Abfallentsorgung zu Lasten der Bürger ?

Probleme der Kreislaufwirtschaft und Lösungsansätze für eine Entlastung der Haushalte

Martin Kaimer, Diethard Schade

Nr. 165 / Mai 2000

Arbeitsbericht

ISBN 3-934629-10-5

ISSN 0945-9553

Akademie für Technikfolgenabschätzung
in Baden-Württemberg
Industriestr. 5, 70565 Stuttgart
Tel. 0711 / 9063-0, Fax: 0711 / 9063-299
E-Mail: info@ta-akademie.de
http://www.ta-akademie.de

Ansprechpartner: Dr. Martin Kaimer
Tel.: 0711/9063
E-Mail: martin.kaimer@ta-akademie.de

Die Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg gibt in loser Folge Aufsätze und Vorträge von Mitarbeitern sowie ausgewählte Zwischen- und Abschlußberichte von durchgeführten Forschungsprojekten als *Arbeitsberichte der Akademie* heraus. Diese Reihe hat das Ziel, der jeweils interessierten Fachöffentlichkeit und dem breiten Publikum Gelegenheit zu kritischer Würdigung und Begleitung der Arbeit der Akademie zu geben. Anregungen und Kommentare zu den publizierten Arbeiten sind deshalb jederzeit willkommen.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort ... 1

Probleme und Lösungsansätze ... 3

1 Abfälle und Abfallbeseitigung in der öffentlichen Diskussion ... 19
1.1 Literaturverzeichnis zu Kapitel 1 ... 31

2 Abfall und Abfallvermeidung ... 33
2.1 Abfälle im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz ... 33
2.2 Absolute Abfallvermeidung ... 41
2.2.1 Abfallvermeidung in Produktion und Gewerbe ... 42
2.2.2 Abfallvermeidung in Haushalten ... 46
2.3 Literaturverzeichnis zu Kapitel 2 ... 50

3 Getrenntsammlung ... 52
3.1 Rücknahme- und Rückgabepflichten ... 53
3.2 Getrenntsammlung und Verwertung von Bioabfällen ... 59
3.3 Verpackungsverordnung und DSD ... 62
3.4 Literaturverzeichnis zu Kapitel 3 ... 69

4 Abfallentsorgung und Müllgebühren ... 71
4.1 Erfassung von Wertstoffen und Sammelsysteme ... 71
4.2 Wertstofferfassung in der Praxis ... 76
4.3 Abfallentsorgung in Baden-Württemberg ... 81
4.4 Abfallentsorgung und Müllgebühren ... 85
4.5 Literaturverzeichnis zu Kapitel 4 ... 92

5 Abfallverwertung 95
5.1 Abgrenzung von Verwertung und Beseitigung 95
5.2 Stoffliche Verwertung 100
5.3 Energetische Verwertung 105
5.4 Literaturverzeichnis zu Kapitel 5 114

6 Abfallbehandlung und Abfallbeseitigung 118
6.1 Anforderungen an Behandlung und Beseitigung 119
6.2 Restabfallbehandlung 126
6.2.1 Thermische Abfallbehandlung 126
6.2.2 Mechanisch-biologischen Abfallbehandlung 130
6.3 Deponierung von Abfällen 138
6.4 Literaturverzeichnis zu Kapitel 6 142

7 Zusammenfassung und Empfehlungen 145

Anhang A – Tabellen 148

Anhang B – Verfahren zur Abfallbehandlung 164

Vorwort

Im Verlauf der letzten Jahrzehnte ist der Umweltschutzgedanke in das Bewußtsein der Bürger gerückt und hat deren Handeln vielfach beeinflußt und auch verändert. Maßnahmen zum Erhalt oder zur Verbesserung der Umwelt werden von einem breiten gesellschaftlichen Konsens getragen und von den Bürgern auch dann akzeptiert, wenn diese mit finanziellen Kosten oder anderen Lasten für sie verbunden sind.

