

STELLENWERT DER ABFALLVERBRENNUNG IN DEUTSCHLAND



Prinzipieller Aufbau einer Verbrennungsanlage für Siedlungsabfälle

Inhalt:

1. Die Abfallverbrennung im Wandel der Zeit
2. Die Kontroverse um die Abfallverbrennung in den achtziger Jahren
3. Umweltrelevanz der Abfallverbrennung
4. Stellen Abfallverbrennungsanlagen eine Gefahr für die menschliche Gesundheit dar?
5. Die zentralen Herausforderungen der Abfallverbrennung heute
6. Potenziale und Hemmnisse der Energienutzung bei der thermischen Abfallbehandlung
7. Wie lässt sich die energetische Nutzung der Siedlungsabfälle optimieren?
8. Zukunft der Abfallwirtschaft und die Bedeutung der Abfallverbrennung

Impressum

Herausgeber: Umweltbundesamt
Pressesprecher: Martin Ittershagen (verantwortlich)
Adresse: Postfach 1406, 06813 Dessau
Telefon: 0340/21 03-2122
E-Mail: pressestelle@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de
Stand: Oktober 2008

1. Die Abfallverbrennung im Wandel der Zeit

Ende des 19. Jahrhunderts führten das Fehlen geeigneter Erfassungs- und Entsorgungssysteme für Abfall sowie Gesundheitsprobleme – etwa wegen der auftretenden Seuchen wie Cholera - in Europa zu der Frage: Wie lässt sich der Abfall verringern und wie wird er sauberer? Damit läuteten die Menschen das Zeitalter der „technischen“ Abfallverbrennung ein. Den Beginn machte im Jahr 1876 eine Anlage in England, Nottingham, auch „Destructor“ genannt. Nach Erfahrungen mit der Einführung der Abfallverbrennung in Manchester diskutierte man auch in Deutschland über deren Einführung.

Die erste Abfallverbrennungsanlage in Deutschland entstand 1894/95 nach der letzten großen Choleraepidemie in Hamburg. Die so genannte „Müllverbrennungsanstalt“ nahm am 1. Januar 1896 am Bullerdeich in Hamburg ihren Regelbetrieb auf, um den Abfall von 300.000 Einwohnern der Stadt mit Hilfe der Verbrennung zu entsorgen.

Damit war der Grundstein für eine neue Form der Abfallbehandlung gelegt, die sich unter Gesundheits- und Umweltschutzaspekten sowie aus ökonomischer Sicht als sinnvoll erwies.

Auf Seiten der Bevölkerung gab es bereits damals Widerstand gegen die Errichtung der Abfallverbrennungsanlagen. Die Dauer und die Heftigkeit der politischen Kontroverse über den Bau der Hamburger Anlage vor über 100 Jahren sind kaum zu unterscheiden von den heutigen öffentlichen Diskussionen im Zusammenhang mit Baubeschlüssen und Genehmigungsverfahren. Die beträchtlichen Emissionen an Luftschadstoffen waren als Umweltbelastung damals allerdings kein großes Thema. Der „rauchende Schornstein“ war als Symbol des technischen Fortschritts der Gründerjahre noch positiv besetzt.

In den 20er und 30er Jahren des 20. Jahrhunderts kam es zu signifikanten Weiterentwicklungen der Verbrennungstechnik und erstmals zum Einsatz eines Elektrofilters. Die technischen Fortschritte ermöglichten einen voll automatisierten Anlagenbetrieb mit kontinuierlicher Beschickung des Brennraums und kontinuierlicher Entschlackung. Diese Entwicklungen der Anlagen der „2. Generation“ waren die Grundvoraussetzungen für moderne Verbrennungsanlagen.

Die weiteren Entwicklungen führten - aus Sicht des Umweltschutzes - zur „Müllverbrennungsanlage (MVA¹) der Neuzeit“ mit ausgereifter Feuerungstechnik und leistungsfähiger Abgasreinigung (3. Generation) – maßgeblich beschleunigt durch die anspruchsvollen emissionsbegrenzenden Anforderungen der Abfallverbrennungsanlagen-Verordnung (17. BImSchV²) von 1990. Ende der 90er Jahre des vergangenen Jahrhunderts entstanden Anlagen der 4. Generation mit „verschlinkter“, aber ebenso wirksamer Abgasreinigung³.

Heute befindet sich die Abfallverbrennung auf dem Weg zur 5. Anlagengeneration. Die Entwicklung der Abfallverbrennungstechnik ist bei weitem noch nicht abgeschlossen. Dies gilt vorrangig für die Verbesserung der energetischen Effizienz der Anlagen (siehe dazu auch Kapitel 5 und 6).

Die Entwicklung der thermischen Abfallbehandlungsanlagen hinsichtlich ihrer Anzahl und Kapazität zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: Entwicklung der Anlagen zur thermischen Behandlung von Siedlungsabfällen in Deutschland⁴

Jahr	Anzahl Anlagen	Abfalldurchsatz in 1000 t/a	Durchschn. Durchsatz je Anlage in 1000 t/a
1965	7	718	103
1970	24	2.829	118
1975	33	4.582	139
1980	42	6.343	151
1985	46	7.877	171
1990	48	9.200	191
1995	52	10.870	202
2000	60	13.900	230
2005	66	16.000	242

2. Die Kontroverse um die Abfallverbrennung in den achtziger Jahren

Mit dem wachsenden Umweltbewusstsein der Bevölkerung gerieten Abfallverbrennungsanlagen zunehmend als Quellen für kritische Luftschadstoffe ins Visier der Öffentlichkeit. Mit Hilfe ständig verfeinerter Mess- und Analysemethoden ließen sich auch Schadstoffgruppen im Abgas nachweisen, die bis dahin weitgehend unbekannt waren und als Synonym für massive Störfälle in die Geschichte eingingen – die Stichwörter Dioxine und Furane^{5,6} seien hier genannt. Die MVA – damals als „Giftschleuder“ oder „Allesfresser“ bezeichnet – wurden angesichts der stark anwachsenden Abfallmengen der Wohlstandsgesellschaft zum Symbol des unkontrollierten Konsumwachstums der Industriegesellschaft zu Lasten der Umwelt. Die Bürgerinnen und Bürger wehrten sich gegen die als „Dioxin-Schleudern“ bezeichneten Abfallverbrennungsanlagen. Mit Erfolg: Die öffentliche Kritik an den Schadstoffemissionen aus Abfallverbrennungsanlagen trieb die Entwicklung der Feuerungs-, Luftreinhalte- und Überwachungstechnik immer weiter voran, um - unabhängig von Kosten und Energieverbrauch - die Schadstoffemissionen zu verringern und die Umwelt-

verträglichkeit des Anlagenbetriebes zu verbessern. Gleichzeitig ebnete das Abfallgesetz von 1986 - mit der Einführung der Abfallhierarchie „Vermeidung vor Verwertung vor Beseitigung“ - den Weg für eine umweltverträglichere Abfallentsorgung. Mit den darauf folgenden bundesrechtlichen Regelungen entwickelte sich die Abfallwirtschaft weiter zur Ressourcen schonenden Kreislaufwirtschaft.

Heute werden mehr als 60 Prozent des Hausmülls stofflich verwertet, zum Beispiel Bioabfall, Altpapier, Altglas oder Verpackungen. Seit dem 1. Juni 2005 darf kein Siedlungsabfall mehr unbehandelt auf die Deponie gehen⁷.

Heute setzen die knapp 70 MVA fast 18 Millionen Tonnen Abfall pro Jahr ein. In Folge strenger Regelungen spielen Abfallverbrennungsanlagen bei den Emissionen von Dioxinen, Staub und Schwermetallen mittlerweile keine Rolle mehr. Und das, obwohl die Kapazität der Abfallverbrennung sich seit 1985 mehr als verdoppelte.

3. Umweltrelevanz der Abfallverbrennung

3.1 Emissionen und rechtliche Anforderungen

Um die Emissionen von Abfallverbrennungsanlagen weiter zu begrenzen, trat am 1. Dezember 1990 die 17. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe (17. BImSchV) in Kraft und schrieb weltweit die anspruchsvollsten Grenzwerte zur Begrenzung der Luftschadstoffemissionen für Abfallverbrennungsanlagen in Deutschland vor, insbesondere für krebserzeugende und toxische Stoffe, wie Dioxine und Schwermetalle.

Die Schaffung von Regelungen zur Emissionsbegrenzung war erforderlich, weil vor Inkrafttreten dieser Verordnung bei Abfallverbrennungsanlagen zum Teil sehr hohe Schadstoffkonzentrationen im Abgas gemessen wurden: In einzelnen Fällen bis zu 400 Nanogramm Toxizitätsäquivalente (TE) Dioxin je Kubikmeter Abgas. Das ist eine 4000 mal höhere Konzentration, als es die 17. BImSchV vorschreibt. Dazu kamen Stäube und Schwermetalle. Die Abfallverbrennung verlagerte Schadstoffe aus dem Müll teilweise in der Atmosphäre.

Innerhalb einer Übergangsfrist mussten alle bestehenden Anlagen mit einer anspruchsvollen Abgasreinigung nachgerüstet oder – falls dies nicht geschah - stillgelegt werden. Neue Anlagen müssen von Anfang an die vorgeschriebenen Grenzwerte einhalten. Daneben gelten strenge Anforderungen an die Emissionsüberwachung. Die Überwachung fast aller Schadstoffe - unter anderem Staub und Schwermetalle wie Quecksilber (Hg) - erfolgt heute kontinuierlich. Um Schadstoffe vollständig zu zerstören, sind Mindesttemperaturen und eine Min-

destverweildauer für Schadstoffe im Verbrennungsbereich vorgeschrieben. Diese Anforderungen gelten im europäischen und deutschen Recht bis heute fort.

Seit dem Jahr 2000 ist die EG-Richtlinie über die Verbrennung von Abfällen (RL 2000/76/EG) in Kraft. Als Grundlage bei der Ausarbeitung dieser Richtlinie diente die 17. BImSchV von 1990. Die Umsetzung dieser Richtlinie in nationales Recht führte zur Novelle der 17. BImSchV⁸ im August 2003. Als Ergebnis der Novellierung sind weitere Verschärfungen der Grenzwerte, aber auch die Verschärfung der Regelungen für die Mitverbrennung von Abfällen in Industriefeuerungen - beispielsweise in Zementöfen oder kohlebefeuerten Kraftwerken - zu nennen.

