannte Trockenstabilat.

Trockenstabilat weist einen Heizwert von rund 15 MJ/kg auf. Schadstoffanalysen zeigen, dass die Schadstoffbelastung mit der von Hausmüll vergleichbar ist.

Ursprünglich sollte Trockenstabilat an die Industrie als kostengünstiger Brennstoff veräußert werden. Daneben war geplant, das Stabilat in kleinen dezentralen Feuerungsanlagen zu verbrennen. Beide Konzepte erfüllten nicht die Hoffnungen der Entwickler. Die Industrie war nicht sehr begeistert von Trockenstabilat. Stabilat musste in großen Mengen zwischengelagert werden. Ein Ausweg war die Vergasung im Werk »Schwarze Pumpe«, so für das Trockenstabilat aus Dresden. Nach dem Aus für die Abfallvergasung ging auch dies nicht mehr. Nur in einigen wenigen Zementwerken wird heute Trockenstabilat mitverbrannt. Als Lösung bleibt eigentlich nur die Verbrennung in herkömmlichen Müllverbrennungsanlagen, die aber auf den höheren Heizwert vorbereitet sein müssen. Dies erscheint erforderlich, weil herkömmliche Müllverbrennungsanlagen für die Behandlung der Schadstoffe im Stabilat besser geeignet sind als Industriefeuerungen oder Kohlekraftwerke, in denen das Trockenstabilat verheizt werden sollte.

Besonders ärgerlich ist aus Sicht des BUND, dass die zahlreichen praktischen und finanziellen Probleme, mit denen das Trockenstabilat-Verfahren zu kämpfen hatte, auch den mechanisch-biologischen Verfahren insgesamt als nachteilig angekreidet wurde. Anlagen nach dem Trockenstabilat-Verfahren werden in Statistiken oft unter der Abkürzung MBS für mechanisch-biologische Stabilisierung geführt. Der

BUND stuft das Trockenstabilat-Verfahren nicht als mechanisch-biologisches, sondern eher als mechanisch-thermisches Verfahren ein, da es im wesentlichen nur eine Vorbehandlung vor einer Verbrennung darstellt. Das gleiche gilt für die mechanisch-physikalische Stabilisierung (MPS), bei der noch nicht einmal der biogene Anteil des Restmülls zur Trocknung genutzt, sondern z.B. mit Erdgas getrocknet wird, was eine enorme Energieverschwendung darstellt.

Diese Verfahren werden vom BUND sehr kritisch gesehen, da letztlich doch nur eine Verbrennung vorgesehen ist und mit dem Trockenstabilat eine sehr problematische Abfallfraktion produziert wird.

## 6.8 Vergleich MBA/MVA

Bei der Frage nach der Vorbehandlung des verbleibenden Restmülls empfiehlt der BUND nach wie vor nicht die reine Müllverbrennung (weder in einer MVA noch in Mitverbrennungsanlagen), sondern gibt aus ökologischen und technischen Gründen mechanisch-biologischen Restmüllbehandlungsverfahren den Vorzug. Die Gründe sollen im Folgenden kurz dargelegt werden:

Ein wesentlicher verfahrenstechnischer Nachteil der Müllverbrennung und ähnlicher thermischer Verfahren ist darin zu sehen, dass einige Schadstoffe erst bei der Verbrennung mobilisiert werden (z.B. Quecksilber und Blei) während andere Schadstoffe erst durch die Verbrennung entstehen (z.B. HCl, SO<sub>2</sub>) und durch die Rauchgasreinigung aufwendig wieder entfernt werden müssen.

Bei den mechanisch-biologischen Verfahren finden die biologischen Abbauprozesse bei erheblich niedrigeren Temperaturen statt. Dadurch werden Schadstoffe nur in relativ geringem Umfang mobilisiert. Sie befinden sich überwiegend in dem festen, erdähnlichen Rückstand.

Im sog. Reingas (dem gereinigten Rauchgas) einer MVA sind erheblich mehr Schadstoffe enthalten als im MBA-Reingas. Beispiel: Bei der Verbrennung von 100.000 t Müll darf bei Einhaltung der Grenz-

werte der 17. BImSchV der Ausstoß an Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) im Normalbetrieb rund 27 t, der an Schwermetallen 330 kg betragen, davon allein an Quecksilber 16,5 kg. Nur bei den Müllverbrennungsanlagen, die eine aufwendige mehrstufige Rauchgasreinigung aufweisen, liegen diese Werte niedriger: Im Falle des SO<sub>2</sub> bei ca. 3,3 t, bei den Schwermetallen bei rund 21 kg<sup>60</sup>. Inzwischen wird bei Neuplanungen wieder an der Rauchgasreinigung gespart. Die Emissionen liegen in der Nähe der Grenzwerte. Verfahrensbedingt sind im Reingas einer MBA erheblich geringere Mengen an Schadstoffen enthalten. Der Ausstoß an Schwermetallen liegt bei 100.000 t Müll in der Praxis unter 1 kg, bei SO<sub>2</sub> ist er verfahrensbedingt ebenso gering.