Getragen von dieser großen gesellschaftlichen Zustimmung haben Politik und Verwaltungen jedoch eine Fülle von Vorschriften erlassen und Einzelmaßnahmen ergriffen, die die Belange der Bürger nicht immer ausgewogen berücksichtigen und die häufig nicht zu Lösungen führen, die die angestrebten Ziele mit möglichst geringen Belastungen für die Bürger zu erreichen gestatten. Das gilt insbesondere für die Abfallentsorgung. Die heutige Praxis resultiert hier aus unterschiedlichen Zielsetzungen – wie Verringerung der Abfallmengen, umweltgerechte Abfallbeseitigung, Schonung der nichterneuerbaren Ressourcen, Erreichen einer nachhaltigen Entwicklung – und hat zu einer starken Bürokratisierung der Abfallbeseitigung, zu einem unbefriedigenden Nebeneinander privater und öffentlich-rechtlicher Entsorger, zu einer weitgehenden Orientierung der Maßnahmen an den Interessen der Entsorger und vor allem zu hohen Kosten und Belastungen für die Haushalte geführt. Eine große Rolle spielt dabei die zunehmende Umleitung großer Abfallteilströme in Verwertungspfade durch Rückgabe- und Getrenntsammlungspflichten, die in den Haushalten zu Zusatzbelastungen und bei den kommunalen Entsorgern zu Kostendeckungsproblemen bei den vorgehaltenen Beseitigungsanlagen führen.

Ein Umsteuern der bisherigen Entwicklung mit dem Ziel, einerseits die Belastungen für die Bürger zu verringern und andererseits die zentralen Ziele einer Kreislaufwirtschaft weiter beizubehalten, ist vor dem Hintergrund der gewachsenen Strukturen weder leicht noch rasch zu erreichen. Ursache dafür sind auch die Verankerung der Abfallentsorgung im europäischen, bundesstaatlichen und landesstaatlichen Recht und die damit begrenzten Handlungsmöglichkeiten lokaler und regionaler Akteure.

Ausgehend von der Analyse der heutigen Praxis der Abfallentsorgung und deren rechtlichen Grundlagen, versucht die vorliegende Studie Ansatzpunkte für mögliche Veränderungen aufzuzeigen, und die TA-Akademie möchte damit eine breite Diskussion über die künftige Weiterentwicklung des heutigen Abfallentsorgungssystems anregen.

Die Autoren bedanken sich an dieser Stelle bei Herrn Dipl.-Ing. Stefan Burkart, der während seiner Tätigkeit in der TA-Akademie wesentliche Beiträge und Vorarbeiten zu dieser Studie erarbeitet hat.

M. Kaimer
D. Schade

Probleme und Lösungsansätze

Das heutige Abfallentsorgungssystem und die ihm zugrunde liegenden gesetzlichen Regelungen haben sich über mehrere Jahrzehnte hin entwickelt und dabei auch jeweils Anpassungen an unterschiedliche umweltpolitische Zielsetzungen erfahren:

- Reduktion der Abfallmengen und der zur Beseitigung benötigten Deponievolumina,
- Verringerung der aus der Beseitigung entstehenden Umweltwirkungen,
- Schonung der Ressourcen durch weitgehende Verwertung nutzbarer Bestandteile im Abfall,
- konsequentere Umsetzung des Verursacherprinzips durch Rücknahme- und Rückgabeverpflichtungen und
- Erreichen einer nachhaltigen Entwicklung durch Änderung von Produktionsweisen und Verhalten.

Im Ergebnis haben die daraus folgenden Anforderungen zu teilweise fragwürdigen Entsorgungspfaden, zu einem komplizierten Nebeneinander privater und öffentlich-rechtlicher Entsorger und vor allem zu höheren Belastungen – insbesondere durch Müllgebühren – für die Bürger geführt.