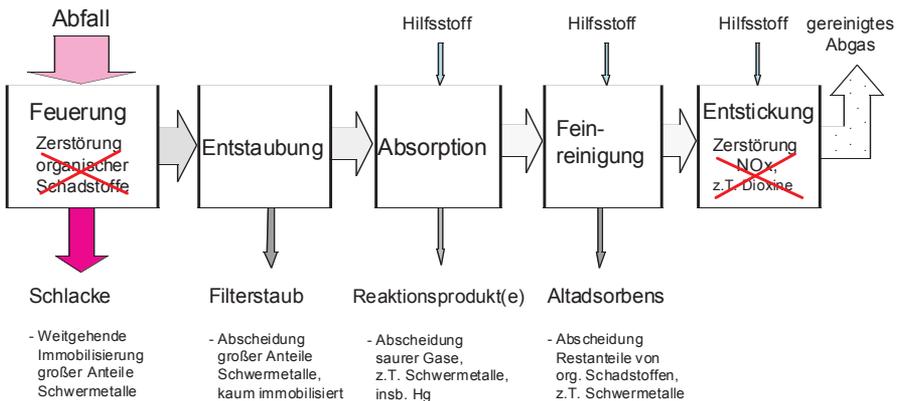


Abb. 1: Stark vereinfachtes Schema der Abgasreinigung einer MVA unter Betrachtung der Zerstörung und Abscheidung von Schadstoffen

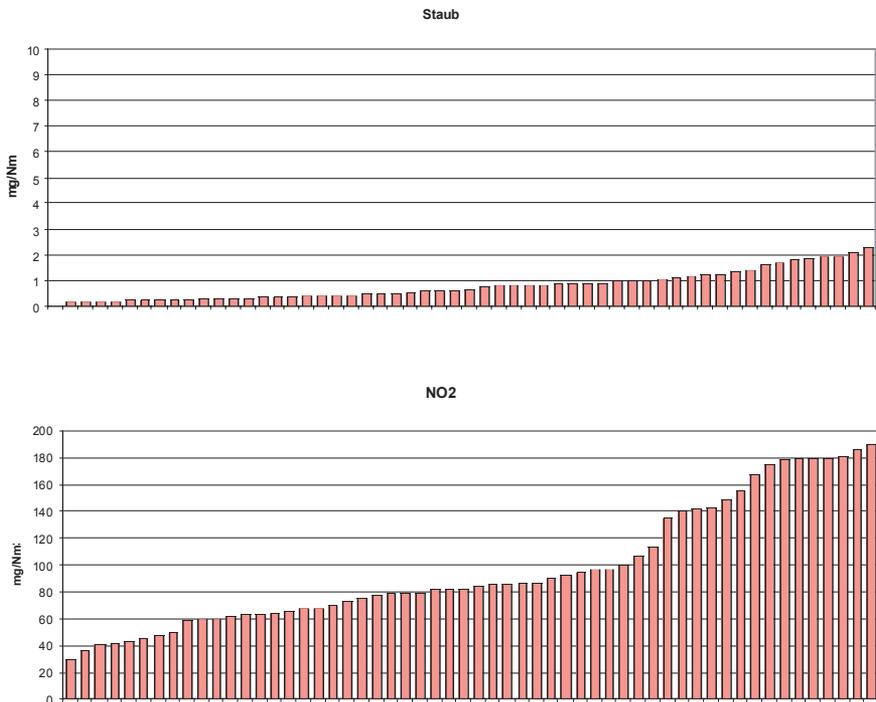
Spätestens seit 1996 halten alle Anlagen die Emissionswerte der 17. BImSchV ein. Dioxine und Furane dürfen sich nur noch bis zu einer Konzentration von 0,1 Nanogramm TE in einem Kubikmeter Abgas finden. Ähnliche Verschärfungen gab es für Schwermetalle, Stäube und saure Gase wie Schwefeldioxid, Chlorwasserstoff und andere - mit dem Erfolg, dass deren Emissionen nicht mehr gesundheitlich relevant sind (siehe auch Kapitel 4).

Im Gegenteil - ohne MVA wären heute mehr Schadstoffe in der Luft als mit MVA. Denn bei der Strom- und Wärmeproduktion in MVA werden fossile Energieträger in konventionellen (Heiz-)Kraftwerken ersetzt, die in der Regel höhere spezifische Emissionen an Luftschadstoffen freisetzen als MVA. Bei den krebserzeugenden Stoffen Arsen, Cadmium, Nickel, Benzo(a)pyren, Benzol, PCB und Dioxine/Furane ergibt sich zum Beispiel eine Gutschrift von etwa 3 Tonnen Arsenäquivalenten⁹ pro Jahr wegen des Betriebs der MVA. Mit anderen Worten: Würde die Energie, die in MVA entsteht, in herkömmlichen Kohlekraftwerken erzeugt, wären 3 Tonnen mehr Schadstoffe in der Luft. Dies ist Ergebnis einer Untersuchung, die das Institut für Energie und Umweltforschung (IFEU)¹⁰ Heidelberg im Jahr 2004 im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) durchführte.

Eine aktuelle Untersuchung der Emissionen aus MVA fand im Rahmen eines weiteren Forschungsprojektes¹¹ im Auftrag des UBA statt.

Der nachfolgenden Grafiken (Abb. 2) sind die Bandbreiten der ausgewerteten Anlagen für Staub, Stickstoffoxid (NO₂), Schwefeldioxid (SO₂), Hg sowie Dioxine/Furane zu entnehmen. Auf der Abszisse sind alle betrachteten Anlagen aufgetragen, auf der Ordinate die ermittelten Konzentrationen im Abgasstrom. Die Skalen der Ordinaten sind dabei auf den jeweiligen Emissionsgrenzwert normiert, das heißt, der höchste Konzentrationswert der Ordinate entspricht dem jeweiligen Emissionsgrenzwert der 17. BImSchV. Dies lässt sehr gut erkennen, dass alle Anlagen den vorgeschriebenen Emissionsgrenzwert durchgehend einhalten. Es wird sogar deutlich, dass die im Betrieb erreichten Emissionskonzentrationen deutlich unterhalb der zulässigen Emissionsgrenzwerte liegen, zum Beispiel wird bei Staub nur etwa 10 Prozent des Emissionsgrenzwertes ausgeschöpft.

Allein Stickstoffoxid erweist sich als Parameter, dessen Emissionsgrenzwert zum Teil in vergleichsweise hohem Maße ausgeschöpft wird. Etwa ein Viertel der Anlagen bewegt sich im Bereich über 120 Milligramm pro Kubikmeter (mg/m³) – das sind 60 Prozent des Grenzwertes -, die überwiegende Zahl der Anlagen bleibt in einem Bereich zwischen 60 und 100 mg/m³.



medienübergreifender Umweltschutz bei Abfallverbrennungsanlagen getan. Alle deutschen Abfallverbrennungsanlagen erreichen die dort genannten Umweltstandards für Emissionen in Luft, Wasser und Boden unter Berücksichtigung von Abfallentsorgungsaspekten und der Energieeffizienz wegen des Einsatzes der besten verfügbaren Techniken – gleichbedeutend mit „Stand der Technik“.

Tabelle 2: Erreichbare Emissionswerte von Abfallverbrennungsanlagen (Auszug aus BREF Waste Incineration, Tab. 5.2 “Operational Emission Levels associated with the use of BAT” für Luft in mg/Nm³)

Substanz	Einzel-Messung	Halb-stunden-mittel-wert	Tages-Mittelwert	Bemerkungen
Staub		1-20*	1-5	Untere Werte in Verbindung mit Schlauchfiltern
Chlorwasserstoff (HCl)		1-50	1-8	Einsatz von Nassverfahren bevorzugt
Schwefeldioxid (SO ₂)		1-150*	1-40*	Einsatz von Nassverfahren bevorzugt
Stickoxide (NO _x) mit SCR ¹³		40-300*	40-100*	benötigt höheren Energiebedarf und höhere Kosten
Stickoxide (NO _x) mit SNCR ¹⁴		30-350	120-180	bei hohen Rohgaswerten, NH ₃ -Schlupf beachten, wird in Verbindung mit Nassverfahren bevorzugt
Summe organischer Verbindungen (TOC)		1-20	1-10	optimale Verbrennungsbedingungen
Kohlenmonoxid (CO)		5-100	5-30	optimale Verbrennungsbedingungen
Quecksilber (Hg)	<0,05*	0,001-0,03	0,001-0,02	Input-Minderung, C-dotierte Adsorptionsverfahren
Dioxine und Furane (PCDD/PCDF)	0,01-0,1*			optimale Verbrennungsbedingungen, temperatur-kontrollierte Verminderung der De-novo-synthese, C-dotierte Adsorptionsverfahren

* Einzelne Mitgliedstaaten akzeptierten die Werte nur mit Abweichungen (vom Mehrheitsbeschluss).

3.2 Verwertung der Verbrennungsrückstände

Technische Entwicklungspotenziale gibt es auch bei den modernen deutschen MVA bei der Steigerung der Energieeffizienz und bei der Verbesserung der Schlackequalitäten. Gleichwohl hat die Verwertung von MVA-Schlacken bereits ein hohes Niveau erreicht: Abbildung 3 zeigt, wie sich die Art der Schlackeentsorgung verteilt. Von insgesamt 3,7 Millionen Tonnen Schlacke pro Jahr kam - nach den Angaben der Betreiber - etwa die Hälfte für Baumaßnahmen (ohne Deponiebau) zum Einsatz. Dominierend mit gut 45 Prozent ist dabei der Straßen- und Wegebau. Wogegen dem Versatz im Bergbau etwa 13 Prozent, dem Deponiebau 10 Prozent zuzuordnen sind. Weitere 12 Prozent werden ohne weitere Spezifizierung verwertet. Gerade 3 Prozent der Mengen (3 Nennungen) werden explizit deponiert. Es besteht jedoch eine Lücke von gut 12 Prozent (11 Nennungen), deren Angabe über den Entsorgungsweg der Schlacke nicht verfügbar ist. Nimmt man für diese eine Beseitigung (Deponie) an, so wäre die gesamte Verwertungsquote mit 85 Prozent insgesamt bereits sehr hoch.

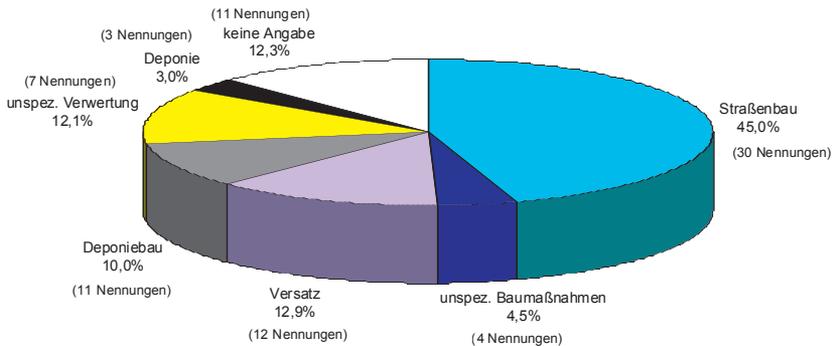


Abb. 3: Auswertung des Kriteriums der Schlackeverwertung für 65 MVA in Deutschland; Prozentangaben nach Masse gewichtet; Anzahl Nennungen inklusive Mehrfachnennung pro Anlage; Datenquelle: öffentlich zugängliche Angaben der Betreiber und Annahmen des IFEU (2007)

Verbrennungstechniken mit integrierter Schlackeaufbereitung ermöglichen die Herstellung eines weitgehend inerten Granulates, dessen Qualität gegenüber herkömmlichen Schlacken und Rostaschen deutlich besser ist. Aus Kostengründen und wegen der geringeren Energieeffizienz konnten sich derartige Anlagen allerdings noch nicht durchsetzen.