Zum Vergleich der Umweltauswirkungen von mechanisch-biologischen und thermischen Abfallbehandlungsverfahren wird häufig das in den 90er Jahren entwickelte Instrument der Öko-Bilanz herangezogen. Eine Öko-Bilanz erfasst alle Emissionen eines Verfahrens von der Wiege bis zu Bahre. Neben den direkten Emissionen, z.B. an Luftschadstoffen werden auch indirekte Emissionen beispielsweise durch Betriebsmittelverbrauch und Transporte berücksichtigt. Die Produktion von Energie und Wertstoffen wird durch die Verrechnung von Gutschriften honoriert. Die Ergebnisse werden für Schadstoffe mit ähnlicher Wirkungsweise zusammengefasst (z.B. Versauerung, Treibhausgase, Ressourcenverbrauch, krebserregende Schadstoffe etc.). Öko-Bilanzen haben aber auch ihre Grenzen. Bestimmte Aspekte, z.B. Investitions- und Betriebskosten, Störanfälligkeit, Freisetzung von Schadstoffen bei Störfällen etc. lassen sich damit nicht beurteilen und sind daher zusätzlich zu berücksichtigen. Weiterhin sind Öko-Bilanzen nicht geeignet, die lokalen Auswirkungen einer Anlage zu bewerten.

Vergleiche von mechanisch-biologischen mit thermischen Verfahren im Rahmen von Öko-Bilanzen wurden von verschiedenen Forschungsinstituten und Ingenieurbüros durchgeführt.

Hier sollen kurz einige Ergebnisse einer Öko-Bilanz dargestellt werden, die im Jahr 2002 von der Ingenieurgesellschaft Witzenhausen in Zusammenarbeit mit dem Öko-Institut in Darmstadt für den Landkreis Ebersberg erstellt wurde<sup>61</sup>. Neben einigen anderen Varianten wurden im Rahmen dieser Studie eine MBA mit anschließender Deponierung der Reststoffe und energetischer Behandlung der Fraktion der verschmutzten Wertstoffe in einer Müllverbrennungsanlage (hier kurz »MBA-Variante« genannt) der thermischen Behandlung des gesamten Restmülls in einer externen Abfallverbrennungsanlage (hier kurz »MVA-Variante« genannt) gegenübergestellt.

*Treibhausgase:* Die MBA-Variante weist deutliche Vorteile beim Treibhauseffekt auf. Die Bilanz der MBA-Variante ist positiv, d.h. die CO<sub>2</sub>-Gutschriften durch die Verwertung von Energie und abgetrennten Wertstoffen überwiegen die Lastschriften insbesondere verursacht durch Prozessemissionen. Dagegen ist die Bilanz der MVA-Variante negativ. Die Lastschriften durch die Prozessemissionen können durch die Gutschriften insbesondere durch die Energieerzeugung nicht komplett gedeckt werden.

*Photooxidantien:* Auch bei der Bildung von Photooxidantien (Methan und flüchtige organische Kohlenstoffverbindungen), der Eutrophierung von Öko-Systemen (NO<sub>x</sub>- und Ammoniakemissionen) sowie beim Primärenergieverbrauch schneidet die MBA-Variante deutlich günstiger ab als die MVA-Variante.

*Betriebsmittel:* Der Bedarf an Betriebsmitteln und die Transportemissionen spielen übrigens bei den Ergebnissen einer Öko-Bilanz eine relativ unbedeutende Rolle. Ihr Anteil an den Gesamtemissionen der einzelnen Verfahren liegt deutlich unter 5%.

Die Ausschleusung von Wertstoffen, die werkstofflich verwertet werden können, wirkt sich sehr positiv auf die Ergebnisse einer Öko-Bilanz aus. Das in Münster entwickelte Verfahren, bei dem der Rest-



stoff wesentlich intensiver aufgearbeitet wird als dies bei einer gewöhnlichen MBA der Fall ist, zeigt klare Vorteile für dieses System<sup>62</sup>.

*Wasser:* Eine Bewertung der Schadstoffbelastungen, die über den Wasserpfad freigesetzt werden, ist bei Öko-Bilanzen relativ schwierig. Die oben zitierte Öko-Bilanz zeigte Vorteile für die Abfallverbrennung, wenn eine Deponierung der MVA-Aschen erfolgt. Werden aber die MVA-Aschen klassisch aufbereitet und im Straßenbau eingesetzt, was bei dem größten Teil der derzeit in Deutschland anfallenden MVA-Aschen der Fall ist, kehrte sich das Ergebnis ins Gegenteil. In diesem Fall waren die Wasserbelastungen durch die Abfallverbrennung um ein Vielfaches höher als die der MBA.

*Anlagensicherheit:* Das größte Risiko, das von Abfallverbrennungsanlagen ausgeht, stellen zweifellos größere Brände im Abfallbunker dar, die auch in den vergangenen Jahren immer wieder festzustellen waren. Auch der Ausfall der Rauchgasreinigungsanlage kann zumindest kurzfristig zu erheblichen Belastungen im Umfeld einer MVA führen. Nicht unterschätzt werden darf auch das Risiko durch Quecksilberemissionen beim Eintrag größerer Mengen dieses Schadstoffes über den Abfall, wie z.B. in der MVA Weisweiler geschehen. Durch den Einsatz einstufiger Rauchgasreinigungstechnologien ohne nasse Stufe bei neueren Anlagen, wird sich dieses Problem noch verschärfen. Dem steht ein deutlich niedrigeres Risiko bei MBA gegenüber. Dies ist einerseits bedingt durch die Verfahrensweise bei niedrigeren Temperaturen und andererseits durch die Tatsache, dass wesentlich geringere Mengen an Abfall in der Anlage zwischengelagert werden.