Ausgehend von den Wirkungen – die mit der Umsetzung der gesetzlichen Regelungen erreicht wurden bzw. in deren Folge eintraten – ist es daher notwendig, nach Wegen zu suchen, die einerseits die zentralen Ziele einer Kreislaufwirtschaft beibehalten bzw. stärken und andererseits helfen können, das Abfallentsorgungssystem zu vereinfachen und die Belastungen für die Bürger zu verringern.

- **Die Verminderung der Abfallmengen und eine erhöhte Abfallverwertung wurden mit der Umsetzung der geltenden gesetzlichen Regelungen erreicht.**

Die starke Zunahme der Abfallmengen bis Anfang der 90er Jahre und des Widerstandes in der Bevölkerung gegen die Errichtung neuer Abfallbeseitigungsanlagen machten es erforderlich, die Menge der Abfälle, die endgültig abgelagert bzw. beseitigt werden müssen, zu reduzieren und so die benötigten Deponievolumina und die mit der Beseitigung verbundenen Umweltwirkungen zu verringern. Diesem Ziel dienen das „Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (AbfG)“ von 1986 und dessen Fortschreibung, das „Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG)“ von 1994.

Diese Ziele wurden im wesentlichen erreicht. Mit dem Wirksamwerden der Regelwerke gehen die Abfallmengen, die den öffentlich-rechtlichen Abfallentsorgern überlassen werden, seit Mitte der 90er Jahre deutlich zurück (s. Abb. 1-1 in Kap. 1). Ursache für

diesen Rückgang sind in erster Linie die vermehrten Anstrengungen zur Abfallverwertung im gewerblichen Bereich, insbesondere bei den Massenabfällen Bodenaushub, Bauschutt und Straßenaufbruch (s. Abb. 1-2 in Kap.1).

Auch bei den Abfällen aus Haushalten und Kleingewerbe steigt der Verwertungsanteil am Abfallaufkommen seit Anfang der 90er Jahr stetig an (s. Tab. 4.3-1 in Kap. 4.3). Insgesamt wurde so eine verstärkte Verwertung der im Abfall enthaltenen noch nutzbaren Stoffe erreicht, die vor allem im AbfG als wesentliches Instrument zur Verringerung der Abfallmengen im Vordergrund stand.

- **Eine „absolute Abfallvermeidung“ wurde bei den Haushalten nicht erreicht.**

Während Abfallvermeidung im AbfG in erster Linie die Verringerung der zu beseitigenden Mengen durch Verwertung der nutzbaren Abfallbestandteile bedeutete, gewinnt Abfallvermeidung im KrW-/AbfG zusätzlich die erweiterte Bedeutung einer „absoluten Abfallvermeidung“: Abfälle sollen nicht nur möglichst weitgehend verwertet werden, sondern auch das Entstehen von Abfällen soll durch Verringern des Ressourceneinsatzes und Reduzieren von Stoffströmen und Stoffumsätzen vermindert werden, wozu Produktionsweisen und Konsumgewohnheiten verändert werden müssen. Dieses Ziel einer „absoluten Abfallvermeidung“ wurde – zumindest bei den Haushalten – nicht erreicht. Die Summe der den öffentlich-rechtlichen Entsorgern überlassenen Abfälle aus Haushalten und Kleingewerbe steigt in den letzten zehn Jahren leicht an und die Menge pro Einwohner und Jahr verändert sich praktisch nicht (s. Tab. 2.2-1 und Abb. 2.2-3 in Kap. 2). Statt einer „absoluten Abfallvermeidung“ kommt es lediglich zu einer Verschiebung der Abfälle von der Restmülltonne hin zur Wertstofftonne.

- **Die Verringerung der Abfallmengen führt zu erhöhten Kosten bei den Entsorgern und Problemen bei der Kostendeckung.**

Für die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger bedeutet die mit der Umsetzung von AbfG und KrW-/AbfG eingeleitete Entwicklung, daß die Menge der andienungs- und überlassungspflichtigen Abfälle zurückgeht und die vorhandenen Hausmülldeponien bzw. Müllverbrennungsanlagen oft nicht mehr ausgelastet werden können. Dabei wird sich diese Tendenz in der Zukunft noch fortsetzen und von der Politik weiterhin aktiv gefördert werden (s. Tab. 1-3 und Tab. 1-4 in Kap. 1).