Aus der Schlacke lassen sich Metalle zurückgewinnen. Die Abbildung 4 zeigt, wie viele der MVA Metalle zurückgewinnen. Dabei ist auch die externe Aufarbeitung mit Eisen- und ggf. auch Nichteisenmetallen (NE-Metallen) berücksichtigt. Die Untersuchung ergab lediglich für acht Anlagen keinen Hinweis auf Metallabscheidung. Aus der Schlacke von 57 Anlagen wird zumindest Eisen -

vielfach in externen Aufbereitungsanlagen - gewonnen. 14 Anlagenbetreiber nennen außerdem eine NE-Metall-Abscheidung.

Zu dieser Datenlage ist anzumerken, dass IFEU die Erhebung im Jahre 2006 durchführte und die Metallrückgewinnung und Verwertung seitdem - angesichts der gestiegenen Preise für Altmetalle - aus ökonomischen Gründen ausgedehnt worden ist.

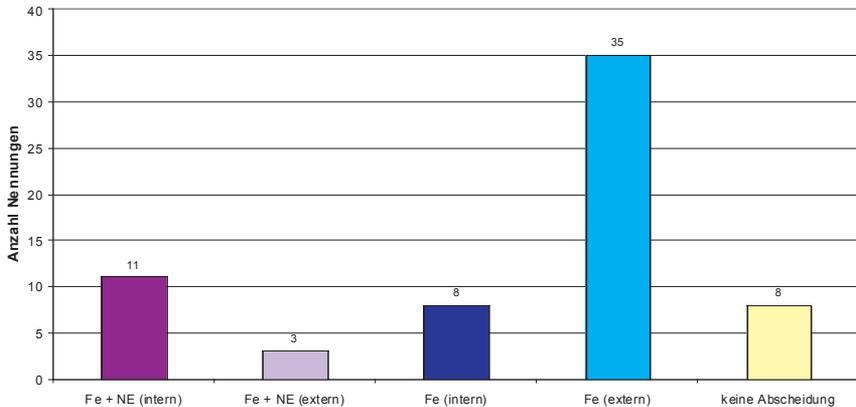


Abb. 4: Auswertung des Kriteriums der Metallabscheidung für 65 MVA in Deutschland; Anzahl Nennungen; Datenquelle: öffentlich zugängliche Angaben der Betreiber und Annahmen des IFEU (2007).

3.3 Der Beitrag zum Klimaschutz

Die Verbrennung von Abfällen dient nicht nur der schadlosen Entsorgung der Abfälle, sie stellt auch beachtliche Mengen an Energie als Strom und Wärme bereit. Die Abfallverbrennung trägt damit zum Klimaschutz bei und schont natürliche Ressourcen. Neben der nutzbaren Energie aus der Verbrennung, die zu einem großem Teil kohlendioxid-neutral ist - der biogene Anteil des Restabfalls beträgt 50 bis 60 Prozent -, liefern auch die dort zurück gewonnenen Wertstoffe Eisen- und Nichteisenmetalle, zum Beispiel Kupfer und Aluminium, Gut-schriften in der Klimabilanz. Die Aufbereitung und Nutzung der Altmetalle erfordert erheblich weniger Energieeinsatz als die Metallgewinnung aus Rohstoffen und spart damit Emissionen an Kohlendioxid (CO₂).

Der größte Mengenstrom des Restsiedlungsabfalls – mehr als 17 Millionen Tonnen im Jahr 2006 – wird in Abfallverbrennungsanlagen behandelt. Der durchschnittliche elektrische Bruttowirkungsgrad der deutschen MVA liegt bei 13 Prozent, der Wärmenutzungsgrad bei 34 Prozent. Die abgegebenen Energie-

mengen betragen etwa 6,3 Terawattstunden (TWh) Strom und 17,2 TWh Wärme. Damit lassen sich fossile Energieträger ersetzen und circa 9,75 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr vermeiden. Die Nettoentlastung an vermiedenen CO₂-Emissionen liegt wegen des fossilen Anteils im Abfall und des Fremdenergiebezugs der Abfallverbrennungsanlagen bei knapp 4 Millionen Tonnen.

Aus der Optimierung der Energienutzung der bestehenden MVA ließe sich noch ein beachtliches zusätzliches CO₂-Emissionsminderungspotenzial erschließen (siehe hierzu auch Kapitel 6 und 7)¹⁵ Die Betreiber der Abfallverbrennungsanlagen nehmen allerdings die für eine höhere Energienutzung notwendigen Optimierungsmaßnahmen – wegen der hohen Investitionskosten bei gleichzeitig geringen möglichen Erträgen – derzeit nicht vor. Oftmals besteht am Standort der Abfallverbrennungsanlage auch eine Konkurrenzsituation mit anderen Energieerzeugungsanlagen. Weiteres Hemmnis für eine höhere Energienutzung sind die Standorte vieler Abfallverbrennungsanlagen: Meist war die politische Durchsetzbarkeit das Hauptkriterium für die Standortwahl. In nur wenigen Fällen war die optimale Energieauskopplung maßgeblich.

(Mit)Verbrennung von Ersatzbrennstoffen:

Die Verbrennung und die Mitverbrennung aufbereiteter Abfälle – so genannte Ersatzbrennstoffe (EBS) – leisten ebenfalls einen Beitrag zum Klimaschutz. Die Aufbereitung der Abfälle zu Ersatzbrennstoffen reduziert die zu beseitigenden Abfallmengen und bietet insbesondere energieintensiven Produktionen einen kostengünstigen Brennstoff.

Aus der Aufbereitung von Siedlungsabfällen, ähnlich zusammengesetzten Gewerbeabfällen und produktionspezifischen Abfällen/Rückständen - zum Beispiel Altreifen, Altöl, Abfälle aus der Kunststoffverarbeitung und der Zellstoffindustrie - fallen jährlich bis zu 8 Millionen Tonnen heizwertreiche Fraktionen an, die für eine Nutzung als EBS geeignet wären¹⁶. Davon stammen etwa 3 Millionen Tonnen aus der Behandlung von Restabfällen in mechanisch biologischen Behandlungsanlagen (MBA¹⁷).

Die Kapazitäten zur Mitverbrennung der EBS in industriellen Feuerungsanlagen (vor allem Kraft- und Zementwerke) sind allerdings begrenzt und teilweise bereits mit produktionspezifischen Abfällen belegt. Derzeit werden in Deutschland etwa 2 Millionen Tonnen EBS pro Jahr aus Siedlungs- und Gewerbeabfällen - inklusive kommunaler Klärschlamm - in diesen Anlagen mitverbrannt. Ein weiterer Ausbau der Mitverbrennung dieser EBS in Kohlekraftwerken ist vor allem wegen mangelnder Akzeptanz der Anlagenbetreiber allenfalls in geringem Umfang zu erwarten. Die Zurückhaltung der Betreiber – beispielsweise von Kohlekraftwerken – erklärt sich damit, dass die Produzenten EBS häufig nicht in einer dem Regelbrennstoff - zum Beispiel Kohle - vergleichbaren Brennstoffqualität liefern können und die Betreiber im Falle des Einsatzes von EBS Einschränkungen bei der Verfügbarkeit ihrer Anlagen (Korrosionsprobleme) sowie Qualitätseinbußen bei den entstehenden "Nebenprodukten" - etwa Aschen, Schlacke und Gips - befürchten. Ein Annahmepreis, der diese Risiken abdecken könnte,

lässt sich am Markt nicht durchsetzen. Dies führte dazu, dass zurzeit etwa 50 EBS-Monoverbrennungsanlagen in der Planung sind¹⁸, von denen sich nach Einschätzung des UBA allerdings nicht alle realisieren lassen.

EBS-Monoverbrennungsanlagen besitzen gegenüber vielen herkömmlichen MVA den Vorteil, dass sie besonders energieeffizient ausgelegt und betrieben werden können. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn neben der Erzeugung elektrischer Energie auch eine Wärmenutzung möglich ist. Das ist jedoch nicht bei allen Projekten vorgesehen. Anlagen mit reiner Stromerzeugung haben keine Vorteile gegenüber MVA, die Strom und Wärme erzeugen.

Gegenwärtig befinden sich etwa zehn EBS-Kraftwerke mit einer Kapazität von rund 1 Million Tonnen pro Jahr im Betrieb, weitere zehn Anlagen sind im Bau oder befinden sich im Genehmigungsverfahren (Stand: Juli 2008). Die gesicherten Anlagenkapazitäten haben jedoch noch nicht dazu geführt, die bisher zwischengelagerte Menge heizwertreicher Abfälle von knapp 1 Million Tonnen (Stand April 2008)¹⁹ wieder abzubauen.

Die Realisierung weiterer EBS-Anlagen ist mit erheblichen Unsicherheiten verbunden. Eine wesentliche Voraussetzung für die Entscheidung zur tatsächlichen Realisierung ist für viele Anlagenplanungen eine längerfristige vertragliche Sicherung der für eine Mindestauslastung erforderlichen EBS-Mengen. Nur so sind ein wirtschaftlicher Anlagenbetrieb und eine gesicherte Energiebereitstellung möglich. Die Errichtung großer Überkapazitäten, die erhebliche Veränderungen in der Abfallwirtschaft verursachen könnten, ist bei diesem Vorgehen unwahrscheinlich. Überkapazitäten im geringeren Umfang sind für die Entsorgungssicherheit sogar erforderlich, damit die bestehenden Zwischenlager in überschaubaren Zeiträumen reduziert und Schwankungen der Abfallmengen oder der zeitweilige Ausfall einzelner Anlagen ausgeglichen werden können. Der Einsatz importierter EBS zur Sicherung der Brennstoffversorgung der EBS-Kraftwerke wäre zwar aus Umweltschutzsicht nicht nachteilig, da die Umweltschutzstandards in Deutschland im Regelfall anspruchsvoller sind als in vielen Nachbarstaaten. Eine Entsorgung der Abfälle bei gleichwertigen Umweltschutzstandards am Ort ihres Anfalls - oder in der Nähe davon - ist jedoch vorzuziehen.

4. Stellen Abfallverbrennungsanlagen eine Gefahr für die menschliche Gesundheit dar?

Abfallverbrennungsanlagen unterliegen den Anforderungen der 17. BImSchV, nach denen die Belastung mit Schadstoffen so gering zu sein hat, dass eine Gefährdung der Gesundheit und der Umwelt ausgeschlossen ist. Die Leistungsfähigkeit der eingebauten technischen Maßnahmen zur Minderung der Emissionen unterliegt - beispielsweise für Quecksilber - einer kontinuierlichen Überwachung.