*Kosten:* Die spezifischen Gesamtkosten für eine mechanisch-biologische Aufbereitung in einer Anlage mit einer Jahreskapazität von 50.000 t mit anschließender Verbrennung der verschmutzten Wertstoffe liegen mit 150 bis 200 €/t deutlich niedriger als die spezifischen Gesamtkosten für die Verbren-

nung des Abfalls in einer MVA mit guter Rauchgasreinigung (180 bis 220 €/t)<sup>63</sup>. Aufgrund dieser Vorteile können auch kleinere »kalte« Vorbehandlungsanlagen zu vertretbaren Kosten gebaut werden. Dies eröffnet die Chance, in dünn besiedelten Gegenden dezentrale Restmüllkonzepte, verbunden mit Einsparungen bei Transportkosten zu verwirklichen. Durch eine räumliche Trennung der mechanischen Behandlungsanlage von der biologischen Stufe lässt sich außerdem eine größere Flexibilität erzielen.

# 7 Forderungen

**U**m der Verschwendung von Rohstoffen und Energie entgegen zu wirken und den Schadstoffausstoß deutlich zu verringern, müssen nach Ansicht des BUND zumindest folgende Forderungen in die Tat umgesetzt werden:

## 7.1 Allgemeine abfallpolitische Forderungen

1. Staatliche Stellen (Bund, Länder und Kommunen) müssen Abfallvermeidungsprogramme aufstellen, in denen sie konkrete Ziele (z.B. Förderung von Mehrwegverpackungen) und Maßnahmen (z.B. Vorschriften in öffentlichen Einrichtungen oder z.B. Zuschüsse) zu benennen haben.
2. Staatliche Stellen müssen bei ihren Projekten und bei ihren betrieblichen Maßnahmen stets die Vorbildfunktion der öffentlichen Hand berücksichtigen. Dabei ist z.B. an die Berücksichtigung von Umweltgesichtspunkten bei der Ausschreibung und Beschaffung ebenso zu denken wie an die Optimierung von Betriebsabläufen, wozu z.B. die getrennte Sammlung von Abfällen gehören muss. Dies gilt analog auch für öffentliche Einrichtungen wie Kliniken und Heime, auch für die in privater Trägerschaft.
3. Die kommunale Zuständigkeit für die Abfälle aus privaten Haushalten, die im KrW/AbfG festgelegt ist, und die Abstimmungspflicht mit den Kommunen bei der Sammlung von Verpackungsabfällen nach der Verpackungsverordnung müssen auf jeden Fall erhalten bleiben. Die Kommunen sind gehalten, ihre Rechte und Pflichten im Bereich der Abfallentsorgung zum Schutz der Umwelt wahrzunehmen.
4. Die kommunale Abfallberatung muss verstärkt werden und neben Hinweisen zur ordnungsgemäßen Befüllung der Sammelgefäße und Tipps zur Abfallvermeidung auch die Erklärung von Zusammenhängen bei der Abfallwirtschaft umfassen.
5. Um eine ordnungsgemäße Verwertung von Verpackungsabfällen sicherzustellen, ist eine neutrale Stelle für die Lizenzvergabe und die Abrechnung der Kosten zu schaffen.
6. Die Verwertung von Küchen- und Gartenabfällen ist zu intensivieren. Auch in dicht besiedelten Bereichen ist eine flächendeckende getrennte Bioabfallsammlung zu installieren. In weniger dicht besiedelten Bereichen sollte auch die Eigenkompostierung gefördert werden.
7. Bei der Verwertung von Küchen- und Gartenabfällen sollte die Erzeugung von Biogas als erneuerbare Energiequelle angestrebt werden.
8. Technologien zur Ausschleusung bevorzugt hochwertiger Wertstoffe aus der heizwertreichen Fraktion von MBA mit dem Ziel, den thermisch zu behandelnden Rest zu minimieren, sind zu fördern.
9. »Mülltourismus« muss von den zuständigen Behörden durch restriktive Genehmigungspraxis unterbunden oder zumindest eingeschränkt werden. Der juristische Spielraum ist auszuschöpfen.
10. Das Umweltrecht und das Bergrecht müssen im Gesetzgebungsverfahren so aufeinander abgestimmt werden, dass es nicht möglich ist, auf der Basis des Bergrechts umweltschädliche Ablagerungen vorzunehmen oder Anlagen mit überhöhten Emissionen zu betreiben.