Den zur Abfallentsorgung bzw. -beseitigung verpflichteten Körperschaften, die hohe Investitionen für die Abfallentsorgung getätigt haben, erwächst daraus das Problem, daß die Einnahmen aus der Abfallentsorgung zurückgehen und die Kapital- und Betriebskosten für die Abfallbeseitigung weiterhin getragen werden müssen, und daß – vor al-

lem durch die Umsetzung der TA Siedlungsabfall – zusätzlich neue Kosten aus den erhöhten Anforderungen an die Abfallbeseitigung bzw. an die Getrenntsammlung von Wertstoffen entstehen. Hier müssen neue Lösungen gefunden werden, wenn nicht eine Entwicklung eintreten soll, bei der die Abfallentsorgungskosten allein von den Haushalten über erhöhte Abfallgebühren getragen werden müssen.

- **Mit der Umsetzung der Regelungen zur Abfallentsorgung sind die Müllgebühren für die Bürger deutlich gestiegen.**

Für die Haushalte hat sich die Umsetzung der Regelungen – wie etwa der TA Siedlungsabfall – auf der Grundlage von AbfG und KrW-/AbfG bislang vor allem in einer deutlichen Erhöhung der Müllgebühren ausgewirkt (s. Kap. 4.4). Zwischen 1990 und 1998 stiegen die Gebühren für die Restmüllabfuhr beispielsweise im Rems-Murr-Kreis auf rund das Dreifache an (s. Abb. 1-4 in Kap. 1) und in Stuttgart auf rund das Doppelte (s. Abb. 1-5 in Kap. 1).

Insgesamt haben sich dabei die Müllgebühren sehr unterschiedlich entwickelt: sie variierten in den Landkreisen Baden-Württembergs im Jahr 1997 um mehr als den Faktor Fünf (s. Abb. 4.4-1 in Kap. 4). Die große Spreizung der Abfallgebühren deutet darauf hin, daß nicht in allen Fällen die für die Bürger kostengünstigste Lösung für die Abfallentsorgung gefunden wurde, und die hohen Steigerungen der Müllgebühren machen es erforderlich, verstärkt nach Einsparungsmöglichkeiten zu suchen.

- **Einen hohen Einfluß auf Entsorgungskosten und Müllgebühren haben die Anforderungen an das Getrenntsammeln und die vorhandenen Beseitigungsanlagen.**

Einen erheblichen Einfluß auf Kosten und Kostenstruktur der kommunalen Abfallentsorger haben die hohen Anforderungen an die getrennte Erfassung von Wertstoffen, und eine große Rolle spielt hier die getrennte Bioabfallsammlung. Zu den Kosten für die Getrenntsammlung sind auch die Gebühren für das Duale System Deutschland zu zählen, die zwar nicht als Müllgebühren in Erscheinung treten, aber gleichwohl vom Bürger zu tragen sind und ihn derzeit mit ca. 45 DM pro Kopf und Jahr belasten. (s. Kap. 4.4)

Außerdem haben die verschiedenen Rücknahme- und Rückgabepflichten (s. Kap. 3.1) sowie das Nebeneinander privater und öffentlicher Entsorger zu einem komplizierten Entsorgungssystem mit vielen Pfaden geführt (s. Abb. 4.1-1 in Kap. 4.1), das die angestrebte sortenreine Erfassung der verschiedenen Stoffe dennoch nur über zusätzliche Sortierungsschritte gewährleisten kann. Vor diesem Hintergrund ist zu fragen, ob die getrennte Erfassung von Wertstoffen in der heute praktizierten Form beibehalten werden

soll, oder ob sich nicht in Verbindung mit neuen automatisierten Sortiertechniken effizientere Erfassungssysteme verwirklichen lassen.