Krebsauslösende Substanzen aus Abfallverbrennungsanlagen (MVA):

Wie bei jedem Verbrennungsprozess, entstehen auch in einer Abfallverbrennungsanlage krebserzeugende (kanzerogene) Stoffe. Konkret lässt sich nicht voraussagen, welche dies sind. Für besonders gefährliche Stoffe - wie Dioxine und Furane sowie polyzyklische aromatische Verbindungen und potenziell kanzerogene Halb- und Schwermetalle - gelten daher strenge Grenzwerte zum Schutz der Gesundheit. Diese Stoffe übernehmen auch die Funktion von Leitparametern für eine Vielzahl nicht genau bestimmbarer kanzerogener oder potenziell kanzerogener Verbindungen.

Anders als bei Verbrennungsprozessen, die unkontrolliert und ohne Filterung der Abgase ablaufen - zum Beispiel bei Kaminöfen oder Lagerfeuer -, sind die spezifischen Emissionen bei einer Abfallverbrennungsanlage bezogen auf das verbrannte Material sehr viel geringer. Hierfür sorgt eine aufwändige Abgasreinigungstechnik, die gewährleistet, dass die strengen rechtlichen Anforderungen zur Emissionsbegrenzung erfüllt werden. Weil die Zusatzbelastungen wegen der gemessenen Leitparameter für die kanzerogenen Stoffe - wie Dioxine und Furane (PCDD/PCDF), Benzo(a)pyren, Cadmium, Arsen - für die Immissionsituation in der Umgebung einer Abfallverbrennungsanlage unbedeutend sind, ist eine Zunahme des Krebsrisikos weder bei Kindern und noch bei Erwachsenen zu erwarten. Selbst in ländlichen Gebieten ist eine mögliche Zunahme der Krebsrisiken wegen der nur sehr geringen Zusatzbelastung nicht quantifizierbar. Diese Aussage bestätigte und publizierte bereits 1993 ein Sachverständigenbeirat der Bundesärztekammer im Hinblick auf Verbrennungsanlagen, die die Forderungen der 17. BImSchV einhalten. Bei Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen zum Betrieb einer Abfallverbrennungsanlage ist nach bisherigem Wissen davon auszugehen, dass eine Beeinflussung der Gesundheit der Bewohnerinnen und Bewohner durch Schadstoffe, insbesondere auch krebsauslösende Metalle oder organische Verbindungen, ausgeschlossen ist.

Dioxinfreisetzung in die Umwelt, gesundheitliche Wirkung und regulatorische Maßnahmen:

Dioxine können als Verunreinigungen in Chemikalienprodukten vorkommen und unter bestimmten Bedingungen bei Verbrennungsprozessen entstehen. Pentachlorphenol, polychlorierte Biphenyle und bestimmte Unkrautvernichtungsmittel, die Dioxine als Verunreinigungen enthielten, sind in Deutschland seit etwa 20 Jahren verboten. Für Abfallverbrennungsanlagen gibt es seit 1990 einen Grenzwert von 0,1 Nanogramm pro Normkubikmeter (ng/Nm^3). Dieser gilt mittlerweile auch für alle anderen Verbrennungsanlagen. Mittels dieser Regelungen, die bundesweit gelten, ließen sich die Dioxinemissionen in Deutschland senken. In Abfallverbrennungsanlagen spielen Dioxinemissionen heute annähernd keine Rolle mehr²⁰.

Schadstoffe in der Umgebung von Abfallverbrennungsanlagen:

Die in Deutschland betriebenen Abfallverbrennungsanlagen dienen nicht nur der hygienischen Entsorgung der Siedlungsabfälle, sondern sind auch als klassische Schadstoffsinken einzustufen. Das bedeutet, dass sie zu einer verminderten Belastung der Umwelt mit bestimmten Schadstoffen in einem bestimmten örtlichen Bereich führen.

Trotzdem sollte zur Beurteilung auch immer die mögliche langfristige Anreicherung (Akkumulation) der Schadstoffe durch die Deposition²¹ im Umkreis der Abfallverbrennungsanlage in die Betrachtungen mit einfließen. So fanden neuere Untersuchungen bzw. Bewertungen der Emissionen bzw. Immissionen von Sonderabfallverbrennungsanlagen (SVA) an den Standorten Biebesheim, Hessen, und Ebenhausen, Bayern, statt. Diese zeigten, dass es trotz des jahrzehntelangen Betriebs einer derartigen Anlage zu keiner gesundheitlich relevanten Anreicherung durch die Deposition der Schadstoffe in den verschiedenen Umweltmedien kam. Diese Daten bestätigen frühere Untersuchungen der Umweltauswirkungen einer Sondermüll-Entsorgungsanlage in Bayern, bei der die Schadstoffgehalte in Boden- und Pflanzenproben zwar oberhalb der Hintergrundbelastung in ländlichen Regionen lagen, jedoch weit unterhalb derer in städtischen Arealen. Grenzwerte zum Schutz der Gesundheit wurden nicht überschritten. In den untersuchten Nahrungspflanzen waren die gültigen Richtwerte für Schadstoffgehalte in Lebensmitteln eingehalten. Der Anteil der von MVA oder SVA emittierten Schadstoffe an der jeweils vorhandenen örtlichen Immissionsbelastung ist bei Einhaltung der Grenzwerte der 17. BImSchV praktisch vernachlässigbar.

Unbekannte Schadstoffe und das Problem des „Null-Risikos“:

Im Zusammenhang mit der Bewertung der Emissionen aus Abfallverbrennungsanlagen stufen Kritiker der MVA - im Rahmen der Genehmigungsverfahren und der öffentlichen Diskussion über geplante und bestehende Abfallverbrennungsanlagen - die in der 17. BImSchV aufgeführten Schadstoffe (und weitergehend auch die Stoffe mit Grenzwerten in der 22. BImSchV²² und in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)) immer wieder als nicht ausreichend ein, was die Charakterisierung und Bewertung der Exposition der Anwohner betrifft. Dazu legen die Kritiker oft sehr umfangreiche Schadstofflisten vor mit der Aufforderung, diese Schadstoffe zusätzlich in die Bewertung der Exposition mit einzubeziehen. Hierzu nimmt das UBA wie folgt Stellung:

Bei der Abfallverbrennung – wie auch bei anderen Verbrennungsprozessen – entsteht eine Vielzahl unterschiedlicher chemischer Stoffe als Verbrennungsprodukte. Abfallverbrennungsanlagen emittieren diese Stoffe in jeweils sehr geringen Konzentrationen. Das Spektrum der freigesetzten (und detektierbaren) Stoffe ist im Prinzip durch die analytischen Möglichkeiten (die vom Trennaufwand und den bisher vorhandenen Nachweisgrenzen abhängen) begrenzt. Daher bedarf es einer sinnvollen Auswahl aus den Stoffgemischen. Diese Auswahl orientiert sich an der Gefährdungsmöglichkeit für die menschliche Gesundheit sowie für Flora und Fauna der Umgebung.

Umweltmedizinisch relevante Kriterien sind dafür hauptsächlich die (Immissions-) Konzentration und die möglichen Wirkungen auf den Menschen (chronische und akute Toxizität²³, Kanzerogenität²⁴, Mutagenität²⁵ usw.). Die Auswahl der Stoffe, für die Grenzwerte der 17. und 22. BImSchV, und der TA Luft entsprechen überwiegend diesen Kriterien. Stoffe, die in der 17. BImSchV und den weiteren Regelwerken nicht aufgeführt sind, spielen in der Regel bei der Expositionscharakterisierung und -bewertung von Abfallverbrennungsanlagen keine oder nur eine untergeordnete Rolle. Mit dem Einsatz effizienter Abgasreinigungstechniken unterschreiten die deutschen Abfallverbrennungsanlagen die Schadstoffgrenzwerte der 17. BImSchV weit. Die erzielten Emissionsminderungen und Abscheidegrade liegen dabei in der Regel durchschnittlich über 60 Prozent - zum Beispiel bei den polyaromatischen Kohlenwasserstoffen - und zum Teil bei bis zu 99 Prozent - bei den chlorierten und fluorierten Kohlenwasserstoffen. Dies bedeutet, dass auch in der Bewertung nicht explizit berücksichtigte Stoffe im Abgas in vergleichsweise ähnlichem Umfang reduziert werden.

Wegen der komplexen Zusammensetzung industrieller Abgasströme - zum Beispiel bei MVA - ist eine vollständige öko- und humantoxikologische Erfassung aller Bestandteile praktisch nicht möglich. Um - trotz eines geringen Anteils möglicherweise unbekannter Stoffe - eine Gefährdung des Menschen und der Umwelt weitestgehend ausschließen zu können, untersuchen Expertengremien wissenschaftlich identifizierte „Stellvertreterstoffe“.

Ein „Nullrisiko“ wird man allerdings auch bei der Abfallverbrennung wie bei anderen Industrietechniken, bei denen Emissionen an die Umgebung vorliegen, nicht erlangen können.

Es gilt eine Balance zwischen akzeptierbaren und nicht akzeptierbaren Risiken zu finden. Sicherlich werden freiwillig gewählte Risiken von Personen wesentlich besser akzeptiert als von Dritten zugemutete. Gleichwohl ist die Abfallverbrennung in dieser Hinsicht im Vergleich zu anderen industriellen Tätigkeiten - beispielsweise der Energiewirtschaft - mit den Bestimmungen der 17. BImSchV, die im deutschen Immissionsschutzrecht die schärfsten emissionsbegrenzenden Anforderungen überhaupt enthält, sehr gut gesichert.

Umweltmedizinische Bewertung von Abfallverbrennungsanlagen:

Obwohl in Deutschland langjährige, gute Betriebserfahrungen mit inzwischen mehr als 100 Abfallverbrennungsanlagen (inklusive Sonderabfallverbrennungsanlagen und EBS-Kraftwerken) vorliegen, gibt es bei deren Neuerrichtung oder Erweiterung immer wieder Ängste in der Bevölkerung hinsichtlich möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen. Gesundheitliche Schädigungen ließen sich jedoch bisher bei Bürgerinnen und Bürgern im Einwirkungsbereich der Abfallverbrennungsanlagen nicht feststellen. Trotzdem sind die Ängste ernst zu nehmen, insbesondere vor dem Hintergrund, dass sich ein mögliches Gesundheitsrisiko nach dem Stand der Erkenntnisse zwar so weit wie möglich, aber eben nicht vollständig ausschließen lässt.