## **7.2 Forderungen zur Abfallbeseitigung in Verbrennungsanlagen**

1. Die Kapazitäten zur Abfallverbrennung dürfen nicht ausgeweitet werden. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen für alle Abfallverbrennungsanlagen Planfeststellungsverfahren wieder verbindlich vorgeschrieben werden. Das bedeutet, dass ein Bedarfsnachweis vorzulegen ist (sog. Planrechtfertigung).
2. Die Rauchgasreinigung von Abfallverbrennungsanlagen ist sowohl zur maximalen Schadstoffreduzierung als auch aus Gründen der Anlagensicherheit grundsätzlich mit mehrstufigen Systemen einschließlich Wäscher durchzuführen.
3. Betreiber von Abfallverbrennungsanlagen haben Konzepte zur Kraft-Wärme-Kopplung vorzulegen, sofern die Abwärme noch nicht oder nur zum Teil genutzt wird.
4. Die Grenzwerte der 17. BImSchV sind entsprechend dem Fortschritt der Anlagentechnik zu verschärfen. So sollte mindestens der Grenzwert für Stickoxide auf  $100 \text{ mg/m}^3$  und der für HCl auf  $5 \text{ mg/m}^3$  herabgesetzt werden.
5. Schadstoffe, deren Toxizität nach den Erkenntnissen der Wissenschaft höher ist als bisher angenommen, müssen in der 17. BImSchV in eine Kategorie mit strengeren Grenzwerten eingestuft werden. Dies gilt z.B. für Ultrafeinstäube und für Nickel.
6. In die 17. BImSchV ist die Vorschrift aufzunehmen, dass beim Anfahren einer Verbrennungsanlage keine ungereinigten Rauchgase über Bypass-Leitungen in die Umgebung abgeführt werden dürfen.
7. In die 17. BImSchV ist die Vorschrift aufzunehmen, dass die bei Betriebsstörungen in einer Verbrennungsanlage entstehenden Rauchgase nicht ungereinigt über Bypass-Leitungen in die Umgebung abgeführt werden dürfen, sondern vorher über mindestens eine Reinigungsstufe geleitet werden müssen.
8. In der 17. BImSchV sind Ausnahmeregelungen von Messvorschriften zu streichen, z.B. die diskontinuierliche Messung von Quecksilber.
9. Die Einhaltung der im Genehmigungsbescheid vorgeschriebenen Grenzwerte ist von den zuständigen Behörden strikt zu überprüfen. Fehlverhalten sowohl von Betreiber- als auch von Behördenseite sind konsequent zu ahnden. Dafür müssen die Überwachungsbehörden wieder mit entsprechendem Personal ausgestattet werden. Kommunalisierungsbestrebungen wie in NRW sind zu stoppen bzw. rückgängig zu machen.
10. Aschen, Schlacken und Filterstäube sind grundsätzlich einer Deponierung im Salzgestein zuzuführen. Die Deponierung ist zu dokumentieren. Eine Verwertung als Baustoff oder Wirtschaftsgut wird vom BUND abgelehnt.
11. Die Behörden dürfen die Bürgerinnen und Bürger nicht durch hohe Gebühren daran hindern, ihr Recht auf Information in Anspruch zu nehmen. Messergebnisse sind kontinuierlich online zu veröffentlichen.
12. Die Öffentlichkeit muss verstärkt über die konkreten Probleme der Verbrennung von Abfällen aufgeklärt werden, auch im Ofen daheim oder im Betrieb.

### 7.3 Zum Umgang mit Brennstoff aus Müll (sogen. EBS)

Obwohl der BUND grundsätzlich den Einsatz von »Ersatzbrennstoff« aus Müll ablehnt, fordert er für den Fall, dass ein solcher Einsatz nicht zu verhindern ist, zumindest Folgendes: Heizwertreiche Abfälle dürfen nur dann energetisch genutzt werden, wenn eine Vermeidung nicht möglich, ein stoffliches oder rohstoffliches Recycling nachweislich unmöglich oder ökologisch belastender ist als eine thermische Verwertung und die heizwertreiche Fraktion (Ersatzbrennstoff) so weit von Schadstoffen entfrachtet ist, dass eine schadlohe energetische Verwertung in jedem Fall gewährleistet ist. Hierzu müssen folgende grundsätzliche Kriterien erfüllt sein:

1. Ein Ersatzbrennstoff muss im Schadstoffgehalt mit geprüften, gesetzlich und verbindlich festgelegten Grenzwerten reglementiert sein. Rein heizwertorientierte Vorbehandlung ohne gleichzeitige erhebliche Schadstoffentfrachtung ist grundsätzlich abzulehnen. Ein an der Umweltverträglichkeit orientierter Standard der Schadstoffentfrachtung muss gewährleistet sein. Eine Richtschnur hierfür kann nicht vorrangig die von der Gütegemeinschaft für Sekundärbrennstoffe vorgeschlagene Güterrichtlinie sein, da diese hersteller- und nicht umweltorientiert ist und zudem lediglich als freiwillige Vereinbarung vorgeschlagen ist. Eine umweltorientierte Vorlage für Schadstoffbegrenzungen liefert der Vorschlag der Bund/Länder LAGA von 1997, dessen Richtwerte allerdings offiziell nie verabschiedet wurden. Zulässige bzw. akzeptable Input- Grenzwerte für die Mitverbrennung von Abfällen müssen sich an dem jeweiligen Verbrennungssystem inklusive der Rauchgasreinigung orientieren und sind durch ein Betriebslabor zu überprüfen. Die Inputgrenzwerte sind an den tatsächlichen Transferfaktoren für konkrete Genehmigungsverfahren entsprechend auszurichten. Transferfaktoren, ermittelt