Eine Ursache für die große Spreizung der Müllgebühren in den Landkreisen Baden-Württembergs (s. oben) liegt im Vorhandensein von kostenaufwendigen Abfallbehandlungs- und Abfallbeseitigungsanlagen (z.B. Müllverbrennungsanlagen, Bioabfallkompostierungsanlagen, s. Abb. 4.4-1 in Kap. 4.4). Auch bundesweit führen entsprechende Entsorgungsstrukturen zu höheren Müllgebühren (s. Kap. 4.4). Es muß daher das Ziel sein, die Kosten der vorhandenen Anlagen gleichmäßiger zu verteilen und neue Anlagen im Hinblick auf möglichst geringe Kosten für die Bürger zu planen.

- **Die Getrenntsammlung orientiert sich im wesentlichen an den Interessen der Entsorger und belastet den Bürger mit zusätzlichen Aufgaben.**

Die heute praktizierte Form der Getrenntsammlung führt dabei nicht nur zu hohen Kosten, sondern belastet den Bürger auch durch an ihn übertragenen Trenn- und Sammelaufgaben (s. Kap. 3.1). Insgesamt zielen die heute geltenden Regelungen eher darauf, den Aufwand für die Entsorger zu verringern und aufwendige Trennaufgaben – die auch den Mülltransport zu entfernten Sammelstellen einschließen – auf den Bürger abzuwälzen. Dabei soll dieses Entsorger-gerechte Verhalten der Bürger notfalls durch ordnungspolitische oder strafrechtliche Maßnahmen erzwungen werden (s. Kap. 3.1).

Wie der Umfang von Fehlwürfen (s. Kap. 3.3) oder Fehlverhalten infolge erhöhter Gebühren (s. Kap. 4.4) zeigen, läßt sich dies gewünschte Verhalten im heutigen System aber kaum erreichen. Erstrebenswert wäre eine Vereinfachung vor allem der Getrenntsammlung, die sich an den Bedürfnissen der Bürger orientiert und deren Möglichkeiten und Fähigkeiten zur Abfalltrennung in Rechnung stellt.

- **Maßnahmen zur Veränderung des bestehenden Abfallentsorgungssystem müssen das Erreichen der zentralen Ziele der Kreislaufwirtschaft sicherstellen und sollten primär auf eine Reduzierung der Lasten für die Bürger zielen.**

Die zentralen Ziele einer Kreislaufwirtschaft sind:

- das Verringern der endgültig zu beseitigenden Abfallmengen,
- das Sicherstellen einer umweltschonenden Abfallentsorgung und
- die Rückführung eines möglichst hohen Anteils der im Abfall enthaltenen nutzbaren Bestandteile als Sekundärrohstoff oder Energieträger in den Wirtschaftskreislauf.

Im Rahmen dieser Zielsetzungen sollte das heutige System der Abfallentsorgung so modifiziert werden, daß Kosten, die sich auf die Abfallgebühren auswirken, verringert und Lasten, die den Bürgern auferlegt werden, auf ein notwendiges Maß beschränkt werden.

Dazu kann gehören,

- daß Teilziele, die sich als unerreichbar erwiesen haben wie die „absolute Abfallvermeidung“, fallengelassen werden,
- daß die getrennte Erfassung von Wertstoffen auf leicht bzw. automatisch sortierbare Stoffe eingeschränkt und Kunststoff-Kleinverpackungen mit dem Restabfall entsorgt werden,
- daß die getrennte Bioabfallsammlung zugunsten der Erfassung von Grüngut eingeschränkt und das generelle Getrenntsammlungsgebot für Bioabfälle im Landesabfallgesetz aufgehoben wird,
- daß die Aufgaben privater Entsorger erweitert werden und das DSD zu einem generellen Wertstoffsammelsystem erweitert wird,
- daß stoffliche und energetische Verwertung gleichgestellt werden,
- daß für die energetische Verwertung alle geeigneten Anlagen, die Energie erzeugen, zugelassen werden,
- daß neue Abfallbehandlungs- und Abfallbeseitigungsanlagen im Hinblick auf möglichst geringe Kosten für die Bürger geplant und errichtet werden und
- daß Schritte ergriffen werden, um die regional stark unterschiedlichen Müllgebühren anzugleichen.