Um gesundheitliche Wirkungen der Abfallverbrennungsanlagen weitgehend zu minimieren, starteten weltweit eine Reihe Studien. Diese kommen zu uneinheitlichen Ergebnissen. Einige Studien stellen einen Zusammenhang zwischen der Abfallverbrennung und (unterschiedlichen) Gesundheitsstörungen fest, in anderen Fällen ließ sich kein ursächlicher Zusammenhang finden. Viele der Studien betrafen allerdings MVA, die weder die Vorgaben der europäischen Abfallverbrennungsrichtlinie noch die Anforderungen der 17. BImSchV erfüllten. Oftmals handelte es sich dabei um – aus heutiger Sicht – veraltete, ausländische Anlagen. Dass in Deutschland im Umgebungsbereich der MVA bestimmte Krankheitsbilder wie Krebs, Asthma oder Allergien häufiger auftreten, ließ sich bisher nicht bestätigen. Solche Krankheitsbefunde lassen sich nach gegenwärtigen Erkenntnissen nicht in einen ursächlichen Zusammenhang mit der Immissions-situation bringen. Auch für andere Erkrankungen liegen keine belastbaren Hinweise vor, dass sie in der Umgebung der MVA häufiger vorkommen als in anderen Gebieten. Die Auswahl der zu bewertenden Stoffe muss sich aus heutiger Sicht nicht ändern. Es gibt keinen Hinweis darauf, dass sich bisher nicht berücksichtigte Stoffe zwischenzeitlich als relevant für eine Bewertung erwiesen hätten. Sollten sich allerdings zukünftig Erkenntnisse ergeben, die die Notwendigkeit einer neuen Bewertung bestimmter Emissionen erfordern, wird es zu einer Anpassung der bestehenden Regelwerke kommen.

5. Die zentralen Herausforderungen der Abfallverbrennung heute

Die Steigerung der Energieeffizienz und die Verbesserung der Energienutzung der thermischen Abfallbehandlung gehören zu den zentralen Herausforderungen der modernen Abfallverbrennung.

Nicht zuletzt die stark gestiegenen Energiepreise riefen der Öffentlichkeit die Notwendigkeit eines Umdenkens bei der Energieerzeugung und -bereitstellung ins Bewusstsein. Ein global steigender Bedarf an Energie lässt sich bei begrenzten fossilen Vorräten an Primärenergieträgern nicht dauerhaft in der jetzigen Form decken. Parallel zu intensiven Bemühungen um Energieeffizienz und Einsparungen gilt es, alle verfügbaren Energiequellen zu erschließen, die die endlichen Ressourcen, die Umwelt und das Klima schonen. Das gilt auch für die energetisch nutzbaren Abfälle.

Die Abfallwirtschaft leistet bereits heute relevante Beiträge zur Energieversorgung. Die Potenziale zur Energienutzung sind jedoch längst noch nicht ausgeschöpft. Die derzeitige Energiegewinnung aus Abfall umfasst ein breites Spektrum, beispielsweise:

- **Strom- und Wärmeerzeugung in Abfallverbrennungsanlagen,**
- **Mitverbrennung aufbereiteter Ersatzbrennstoffe und Klärschlamme in Kraftwerken und Zementwerken,**

- **Verbrennung von Altholz,**
- **Vergärung von Gülle und Bioabfällen in Biogasanlagen,**
- **Vergärung und Verbrennung von Klärschlamm,**
- **Deponiegasnutzung.**

Ein großes Optimierungspotenzial bei der Energienutzung besitzen Abfallverbrennungsanlagen. Im Weiteren stellen wir die Möglichkeiten, die Energiegewinnung und Energienutzung in Abfallverbrennungsanlagen auszubauen, dar und sondieren hierfür denkbare Instrumente.

Zunächst ein Überblick über die Situation der thermischen Behandlung von Restsiedlungsabfällen und die abfallrechtlichen Rahmenbedingungen:

Abfallmengen:

Das Statistische Bundesamt gibt das Gesamtaufkommen an Abfällen in Deutschland für das Jahr 2006 mit ca. 341 Millionen Tonnen an²⁶. Daran hatte der Siedlungsabfall einen Anteil von etwa 46 Millionen Tonnen. Die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) gibt die Menge der zu beseitigenden Restsiedlungsabfälle mit ca. 22 Millionen Tonnen an (ohne die heizwertreiche Fraktion aus der MBA). Der Anteil der Siedlungsabfälle zur Verwertung liegt bei über 50 Prozent. Der Anteil der Abfälle zur Verwertung, der energetisch verwertet wird, lässt sich mangels statistisch gesicherter Daten nicht genau beziffern. Die genehmigten Mitverbrennungskapazitäten in Deutschland – in Energieerzeugungsanlagen und Industrieanlagen wie Zementwerken - liegen bei ca. 3,5 Millionen Tonnen pro Jahr. Davon werden derzeit nur ca. 2 Millionen Tonnen jährlich genutzt. Die 68 deutschen MVA verbrennen heute etwa 17,8 Millionen Tonnen Rest- und Gewerbeabfälle pro Jahr.

Regelungen im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz zur energetischen Nutzung von Siedlungsabfällen:

Gemäß § 6 Abs. 1 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) hat unter den Optionen stofflicher und energetischer Verwertung diejenige Verwertungsart Vorrang, die besser umweltverträglich ist. Dies durch eine Rechtsverordnung der Bundesregierung festzulegen, ist bisher nicht erfolgt. Soweit es keine Vorrangverordnung gibt, ist nach § 6 Abs. 2 KrW-/AbfG die energetische Verwertung nur zulässig, falls:

1. der Heizwert mehr als 11 Megajoule pro Kilogramm (MJ/kg) beträgt,
2. der Feuerungswirkungsgrad mindestens 75 Prozent beträgt,
3. die Wärme selbst genutzt oder an Dritte abgegeben wird und
4. die Reste ohne weitere Behandlung abgelagert werden können.

Wird aus der energiereichen Fraktion der Restsiedlungsabfälle Ersatzbrennstoff (EBS) gewonnen, der einen Heizwert von über 11 MJ/kg aufweist, so steht ihm die energetische Verwertung offen. Die Aufbereitung der Abfälle zu Ersatz-

brennstoff reduziert erstens die zu beseitigenden Mengen und bietet zweitens energieintensiven Produktionen einen kostengünstigen Brennstoff. Dabei liegt der Schlüssel zum Erfolg in der Sicherung einer schadstoffarmen und gleichmäßigen Brennstoffqualität. Die Erwartungen an eine stärkere Nutzung der EBS durch Mitverbrennung haben sich bisher nur zum Teil erfüllt, obwohl EBS in Anbetracht steigender Energiepreise eine ökonomisch interessante Alternative zu fossilen Brennstoffen sind und sich mit EBS aus Siedlungsabfällen zur Energieerzeugung wegen ihres hohen biogenen Anteils CO₂-Zertifikate im Emissionshandel generieren lassen.

Gemäß § 5 Abs. 2 KrW-/AbfG ist die Verwertung gegenüber einer Abfallbeseitigung vorrangig. Der Vorrang entfällt nur, wenn die Verwertung nicht ordnungsgemäß und schadlos durchführbar oder wirtschaftlich nicht zumutbar bzw. technisch nicht möglich (vgl. § 5 Abs. 3 und 4 KrW-/AbfG) ist.

Die Verbrennung der Restsiedlungsabfälle kann eine energetische Verwertung darstellen. Das KrW-/AbfG unterscheidet in § 4 Abs. 4 zwischen energetischer Verwertung und thermischer Behandlung - nach dem Hauptzweck der Maßnahme: Danach „bestimmen (ausgehend vom einzelnen Abfall...) Art und Ausmaß seiner Verunreinigungen sowie die durch seine Behandlung anfallenden weiteren Abfälle und entstehenden Emissionen, ob der Hauptzweck auf die Verwertung oder die Behandlung gerichtet ist“. Allerdings ist die Hauptzwecksklausel infolge der Rechtsprechung des Europäischen Gerichtshofes (EuGH) EG-konform auszulegen. Entscheidend ist letztlich, ob der Abfall zur Substitution von Brennstoffen genutzt wird. Auf im Abfall enthaltene Schadstoffe oder einen Heizwert kommt es nicht an (vgl. EuGH C-228/00). Danach kann auch Restabfall grundsätzlich in die energetische Verwertung gehen.

Eine Begrenzung existiert jedoch für die Verwertung in MVA. Nach dem Luxemburg-Urteil des EuGH (C-458/00) ist eine energetische Verwertung dort nur möglich, wenn in der Anlage selbst (nicht im Fernwärmeverbund) Brennstoffe substituiert werden oder der Anlagenbetreiber für die Abfälle bezahlt hätte. MVA haben nach Auffassung des EuGH den Hauptzweck einer Beseitigungsanlage.

Die Rechtsprechung fördert die - aus Gründen des Klimaschutzes und der Ressourcenschonung gebotene - verstärkte Nutzung des im Abfall enthaltenen Energiepotenzials. Überlegungen zu einer Neubewertung der Energiegewinnung aus Abfall führten bereits in einigen Bundesländern dazu, dass Abfallverbrennungsanlagen mit Energienutzung den Verwertungsstatus erhielten – allerdings teilweise über die Beschränkung des Luxemburg-Urteils hinausgehend. Sie können damit nicht nur Abfälle beseitigen sondern – in bestimmten Grenzen – auch verwerten.

In der Novelle der EU-Abfallrahmenrichtlinie von Juni 2008 hat die Kommission auf der grundsätzlichen Linie der EuGH-Rechtsprechung erstmals einheitliche Vorgaben zur Abgrenzung der thermischen Beseitigung (Disposal - D10) von der energetischen Verwertung (Recovery - R1) der Siedlungsabfälle in Abfallverbrennungsanlagen vorgegeben. Anhang II zeigt ein Verfahren (R1-For-

mel) zur Beurteilung der Energieeffizienz der Müllverbrennungsanlagen, das eine eindeutige Einstufung ermöglicht, um welche Art der Entsorgung (Verwertung oder Beseitigung) es sich handelt (siehe auch Kap. 9).

6. Potenziale und Hemmnisse der Energienutzung bei der thermischen Abfallbehandlung

Jede aus Restsiedlungsabfall gewonnene und genutzte Energie ersetzt Energie aus fossilen Trägern und schont somit fossile Energieressourcen. Darüber hinaus trägt die energetische Nutzung der Abfälle zum Klimaschutz bei, da der Energiegehalt der Restsiedlungsabfälle - bezogen auf die Einsatzenergie des Abfalls - zu ca. 50 bis 60 Prozent aus deren biogenem Anteil stammt und somit weitgehend CO₂-neutral ist.

Da in der Abfallwirtschaft immer Restabfälle entstehen und diese zur Erfüllung des Entsorgungsauftrages kontinuierlich thermisch behandelt werden müssen, bestehen - im Koppelprozess Entsorgung/Versorgung - grundsätzlich gute Voraussetzungen für eine grundlastfähige Energieerzeugung, hierbei vorrangig für die Stromproduktion. Wie die langjährigen Betriebserfahrungen in Deutschland zeigen, können die Abfallverbrennungsanlagen darüber hinaus auch - entweder als reine Heizwerke oder im Kraftwärmekopplungs-Betrieb (KWK) - die Wärmeversorgung mit Prozessdampf oder Fernwärme bedarfsgerecht sicherstellen.

Eine Untersuchung zur Energieeffizienz der deutschen MVA ergab folgendes Ergebnis (vgl. nachfolgende Abbildung)²⁷: Für 64 der ausgewerteten MVA stehen Energienutzungsdaten zur Verfügung. Mit 44 gibt die überwiegende Mehrzahl den Überschuss an erzeugter Energie sowohl in Form von Strom als auch in Form von Wärme (Fernwärme oder Ferndampf) an Dritte ab. Neun MVA erzeugen ausschließlich Strom, weitere neun geben ihren Hochdruck-Dampf komplett an einen externen Nutzer ab - in der Regel an ein Kraft- oder Heizkraftwerk. Zwei weitere Anlagen speisen ausschließlich in die Fernwärmeversorgung ein.