an modernen Anlagen mit optimaler Rauchgasreinigung, sind nicht übertragbar auf Altanlagen ohne Nachrüstung auf den Stand der Technik. Abfallarten, die erfahrungsgemäß hoch belastet sind, z.B. Autoshreder-Abfälle, sind als Brennstoff aus Müll kategorisch auszuschließen. Hier ist der direkte Kontext zu der schwammigen 80-Perzentilregelung herzustellen. Diese ermöglicht nämlich 20%igen Sondermüllanteil. Es ist im Übrigen unzulässig, 20% hoch belastetes Material als »Ausreißer« zu bezeichnen und zu tolerieren.

2. »Ersatzbrennstoff« darf nur in Anlagen genutzt werden, in denen sowohl eine hocheffiziente Rauchgasreinigung installiert als auch gewährleistet ist, dass Produkte nicht durch die Verwendung von »Ersatzbrennstoff« mit Schadstoffen belastet werden und gefährliche Sekundärabfälle zur Beseitigung entstehen. Produkte dürfen nicht als Schadstoffsänke dienen, wie es derzeit beispielsweise in der Zementindustrie und bei der Nutzung von Kraftwerksnebenprodukten der Fall ist.
3. »Ersatzbrennstoff« darf nur in Anlagen genutzt werden, in denen ein energetischer Mindestwirkungsgrad gewährleistet ist und in Kraft-Wärme-Koppelung auch thermische Energie als Prozessdampf und/oder Fernwärme genutzt wird. Der Wirkungsgrad der energetischen Nutzung von »Ersatzbrennstoff« in Mono-Verbrennungsanlagen muss dem energetischen Wirkungsgrad konventioneller Kraftwerke nach dem Stand der Technik entsprechen.
4. Eine energetische Nutzung muss unter dem Aspekt der Entsorgungssicherheit auf unvermeidbar anfallende heizwertreiche Abfälle unter Beachtung der vorgenannten Kriterien beschränkt werden, ein Import und Mülltourismus darf durch energetische Nutzung nicht gefördert werden.

# 8 Glossar

<b>17. BImSchV:</b>	17. Bundesimmissionsschutzverordnung (speziell für Abfallverbrennungs- und mitverbrennungsanlagen)	<b>SNCR:</b>	Selektive nicht-katalytische Reduktion (von Stickoxiden)
<b>AbfAbIV:</b>	Abfallablagerungs-Verordnung	<b>TOC:</b>	Gesamter organisch gebundener Kohlenstoff
<b>AVV:</b>	Abfallartenverzeichnisverordnung	<b>TS:</b>	Trockensubstanz
<b>BRAM:</b>	Brennstoff aus Müll; im Englischen: RDF (refuse derived fuel)	<b>UTD:</b>	Untertagedeponie
<b>EBS:</b>	Ersatzbrennstoff, auch bekannt als »SBS« (Sekundärbrennstoff)	<b>%:</b>	% bei Mengenangaben bedeutet Massen-%, auch als Gewichts-% bezeichnet
<b>KrW/AbfG:</b>	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, meist als Kreislaufwirtschaftsgesetz bezeichnet		
<b>m<sup>3</sup><sub>n</sub>:</b>	Normkubikmeter (1 m <sup>3</sup> Luft bei 0°C und 1013 hPa)		
<b>MBA:</b>	Mechanisch-biologische Behandlungsanlage (s. Kap. 6)		
<b>MVA:</b>	Müllverbrennungsanlage (s. Kap. 6)		
<b>MJ:</b>	Energieeinheit (1MJ = 1.000 kJ = 0,2778 kWh)		
<b>PCDD:</b>	Polychlorierte Dibenzodioxine, oft als »Dioxine« bezeichnet		
<b>PCDF:</b>	Polychlorierte Dibenzofurane		
<b>RDF:</b>	refuse derived fuel (englische Bezeichnung für Ersatzbrennstoff)		
<b>REA:</b>	Rauchgasentschwefelungsanlage		
<b>SCR:</b>	Selektive katalytische Reduktion (von Stickoxiden)		