Wie Abbildung 5 zeigt, erfüllen 38 Anlagen – also deutlich mehr als die Hälfte aller deutschen Anlagen - den in der Novelle der EU-Abfallrahmenrichtlinie enthaltenen „Grenzwert“ von 0,6 für eine energetische Verwertung in bestehenden Anlagen bei Anwendung einer vereinfachten R1-Formel. Lediglich zwei Anlagen unterschreiten den Effizienzwert von 0,4. Elf Anlagen bleiben unter einer Schwelle von 0,5.

Eine Bestandsaufnahme der Energiegewinnung in Anlagen zur thermischen Behandlung der Restsiedlungsabfälle (ca. 17 Mio. Tonnen in 2006) zeigt, dass aus dem Energiegehalt des verbrannten Abfalls - rund 50 TWh pro Jahr - etwa vier Fünftel - 40 TWh pro Jahr - in Form von Dampf bei üblichen Dampfparametern von 400 Grad Celsius, 40 bar und einem mittleren Kesselwirkungsgrad der Anlagen von 80 Prozent zurück gewonnen wird. Diese im Kessel zur Verfügung stehende Energie lässt sich allerdings nie vollständig energetisch nutzen, da bei

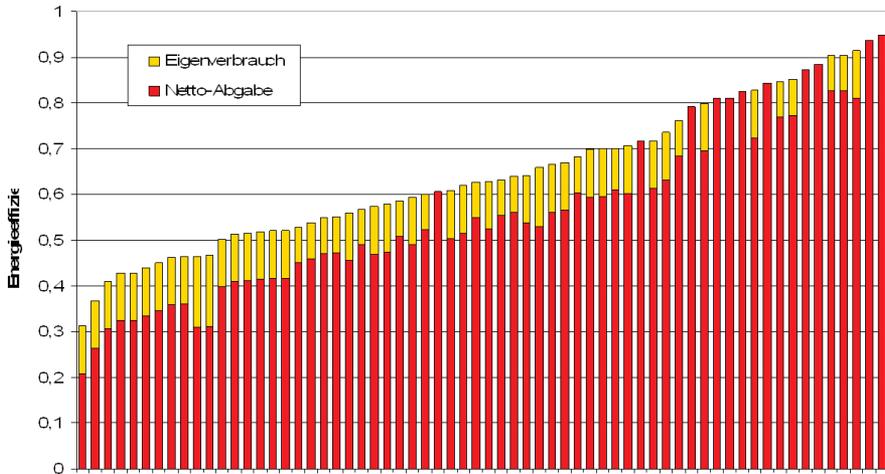


Abb. 5: Spannweite der deutschen MVA nach Energieeffizienz; Dargestellt ist die in Anlehnung an die R1-Formel bewertete Bruttoenergieerzeugung aufgetragen über die betrachteten Anlagen; Datenquelle: öffentlich zugängliche Angaben der Betreiber und Annahmen des IFEU (2007).

der Umwandlung in andere Energieformen – etwa Strom, Fernwärme oder Prozessdampf - immer Verluste zu verzeichnen sind. Die derzeitige Energienutzung bei den deutschen MVA mit Gesamtnutzungsgraden²⁸ von im Mittel 46 Prozent (Bandbreite: Strom 1 bis 22 Prozent, Wärme 5 bis 81 Prozent), was einem Energiegehalt von 23 TWh und damit einem durchschnittlichen Strom- und Wärmebedarf von etwa 820.000 Einfamilienhäusern entspricht, liegt aber insgesamt zu niedrig. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass häufig keine hinreichende Wärmeabnahme möglich ist. Nach Angaben der MVA-Betreiber (ITAD²⁹) könnte der mittlere energetische Gesamtnutzungsgrad der Anlagen um bis zu 20 Prozentpunkte höher liegen. Dies entspräche einem noch nutzbaren Energiepotenzial von ca. 10 TWh pro Jahr, mit dem man weitere ca. 360.000 Einfamilienhäuser mit Strom und Wärme versorgen könnte. Mit einer Optimierung der Energienutzung **bei den bestehenden** Anlagen ließen sich zusätzlich CO₂-Emissionen sparen. Beispielsweise bei einer Steigerung des durchschnittlichen energetischen Brennstoffausnutzungsgrades auf etwa 60 Prozent - zum Beispiel 18 Prozent Strom und 42 Prozent Wärme - ließen sich mit der Substitution der fossilen Brennstoffe weitere etwa 3 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr sparen.

Insgesamt lässt sich mit der aus Siedlungsabfällen in MVA gewonnenen Energie - in Form von Strom und Wärme - und der damit verbundenen Substitution fossiler Energie in konventionellen (Heiz-)Kraftwerken derzeit CO₂-Emissionen von jährlich etwa 9,75 Millionen Tonnen CO₂ vermeiden. Die Nettoentlastung an vermiedenen CO₂-Emissionen liegt wegen des fossilen Anteils im Abfall und des Fremdenergiebezugs niedriger.

Wegen der hohen Investitionskosten, zum Beispiel für den Ausbau von Wärmenetzen oder zur Steigerung des elektrischen Wirkungsgrades, in Verbindung mit geringen Erträgen - die Stromerlöse der letzten Jahre für MVA lagen bei etwa 2,5 bis 5 Cent pro Kilowattstunde (kWh) nehmen die MVA-Betreiber nach eigenen Angaben derzeit keine für eine höhere Energienutzung notwendigen Optimierungsinvestitionen vor. Um auf der Stromseite eine Wirkungsgradsteigerungen um 5 Prozentpunkte zu erreichen, sind Investitionen von etwa 10 bis 20 Millionen Euro pro Anlage notwendig. Der Bau bzw. Ausbau eines Fernwärmenetzes kostet pro Kilometer rund 0,5 bis 1,5 Millionen Euro.

7. Wie lässt sich die energetische Nutzung der Siedlungsabfälle optimieren?

Laut Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz hat die Verwertung Vorrang gegenüber der Beseitigung des Abfalls. Da der Europäische Gerichtshof den Verwertungsbegriff erweiterte, bezieht er sich auch auf Restabfälle, sofern diese der Brennstoffsubstitution dienen. Bereits hierin liegt ein Anreiz zur Optimierung der Verwertung. Die Novelle der EU-Abfallrahmenrichtlinie macht zudem die energetische Verwertung der Abfälle in MVA von einer hohen Energieeffizienz der MVA abhängig. Auch dies wird den Anlagen erhebliche Potenziale für eine Verbesserung des Klimaschutzes eröffnen. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass die energetische Verwertung nach der neuen Fünf-Stufen-Hierarchie der novellierten EU-Abfallrahmenrichtlinie gegenüber der stofflichen Verwertung nachrangig ist. Allerdings sind die Mitgliedstaaten verpflichtet, die insgesamt beste Umweltoption auszuwählen.

Soweit Abfälle nicht verwertet sondern beseitigt werden, sieht das KrW-/AbfG in § 10 Abs. 2 Satz 3 als Grundpflicht vor, dass bei der Behandlung anfallende Energie soweit wie möglich zu nutzen ist; aber die Grundpflicht ist nicht weiter ausgestaltet. Die 17. BImSchV fordert für Anlagen in § 8 die Nutzung entstehender Wärme („...soweit dies nach Art und Standort der Anlage technisch möglich und zumutbar ist...“) und schreibt die Stromerzeugung unter bestimmten Bedingungen - bei einer erzeugbaren elektrischen Klemmleistung von mehr als 0,5 Megawatt (MW) - vor, falls keine sinnvolle Wärmenutzung möglich sein sollte.

Diese rechtlichen und planerischen Rahmenbedingungen haben zu der oben beschriebenen Energienutzung geführt, die wir aus heutiger Sicht als nicht ausreichend bewerten.

Die Potenziale für eine Optimierung der energetischen Nutzung der Abfälle liegen vor allem in bestehenden Anlagen zur Restsiedlungsabfallverbrennung (MVA). Hier wird bereits der Wunsch der Betreiber nach einem „Verwerterstatus“, der nach der Novelle der EU-Abfallrahmenrichtlinie nur mit einer hohen Energieeffizienz möglich ist, erhebliche Triebkraft entfalten.

Denkbare Anreize für die Betreiber der Abfallverbrennungsanlagen, diese zu optimieren, sind:

- **Vergütung von Strom/Wärme,**
- **Investitionszuschüsse,**
- **vergünstigte Kredite,**
- **Verrechnungsmöglichkeit im Emissionshandel,**
- **monetäre Vergünstigungen, z. B. befristete Steuerfreiheit,**
- **nicht-monetäre Vergünstigungen, z. B. vereinfachtes Planungsverfahren,**
- **Vorrangregelungen für Strom/Wärme aus MVA in Verbindung mit Zertifizierung,**
- **Subventionierung der Wärmeabnahme für Investoren (ggf. befristet).**

Denkbare Verpflichtungen sind:

- **ordnungsrechtliche Verpflichtung zur effizienten Nutzung der Verbrennungswärme direkt oder zur Erzeugung von Strom, z. B. im Genehmigungs-/Planungsverfahren oder mittels nachträglicher Anordnung,**
- **Verbot des Exports energetisch verwertbaren Siedlungsabfalls,**
- **Wärmeabgabepflicht.**

Nach unserer Einschätzung sind eine finanzielle Förderung nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) und die Nutzung des Planungsrechtes bei MVA die aussichtsreichsten Förderinstrumente. Auch eine Förderung von Investitionsmaßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Rahmen der Klimaschutzinitiative der Bundesregierung ist grundsätzlich als Instrument geeignet.

Eine Ausweitung der Förderung biogener Abfallbestandteile im Rahmen des Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) kommt hingegen derzeit nicht in Betracht, vor allem weil die Aufgabe des Ausschließlichkeitsprinzips - als Voraussetzung für eine Förderung - die Akzeptanz des Gesetzes in der Öffentlichkeit gefährden könnte.

Auch eine Einbeziehung in den Emissionshandel halten wir für nicht geeignet. Die Teilnahme am Emissionshandel mit der Zuteilung von Emissionsberechtigungen könnte Betreiber der Abfallverbrennungsanlagen veranlassen, verstärkt Abfälle mit biogenen Anteilen anzunehmen und zu behandelnde Abfälle mit hohen fossilen Anteilen abzulehnen, um CO₂-Zertifikate zu generieren. Dies steht der Entsorgungsaufgabe der Anlagen entgegen und wäre aus Sicht einer umweltverträglichen Abfallentsorgung nicht sinnvoll.

Förderung mittels finanzieller Anreize

(KWK-Gesetz; Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz; Marktanzreizprogramm):

Das Umweltbundesamt empfahl, eine Sonderregelung für MVA in das KWK-Gesetz aufzunehmen, die einen Bonus für eingespeisten KWK-Strom sicherstellt.

Die Novelle des KWK-Gesetzes, die der Bundestag im Juni 2008 verabschiedete, enthält jedoch keine Sonderregelung für MVA. Eine KWK-Förderung ist nur möglich für Anlagen, die hocheffizient im Sinne der EU-Richtlinie zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung im EU-Binnenmarkt aus dem Jahr 2004³⁰ sind. Zusätzlich müssen bei Modernisierungen die Kosten mindestens 50 Prozent der Neuerrichtungskosten der KWK-Anlage betragen, um eine Förderung zu erhalten. Inwieweit auch MVA diese Kriterien erfüllen können, ist noch zu prüfen. Wir gehen davon aus, dass nach diesen Regelungen nur wenige MVA in den Genuss einer Bonuszahlung für eingespeisten KWK-Strom kommen werden, weil die Förderkriterien – vor allem für die Modernisierung bestehender Anlagen – sehr anspruchsvoll sind. Gleichwohl sieht die Novelle des KWK-Gesetzes erstmals eine Förderung für den Neu- und Ausbau der Wärmenetze vor. Diese neue Regelung, die für die Wärmenutzung aus allen KWK-Anlagen gilt, begrüßen wir. Damit ließen sich 20 Prozent der ansatzfähigen³¹ Investitionskosten für den Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen – auch bei MVA – mit bis zu 5 Millionen Euro je Projekt fördern. Insgesamt will die Bundesregierung mit dem neuen KWK-Gesetz, das am 1. Januar 2009 in Kraft treten wird, bis zu 150 Millionen Euro jährlich für die Förderung der Wärmenetze über das Umlageverfahren bereitstellen.

Die Novelle des KWK-Gesetzes ist zwar noch nicht veröffentlicht, hat jedoch im Juli 2008 den Bundesrat passiert. Es ist nicht mehr mit Änderungen im Gesetzestext zu rechnen.

Eine Förderung der Nahwärmenetze ist seit dem 1. Januar 2008 auch über das Marktanzreizprogramm (MAP) für erneuerbare Energien möglich. Die neuen Förderrichtlinien des MAP vom 5. Dezember 2007 nennen für die Errichtung und Erweiterung der Wärmenetze die Wärmenutzung aus der Abfallverbrennung explizit als neuen Fördertatbestand. Nach dieser Regelung ist der biogene Anteil der Siedlungsabfälle erstmals als **förderfähige** erneuerbare Energie anerkannt³². Die Förderhöhe für Nahwärmenetze liegt hier bei maximal 1 Million Euro.

Ein weiterer positiver Impuls zur besseren Wärmenutzung aus MVA kann von dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) vom 7. August 2008 ausgehen. Dieses verpflichtet Eigentümer von Gebäuden mit einer Nutzfläche über 50 Quadratmeter (m²), die ab 2009 neu errichtet werden, den Wärmeenergiebedarf anteilig mit erneuerbaren Energien zu decken. Diese Nutzungspflicht ist auch erfüllt, falls der Eigentümer den Wärmebedarf über so genannte Ersatzmaßnahmen deckt, beispielsweise über den Bezug von Wärme aus einem Nah- oder Fernwärmenetz. Die Nutzung der Wärme aus einem Netz der Nah- oder Fernwärmeversorgung gilt dann als Ersatzmaßnahme, wenn die Wärme

- a) zu einem wesentlichen Anteil aus erneuerbaren Energien,
- b) zu mindestens 50 Prozent aus Anlagen zur Nutzung von Abwärme,
- c) zu mindestens 50 Prozent aus KWK-Anlagen oder
- d) zu mindestens 50 Prozent durch eine Kombination der unter a) bis c) genannten Maßnahmen stammt. Erneuerbare Energien im Sinne dieses Gesetzes sind auch biologisch abbaubare Anteile der Abfälle aus Haushalten und Industrie.

Vorschlag zur Änderung des Planungsrechts:

Eine weitere Möglichkeit, die Energiepotenziale bestehender MVA besser zu nutzen, sehen wir in der Anwendung planerischer Instrumente. Wir empfehlen das Bauplanungsrecht so zu ändern, dass Gemeinden für neu zu beplanende Gebiete künftig verpflichtend auf die in vorhandenen MVA produzierte Wärme zurückgreifen müssen.

Eine solche Verpflichtung der Gemeinden wäre in das Planungsrecht in Form eines so genannten Planungsleitsatzes (dieser normiert eine zwingend zu beachtende Vorrangregel, die in der Einzelfallabwägung nicht überwindbar ist) zu integrieren. Die Verpflichtung der Gemeinden machte eine Änderung des Baugesetzbuches (BauGB) erforderlich. Zielführend wäre es, dort eine zusätzliche Vorschrift zu formulieren, die die Nutzung der Wärme einer MVA zwingend vorschreibt, falls eine MVA vorhanden und die Nutzung der von dieser produzierten Wärme den späteren Nutzerinnen und Nutzern des Baugebietes zumutbar ist.

Das Umweltbundesamt prüft noch, inwieweit mit weiteren ordnungsrechtlichen Regelungen - etwa mit Hilfe der Änderung des Genehmigungsrechts - vorschreibbar wäre, dass Neuanlagen nur an Standorten entstehen dürfen, an denen eine hinreichende Wärmeabnahme sichergestellt ist.

8. Zukunft der Abfallwirtschaft und die Bedeutung der Abfallverbrennung

Der konzeptionell schutzgutbezogene Ansatz und die Zielsetzung einer umfassenden Vermeidung und Verwertung von Siedlungsabfällen bestimmten in den vergangenen Jahrzehnten zunehmend das abfallpolitische Handeln. Die Abfallvermeidung und -verwertung auszuweiten und die Verwertung immer umweltverträglicher und hochwertiger zu gestalten, stellt eine anspruchsvolle Aufgabe aller Beteiligten dar.

Das Bundesumweltministerium legte daher im Jahre 1999 ein Eckpunkte-Papier für die Zukunft der Entsorgung der Siedlungsabfälle vor, welches einen Paradigmenwechsel in der Abfallpolitik einleitete. Demnach sollte/sollten:

- die Ablagerung unbehandelter Siedlungsabfälle beendet,
- Abfall vor Ablagerung thermisch oder mechanisch-biologisch vorbehandelt,
- die heizwertreiche Fraktion aus der mechanisch-biologischen Behandlung energetisch genutzt,
- alte Deponien schrittweise geschlossen und
- bis 2020 die Behandlungstechniken weiterentwickelt und ausgebaut werden,

so dass alle Siedlungsabfälle in Deutschland möglichst vollständig und umweltverträglich verwertet werden können.

Biologisch abbaubare Abfälle kommen nicht auf Deponien, damit Siedlungsabfalldeponien für künftige Generationen nicht zu problematischen Altlasten werden.

Das so genannte „Ziel 2020“ sieht vor, Siedlungsabfälle bis dahin möglichst vollständig zu verwerten und die Beseitigung der Siedlungsabfälle in Form der Ablagerung in oberirdischen Deponien weitgehend aufzugeben. Bereits seit Jahren ist die Zahl der Siedlungsabfalldeponien stark rückläufig. So gab es im Jahre 1993 noch 562 Hausmülldeponien (Deponieklasse II³³), im Jahre 2004 jedoch nur noch 297 und heute etwa 160.

Die Beendigung der Deponierung der Siedlungsabfälle ab dem 1. Juni 2005 stellte die logische Weiterentwicklung der bisherigen deutschen Abfallpolitik dar. Das Ziel 2020 ist Bestandteil einer vorsorge- und schutzgutorientierten Strategie für die Weiterentwicklung der Abfallwirtschaft zu einer Ressourcen schonenden Stoffwirtschaft und unterstützt gleichzeitig das Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung, die Ressourcenproduktivität (Rohstoffe und Energie) in Deutschland bis 2020 zu verdoppeln.

Um die Ablagerung weitgehend beenden zu können, muss das stoffliche und energetische Potenzial der Abfälle noch umfassender genutzt werden. Dadurch lassen sich noch mehr Rohstoffe und Primärenergie aus fossilen Brennstoffen sparen und ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz und zur Schonung der natürlichen Ressourcen leisten. Dabei wird die Abfallverbrennung auch zukünftig eine zentrale Bedeutung haben.

Die Siedlungsabfallverbrennungsanlagen stehen seit langem in einem Spannungsfeld zwischen Abfallbeseitigung und -verwertung. In der novellierten Abfallrahmenrichtlinie ist die Unterscheidung über die so genannte R1-Formel³⁴ vorgegeben. Wir unterstützen dies grundsätzlich und vertreten den Standpunkt, dass die Müllverbrennung in einer MVA mit einer hohen Energieeffizienz eine Abfallverwertung darstellt und dass diese Energieeffizienz nach eindeutigen Vorgaben zu berechnen ist.

Nach Nutzung des energetischen Potentials verbleiben knapp ein Drittel der Abfälle in mineralisierter Form als Schlacken, Aschen und Filterstäube. Diese lassen sich stofflich verwerten, müssen aber für eine umweltverträgliche Verwertung bestimmte Bedingungen erfüllen, die in der Regel erst nach einer wei-

teren Aufbereitung - zum Beispiel Sortieren, Klassieren, Waschen - gegeben sind. Zudem lassen sich dabei wertvolle Metalle zurückgewinnen.

Bei einer oberirdischen Verwertung der Abfälle im Sinne einer Verfüllung gilt das Bodenschutzrecht, für eine Verwertung in technischen Bauwerken künftig eine in Vorbereitung befindliche Verordnung des Bundes zur Verwertung mineralischer Abfälle (Ersatzbaustoffverordnung) – beide mit strengen Anforderungen an Schadstoffgehalte und –freisetzung. Für höher belastete Aschen und Filterstäube ist auch eine Verwertung im Untertage-Versatz im Salzgestein möglich. Während die Filterstäube durchaus die geforderten bauphysikalischen Eigenschaften für einen Bergversatz erfüllen und damit langfristig verwertet werden, lässt sich der schwermetallhaltige Filterkuchen der Mischsalzsole aus der Abgaswäsche in einer Untertagedeponie (Salzkaverne) beseitigen. Trotz der derzeit erreichten hohen Verwertungsquoten bei den Verbrennungsrückständen - bei Schlacke mehr als 85 Prozent, siehe Kapitel 3.2 - gilt es, die Schlackequitäten weiter zu verbessern, auch in Anbetracht der künftigen hohen Anforderungen der Ersatzbaustoffverordnung.