# 9 Literaturverzeichnis

- 1 Knappe, F.: Potentialanalyse der deutschen Entsorgungswirtschaft, Umweltbundesamt Berlin/Dessau-Rosslau, Texte 44/2007
- 2 »Einweg kann 150.000 Stellen kosten«, dpa/vwd, zitiert in: Nürnberger Nachrichten, 1.10.1997. Die Zahl von 150.000 bezieht sich danach auf den »schlimmsten Fall«; die Zahl der Arbeitsplätze im Getränke Einzelhandel wird mit 55.000, der im Getränke Fachgroßhandel mit 30.000 beziffert.
- 3 Stat. Bundesamt, Wiesbaden/Bonn, zitiert nach: Müllmagazin 20 (4), S. 7 (2007)
- 4 Statistisches Bundesamt: [www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de\\_jb10\\_jahrtabu4.asp](http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb10_jahrtabu4.asp)
- 5 bvse 2007: Überblick über die Recycling- und Entsorgungsbranche, Zahlen – Daten – Fakten, bvse, Bonn 2007
- 6 Alwast, H.: Die Abfallbilanz und Entwicklung in Deutschland ein Jahr nach Deponieende, Vortrag im Rahmen der 9. Mitgliederversammlung der ITAD am 19.9.2006 in Würzburg
- 7 Alwast, H.: Die Abfallbilanz und Entwicklung in Deutschland 2007, Vortrag im Rahmen der 10. Mitgliederversammlung der ITAD am 10.9.2007 in Köln
- 8 BUNDpositionen Nr. 9: Vergraben? Verbrennen? Vergessen? Bonn, 1. Auflage 1984, 2. Auflage 1988
- 9 Welle, F.: Lebensmittelverpackungen: Alltäglich und doch unscheinbar. Chemie in unserer Zeit 41, S. 96–106 (2007)
- 10 Wille, J.: Ex und Hopp und ab nach China – Die Einwegflasche wird 50 und boomt trotz ökologischer Bedenken wie nie zuvor in ihrer Geschichte, Frankfurter Rundschau 15.9.2007
- 11 Schonert, M. et al.: Öko-Bilanz für Getränkeverpackungen II/Phase 2, Umweltbundesamt Berlin, Oktober 2002
- 12 Abfallwirtschaft – Hausmüll in Bayern – Bilanzen 2006, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, S. 50–52, Augsburg 2007
- 13 Remondis AG & Co. KG, Lünen: REMONDIS aktuell 1/2006, S. 7
- 14 Henghuber, G.: Müll & Abfall 38 (10), S. 524 (2006)
- 15 Christiani, J.: Möglichkeiten und Grenzen der Sortierung von Abfällen, Müll & Abfall 38 (10), S. 536 (2006)
- 16 Eder, S. W.: Recycling lohnt sich für die CO<sub>2</sub>-Bilanz, VDI nachrichten, Köln, 13.6.2008
- 17 Pflaum, H., Hiebel, M.: Recycling für den Klimaschutz, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, Oberhausen 2008
- 18 Sander, K.: Climate Protection Potentials of EU Recycling Targets, Ökopol, Hamburg, Januar 2008
- 19 Koch, T. C., Seeberger, J., Petrik, H.: Ökologische Müllverwertung, S. 323, Karlsruhe 1986
- 20 Reimann, D. O.: »Datenerhebung und Auswertung zur Energieeffizienz 2002/03 am Beispiel bisher berechneter 21 Abfallverbrennungsanlagen«. Vortrag anlässlich der 7. Mitgliederversammlung der ITAD, Mainz, 14. 10. 2004
- 21 Ullmanns Enzyklopädie der Technischen Chemie 1981, verschiedene Bände, nach: Neidhardt, R.: Müllverbrennung – Ein brennendes Problem für Mensch und Natur, BUNDargumente, Bonn 1. Auflage 1988
- 22 Kindler, H., Nikles, A.: Vergleich von Energie-Äquivalenten und Heizwerten für einige Kunststoffe, in: Kunststoffe 70, S. 802 ff., 1980
- 23 Reimann, D. O.: »Datenerhebung und Auswertung zur Energieeffizienz 2002/03 am Beispiel bisher berechneter 21 Abfallverbrennungsanlagen«. Vortrag anlässlich der 7. Mitgliederversammlung der ITAD, Mainz, 14. 10. 2004
- 24 Koch, T. C., Seeberger, J.: Ökologische Müllverwertung, S. 79, Karlsruhe 1984
- 25 Abfallwirtschaft – Hausmüll in Bayern – Bilanzen 2006, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, S. 59, Augsburg 2007
- 26 bvse 2007: Überblick über die Recycling- und Entsorgungsbranche, Zahlen – Daten – Fakten, bvse, Bonn 2007
- 27 Winter, B., Szednyi, I., Reisinger, H., Böhrer, S., Janhsen, T.: »Abfallvermeidung und -verwertung: Aschen, Schlacken und Stäube in Österreich«, REP-003, Umweltbundesamt Österreich, Wien, 2005
- 28 Gebhardt, P.: Stand der Technik bei der Rauchgasreinigung von Müllverbrennungsanlagen, Rundbrief der Koordinationsstelle Genehmigungsverfahren 1/2000, S. 2–7
- 29 Gass, H. et al.: »Stellt der Anfahrtrieb aus kaltem Anlagenzustand eine PCDD/F-Belastung bei der thermischen Abfallverwertung dar?« Müll & Abfall, 34 (7), S. 391–394 (2002)
- 30 Gass, H. et al.: PCDD/F-Emissions during cold start-up and shut down of a municipal waste incinerator, Organohalogen Compounds, Volume 56, Dioxin 2002 Boston, MA
- 31 Gass, H. et al.: Optimization of the start-up procedures in a municipal waste incinerator – Impact on the emissions of dioxines and related compounds. Organohalogen Compounds, Volumes 60–65, Dioxin 2003 Boston, MA
- 32 Küppers, P., Gebhardt, P.: Vergleich der Emissionen der MVA Bielefeld–Herford mit den Emissionen anderer Müllverbrennungsanlagen und Prüfung, ob die Emissionen aufgrund der Leistungserhöhung überproportional steigen können; i. A. der Baugenossenschaft Freie Scholle, Bielefeld, Öko-Institut Darmstadt; Ingenieurbüro für Umwelttechnik Salzböden, September 2006
- 33 Gebhardt, P.: Quecksilberemissionen durch MVA, Müllmagazin 18 (4), S. 34–36 (2005)
- 34 Gebhardt, P.: Stand der Technik bei der Rauchgasreinigung von Müllverbrennungsanlagen, Rundbrief der Koordinationsstelle Genehmigungsverfahren 1/2000, S. 2–7
- 35 Reimann, D. O.: Tiermehlentsorgung in rostgefeuerten Abfallverbrennungsanlagen, Müll & Abfall, 33 (8), S. 485–488 (2001)
- 36 Aichacher Zeitung, 21. 2. 2006
- 37 Winter, B., Szednyi, I., Reisinger, H., Böhrer, S., Janhsen, T.: »Abfallvermeidung und -verwertung: Aschen, Schlacken und Stäube in Österreich«, REP-003, Umweltbundesamt Österreich, Wien, 2005
- 38 »Müllverbrennungsschlacke-Verwertung in Bauvorhaben«, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg 2002
- 39 LUA (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen) 2006 [www.nrw-luawebapps.de/aida/steuer.php](http://www.nrw-luawebapps.de/aida/steuer.php)
- 40 Winter, B., Szednyi, I., Reisinger, H., Böhrer, S., Janhsen, T.: »Abfallvermeidung und -verwertung: Aschen, Schlacken und Stäube in Österreich«, REP-003, Umweltbundesamt Österreich, Wien, 2005
- 41 Seidemann, T.: »Die Entsorgungsbilanz als Voraussetzung zur Bewertung komplexer Produkte«, Vortrag anlässlich der Arbeitstagung Produktlinienanalyse des Öko-Instituts Freiburg/Br., März 1991
- 42 Bandt, O.: »Zahlenschrott aufgearbeitet«, Müllmagazin 5 (3), S. 36–38 (1992)
- 43 Höffken, E.: Chemische Zusammensetzung und Verwendung von aufbereitetem Schrott, Stahl und Eisen 108, S. 801 ff. (1988)
- 44 Seidemann, T.: »Die Entsorgungsbilanz als Voraussetzung zur Bewertung komplexer Produkte«, Vortrag anlässlich der Arbeitstagung Produktlinienanalyse des Öko-Instituts Freiburg/Br., März 1991
- 45 Umweltbundesamt, Dessau-Rosslau: [www.umweltbundesamt.de/abfallwirtschaft/abfallstatistik/basel](http://www.umweltbundesamt.de/abfallwirtschaft/abfallstatistik/basel)
- 46 Alwast, H.: Die Abfallbilanz und Entwicklung in Deutschland ein Jahr nach Deponieende, Vortrag im Rahmen der 9. Mitgliederversammlung der ITAD am 19.9.2006 in Würzburg
- 47 Remondis AG & Co. KG, Lünen: In Betrieb genommene, entstehende und geplante Kapazitäten im Bereich Hausmüll, Gewerbeabfall bzw. Ersatzbrennstoff, Stand 25.8.2006, Lünen 2006
- 48 Remondis AG & Co. KG, Lünen: In Betrieb genommene, entstehende und geplante Kapazitäten im Bereich Hausmüll, Gewerbeabfall bzw. Ersatzbrennstoff, Stand 21.6.2007, Lünen 2007