Während die Errichtung neuer MVA zukünftig nur noch eine untergeordnete Rolle spielen sollte – etwa im Rahmen des Ersatzes oder der Modernisierung alter Anlagen –, werden in den nächsten Jahren in erheblichem Umfang Ersatzbrennstoffkraftwerke entstehen, und zwar bedarfsgerecht an Industriestandorten mit hohem Energiebedarf. Sie zeichnen sich durch hohe energetische Wirkungsgrade aus. Als Brennstoffe kommen heizwertreiche Siedlungsabfälle zum Einsatz, die zum Beispiel mittels mechanisch-biologischer Verfahren oder der Sortierung von Gewerbeabfällen generiert werden. Bei der Planung und Errichtung dieser Anlagen gilt es Augenmaß zu bewahren, um Überkapazitäten zu vermeiden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass eine vollständige Verwertung der Siedlungsabfälle bereits weitgehend über die energetische Verwertung in fortschrittlichen Abfallverbrennungsanlagen geschieht – überwiegend nicht im juristischen Sinne, sondern faktisch mittels effizienter Nutzung der Abfallenergie und Verwertung der Behandlungsrückstände. Die thermische Abfallbehandlung ist wesentlicher Eckpfeiler des Ziels 2020 und wird angesichts der geplanten Kapazitätserweiterungen noch an Bedeutung gewinnen. Weitere Potenziale für eine hochwertige vollständige Restabfallverwertung in MVA lassen sich mit Energieeffizienzsteigerungen und optimierter Aufbereitung der Verbrennungsrückstände erschließen. Einige MVA-Betreiber haben bereits verstärkt in eine Schlackenaufbereitung investiert – bei den meisten Anlagen ist die Entsorgung der Verbrennungsrückstände allerdings verbesserungsfähig. Ein Teil der anfallenden Schlacken und Filterstäube wird noch auf Deponien beseitigt. Hier gibt es noch weiteres Verwertungspotenzial, das bei adäquater Aufbereitung der Schlacke, beispielsweise mittels nachgeschalteter Schlackenwäsche, und weitergehender Rückgewinnung von Nichteisen-Metallen aus der Schlacke, nutzbar wäre. Angesichts steigender Rohstoffpreise kann auch die Metallrückgewinnung aus Kessel- und Filterstäuben in zentralen Hütten künftig attraktiv werden.

Das Umweltbundesamt unterstützt daher die vollständige Verwertung über einen möglichen Verwerterstatus der Abfallverbrennung weiterhin und setzt sich für eine Erhöhung der Energieeffizienz, zum Beispiel über Anreizinstrumente - wie das KWKG-Gesetz - und der Schlackenqualität - zum Beispiel über die Fortentwicklung des Standes der Technik - ein.

Wir entwickeln darüber hinaus das Ziel-2020-Konzept weiter zu einer effektiven Stoffstromwirtschaft, in der künftig zunehmend Sekundärrohstoffe schadlos verwertet und Ressourcen geschont werden – gemäß der Forderung der Thematischen Strategie der EU zur Abfallvermeidung und –verwertung hin zur Entwicklung einer europäischen „Recycling-Gesellschaft“.

Trotz der bisher erreichten und absehbaren Erfolge bei der umweltverträglichen Abfallentsorgung - in Deutschland und anderen Industrieländern - weisen wir darauf hin, dass dies nur für einen kleinen Teil der weltweit anfallenden Abfälle gilt. Es besteht ein enormes Potenzial zur Verbesserung des globalen Umweltzustandes mittels einer nachhaltigen Abfallwirtschaft - vor allem im Klimaschutz und bei der Schonung natürlicher Ressourcen; dies wiederum schafft Exportmöglichkeiten für Länder mit fortschrittlicher Abfallbehandlungstechnik, die es – auch im Sinne einer „ökologischen Industriepolitik“ - verstärkt zu nutzen gilt.

Quellen:

Alwast, H. (2007): Ersatzbrennstoffmarkt – Entwicklung in Deutschland – Mengen, Preise, Markttendenzen; Vortrag auf 19. Kasseler Abfallforum und Bioenergieforum, Kassel 24.-26. 04.2007

ASA (2007): MBA-Steckbriefe 2007/2008; Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung e.V., Februar 2007

(Destatis 2008) Statistisches Bundesamt: Umwelt. Abfallentsorgung 2006, Juli 2008, <http://www.destatis.de>

Ifeu (2007):Beispielhafte Darstellung einer vollständigen hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz“, UFOPLAN-Projekt (FKZ 205 33 311), Oktober 2007; UBA-Text 16/08 April 2008, http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Status&Suchwort=neu

Ifeu/ Öko-Institut (2006): „Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle“

UFOPLAN-Projekt (FKZ 205 33 313), Juni 2006

http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3135

Öko-Institut (2005): „Statusbericht zum Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz und mögliche Potentiale“. UFOPLAN-Projekt (FKZ 205 33 314), August 2005. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/fpdf-l/3006.pdf>

IFEU (2004): Beitrag der Abfallwirtschaft zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland; UFOPLAN-Projekt FKZ 203 92 309, Heidelberg 2004

Fußnoten

- ¹ „MVA“ steht im Folgenden für (Haus)Müll- oder Abfallverbrennungsanlagen, in denen vorrangig gemischte Restsiedlungsabfälle zum Einsatz kommen.
- ² 17. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe
- ³ Statt aufwändiger Nasswäsche: optimierte trockene oder quasitrockene Abgasreinigung
- ⁴ Ohne Ersatzbrennstoff-(Heiz)Kraftwerke
- ⁵ „Dioxine und Furane“ steht im Folgenden für polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane (PCDD/PCDF).
- ⁶ Ende der 70er Jahre wurden in der chemischen Fachliteratur Hinweise auf die Emission von Dioxinen und Furanen veröffentlicht. Das Umweltbundesamt wurde mit der Durchführung von Untersuchungsvorhaben auf diesem Feld aktiv. Mit einer in Hamburg entwickelten Beprobungstechnik gelang 1986 in der Abfallverbrennungsanlage Stellingner Moor die Bestätigung der Hypothese, dass polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane (PCDD/PCDF) im Feuerraum einer Abfallverbrennungsanlage zerstört werden, es jedoch im Abgasweg bei niederen Temperaturen unter bestimmten Voraussetzungen zu einer Neubildung (De-novo-Synthese) kommen kann. Dieses Untersuchungsergebnis bildet ein Fundament für die heute in Abfallverbrennungsanlagen erfolgreich verwirklichte Feuerungsführung und Abgasreinigungstechnik zur Minderung von PCDD/PCDF. Nur am Rande sei erwähnt, dass die Untersuchungen des bundesweiten Dioxinmessprogramms über die Abfallverbrennungsanlagen hinaus den Grundstein für einen umfassenden Maßnahmenkatalog zur Minderung des Eintrags von Dioxinen und Furanen in die Umwelt legten.
- ⁷ Gemäß Abfallablagerungsverordnung aus dem Jahr 2001
- ⁸ Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen
- ⁹ Erläuterung aus BMU-Veröffentlichung (2005): Müllverbrennung - ein Gefahrenherd? Abschied von der Dioxinschleuder (http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/muellverbrennung_dioxin.pdf):
Arsen ist ungefähr doppelt so giftig wie Cadmium, fünf Mal so giftig wie Chrom und 500 Mal so giftig wie Benzol. Um einen einzigen Maßstab für die Giftigkeit der kanzerogenen Schwermetalle und organischen Verbindungen zu finden, rechnet man die einzelnen Giftigkeiten in Arsen-Werte um. Zwei Kilogramm Cadmium sind so giftig wie ein Kilogramm Arsen oder entsprechen einem Kilogramm Arsen-Äquivalent. Auch die Giftigkeit von Dioxinen wird auf Arsen „umgerechnet“ und ist hier enthalten. Das Äquivalenz-Modell hat man sich bei den Klimaforschern abgeschaut, die mit CO₂-Äquivalenten arbeiten.
- ¹⁰ IFEU: Beitrag der Abfallwirtschaft zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland; UFOPLAN-Projekt FKZ 203 92 309, Heidelberg 2004
- ¹¹ IFEU: „Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz“, UFOPLAN-Projekt FKZ 205 33 311, Heidelberg 2007
- ¹² Best Available Techniques - Reference document
- ¹³ Selektive katalytische Reduktion
- ¹⁴ Selektive nicht-katalytische Reduktion
- ¹⁵ Öko-Institut (2005), ifeu (2007)
- ¹⁶ Alwast 2007
- ¹⁷ Unter MBA fallen bei dieser Betrachtung auch mechanische und mechanisch physikalische Behandlungsanlagen.
- ¹⁸ ASA 2007;
- ¹⁹ LAGA 2008

- ²⁰ UBA-Hintergrundpapier „Dioxine“, 2005;
<http://www.umweltbundesamt.de/chemikalien/dioxine.htm>
- ²¹ Ablagerung von Schadstoffen auf Oberflächen aller Art
- ²² Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. Bundes-Immissionsschutzverordnung
- ²³ Giftigkeit
- ²⁴ umfasst krebserzeugende Wirkungen
- ²⁵ umfasst erbgutverändernde Wirkungen
- ²⁶ Nettoaufkommen (ohne Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen); Destatis 2008
- ²⁷ IFEU: „Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz“, UFOPLAN-Projekt FKZ 205 33 311, Heidelberg 2007
- ²⁸ Summe von Strom- und Wärmenutzungsgrad, einschließlich Eigenverbrauch
- ²⁹ Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.
- ³⁰ Richtlinie 2004/8/EG vom 11.02.2004
- ³¹ Damit sind die förderfähigen Investitionskosten gemeint. Förderfähig sind alle Kosten, die für Leistungen Dritter im Rahmen des Neu- oder Ausbaus von Wärmenetzen tatsächlich anfallen. Nicht dazu gehören interne Kosten für Planung und Konstruktion, kalkulatorische Kosten, Grundstücks-, Versicherungs- und Finanzierungskosten sowie Kosten für den Bau von Verbraucheranschlussstationen und deren Verbindung zum Verbraucherabgang.
- ³² Im Gegensatz zum Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das den biogenen Anteil der Siedlungsabfälle zwar ebenfalls als erneuerbare Energie einstuft, die Stromeinspeisung aus der Verbrennung gemischter Siedlungsabfälle wegen des so genannten Ausschließlichkeitsprinzips allerdings nicht fördert.
- ³³ Es gibt 5 Deponieklassen (0 bis IV) für unterschiedliche Abfälle. Auf Deponien der Klasse II werden vorrangig Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle abgelagert.

³⁴

$$R1 = \frac{Ep - (Ef + Ei)}{0,97 \times (Ew + Ef)}$$

Ep - jährlich als Wärme oder Strom erzeugte Energie.

Die Berechnung erfolgt auf der Grundlage von Energie als Strom multipliziert mit dem Faktor 2,6 und für kommerzielle Verwendung produzierte Wärme, multipliziert mit dem Faktor 1,1 (GJ/Jahr).

Ef - jährlicher Energie-Input in das System aus Brennstoffen, die zur Erzeugung von Dampf beitragen (GJ/Jahr).

Ew - jährliche Energiemenge, die im behandelten Abfall enthalten ist, berechnet anhand des niedrigeren Heizwerts des Abfalls (GJ/Jahr)

Ei - jährliche importierte Energiemenge, ohne Ew und Ef (GJ/Jahr)

0,97 - Faktor zur Berechnung der Energieverluste aufgrund von Rost- und Kesselasche sowie von Strahlung