- 49 Schwolow, R.: Überkapazität thermischer Verwertungsanlagen?  
Vortrag anlässlich des DGAW-Regionaltreffens Nord-West, Bremen,  
13.11.2007
- 50 Mitteilungen von Herrn Rüter, Ministerium für Landwirtschaft,  
Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein vom  
9.7.2007 in Pinneberg
- 51 BUND-LV Nordrhein-Westfalen: BUNDposition Ersatzbrennstoffe,  
Düsseldorf, Juli 2007
- 52 »Genehmigungsantrag für das neue Heizkraftwerk der Gebr. Lang  
Papierfabrik GmbH«, Register 4, S. 9 und 52, Ettringen 2007
- 53 Kühle-Weidemeier, M., et al.: »Sachstand MBA in Deutschland«,  
Vortrag anlässlich der Internationalen Tagung MBA Hannover 2007,  
Tagungsband: Göttingen 2007, S. 189–203
- 54 Doedens, H., et al.: Status MBA in Deutschland, Müll Et Abfall,  
39 (12), S. 576–579 (2007)
- 55 Wallmann, R.: Ingenieurgesellschaft Witzenhausen (IGW),  
pers. Mitteilungen September 2007
- 56 Thoma, J.: »Müllgebühr sinkt um 20 Prozent«, Schongauer Nachrichten,  
1.4.2008
- 57 Killmann, D., et al.: »Perspektiven der sensorgestützten Sortierung  
fester Abfallstoffe«, Vortrag anlässlich der Internationalen Tagung  
MBA Hannover 2007, Tagungsband: Göttingen 2007, S. 299–311
- 58 Dehoust, G. et al: Systemvergleich unterschiedlicher Verfahren der  
Restabfallbehandlung für die Stadt Münster. Öko-Institut Freiburg,  
Darmstadt, Berlin, Dezember 1998
- 59 AWM Abfallwirtschaftsbetriebe Münster, Abfallbilanz 2006
- 60 »Stärkung von Wettbewerb, Vielfalt und Innovation in der Abfall-  
wirtschaft«, Bericht des UBA anlässlich des Fachgesprächs zur Ein-  
beziehung mechanisch-biologischer Verfahren in die Abfallentsor-  
gung am 24.9.1999 in Berlin, S. 37
- 61 Bericht zur zukünftigen Restabfallentsorgung im Landkreis  
Ebersberg. Ingenieurgesellschaft Witzenhausen (IGW) in Zusam-  
menarbeit mit dem Öko-Institut Darmstadt und dem Ingenieurbüro  
Haas-Kahlenberg, Witzenhausen, 30.8.2002
- 62 Dehoust, G. et al: Systemvergleich unterschiedlicher Verfahren der  
Restabfallbehandlung für die Stadt Münster. Öko-Institut Freiburg,  
Darmstadt, Berlin, Dezember 1998
- 63 Bericht zur zukünftigen Restabfallentsorgung im Landkreis  
Ebersberg. Ingenieurgesellschaft Witzenhausen (IGW) in Zusam-  
menarbeit mit dem Öko-Institut Darmstadt und dem Ingenieurbüro  
Haas-Kahlenberg, Witzenhausen, 30.8.2002



# Die Erde braucht Freundinnen und Freunde

Der BUND ist ein Angebot: an alle, die unsere Natur schützen und den kommenden Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen erhalten wollen. Zukunft mitgestalten – beim Schutz von Tieren und Pflanzen, Flüssen und Bächen vor Ort oder national und international für mehr Verbraucherschutz, gesunde Lebensmittel und natürlich den Schutz unseres Klimas.

Der BUND ist dafür eine gute Adresse. Wir laden Sie ein, dabei zu sein.

## Ich will mehr Natur- und Umweltschutz

Bitte (kopieren und) senden an:

**Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.,**  
**Friends of the Earth Germany, Am Köllnischen Park 1, 10179 Berlin**

Ich möchte

- ... mehr Informationen über den BUND
- ... Ihren E-Mail-Newsletter \_\_\_\_\_

## Ich will den BUND unterstützen

Ich werde BUNDmitglied

Jahresbeitrag:

- Einzelmitglied (ab 50 €) .....
- Familie (ab 65 €) .....
- SchülerIn, Azubi, StudentIn (ab 16 €) .....
- Erwerbslose, Alleinerziehende, KleinrentnerIn (ab 16 €) .....
- Lebenszeitmitglied (ab 1.500 €) .....

Wenn Sie sich für eine Familienmitgliedschaft entschieden haben, tragen Sie bitte die Namen Ihrer Familienmitglieder hier ein. Familienmitglieder unter 25 Jahren sind automatisch auch Mitglieder der BUNDjugend.

\_\_\_\_\_  
Name, Geburtsdatum

\_\_\_\_\_  
Name, Geburtsdatum

Ich unterstütze den BUND mit einer Spende

- Spendenbetrag  €
- einmalig
- jährlich

Um Papier- und Verwaltungskosten zu sparen, ermächtige ich den BUND, den Mitgliedsbeitrag/die Spende von meinem Konto abzubuchen. Diese Ermächtigung erlischt durch Widerruf bzw. Austritt.

\_\_\_\_\_  
Name

\_\_\_\_\_  
Vorname

\_\_\_\_\_  
Straße, Hausnummer

\_\_\_\_\_  
PLZ, Ort

\_\_\_\_\_  
Kreditinstitut

\_\_\_\_\_  
Bankleitzahl

\_\_\_\_\_  
Kontonummer

\_\_\_\_\_  
E-Mail, Telefon

\_\_\_\_\_  
Datum, Unterschrift

Ihre persönlichen Daten werden ausschl. für Vereinszwecke elektronisch erfasst und – ggf. durch Beauftragte des BUND e.V. – auch zu vereinsbezogenen Informations- und Werbezwecken verarbeitet und genutzt. [ABA134]



Redaktion: Irene Lucius  
V.i.s.d.P.: Dr. Norbert Franck  
Produktion: Natur & Umwelt GmbH  
Bestellnummer: 11.049  
Juni 2010, 2. Auflage

(Stellvertretender AK-Sprecher), Erich Boyer  
(AK-Mitglied) sowie Peter Gebhardt (Externer Berater).

AutorInnen: BUND-Bundesarbeitskreis  
Abfallwirtschaft, insbesondere Dr. Hartmut Hoffmann (AK-Sprecher), Claudia Baieringer  
(Stellvertretende AK-Sprecherin), Ingo Gödeke

www.bund.net  
Telefon: 030/2 7586-40  
Fax: 030/2 7586-440  
E-Mail: info@bund.net

**Impressum**  
Herausgeber:  
Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND), Friends of the Earth Germany  
Am Köllnischen Park 1 · 10179 Berlin