(1) Das Ziel der „absoluten Abfallvermeidung“ sollte als primäres Ziel der Kreislaufwirtschaft aufgegeben werden, da der Umgang mit Abfällen kein geeignet Ansatzpunkt ist, um Verhaltensweisen der Bürger zu beeinflussen.

Um eine „absolute Abfallvermeidung“ zu erreichen, müßten sowohl geeignete Instrumente vorhanden sein, die die Produzenten veranlassen, abfallarm und ressourcenschonend zu produzieren, als auch Maßnahmen getroffen werden können, die das Verhalten der Konsumenten so beeinflussen, daß ressourcenschonende Produkte bevorzugt oder der Konsum überhaupt eingeschränkt werden (s. Kap. 2.2). Direkte gesetzliche Maßnahmen, die zu einer „absoluten Abfallvermeidung“ in Produktion und Produkten oder bei Konsumenten (z.B. durch Konsumverzicht) führen, sind aber kaum möglich und es muß auch bezweifelt werden, daß eine Veränderung von Lebensweisen und Konsumgewohnheiten mit Hilfe der Abfallpolitik erreichbar ist. Um das angestrebte Ziel zu erreichen, setzt die Politik daher auf Information und Aufklärung:

- auf die Einflußnahme auf Produzenten, Handel und Verbraucher zur Verbesserung des Problemverständnisses (s. Kap. 2.2.1) und
- auf gezielte Öffentlichkeitsarbeit und intensive Abfallberatung durch die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (s. Kap. 2.2.2).

Über die Wirkung von Information und Beratung der Bürger durch die Abfallentsorger und deren Beitrag zu einer Änderung des Konsumverhaltens und zur „absoluten Vermeidung“ von Abfällen liegen keine gesicherten Erkenntnisse vor. Ihr Erfolg ist aber eher skeptisch zu beurteilen, da im Bereich der Haushalte bislang keine nachweisbare Wirkung erreicht worden ist (s. oben). Wie die hohe Bereitschaft der Bürger zum Getrenntsammeln von Wertstoffen zeigt (s. Kap. 2.2.2), wird Abfallvermeidung von diesen in erster Linie als Abfallverwertung verstanden und unterstützt. Auch im gewerblichen Bereich ist die Verringerung der Abfallmengen vor allem einer verstärkten Abfallverwertung zuzuschreiben (s. Kap. 2.2.1).

Da die Ausgaben für Information und Beratung den privaten Haushalten über die Gebühren angelastet werden (s. Kap. 2.2.2), führen diese Maßnahmen – deren Wirkung kaum zu kontrollieren ist – zu zusätzlichen Kosten, die im Durchschnitt der Bundesländer bei ca. 1,3 % der Entsorgungskosten liegen (s. Tabelle 4.3-2 in Kap. 4.3). Vor diesem Hintergrund wäre es realistischer, die Abfallverwertung als primäres Ziel der Kreislaufwirtschaft in den Vordergrund zu stellen und das Ziel einer „absoluten Abfallvermeidung“ fallen zu lassen. Die zentralen Ziele der Abfallwirtschaft würden davon kaum berührt.

(2) Die hohen Anforderungen an die getrennte Erfassung von Wertstoffen oder Problemabfällen in Haushalten sollten verringert werden, sie belasten die Bürger und das mit ihnen angestrebte Ziel der sortenreinen Erfassung wird weitgehend verfehlt.

Um eine möglichst hohe Verwertung der im Restabfall enthaltenen noch nutzbaren Stoffe zu erreichen und um Problem- und Schadstoffe weitgehend vom Restabfall abzutrennen, sind die Anforderungen an das Getrenntsammeln von Wertstoffen oder auch die Rückgabepflichten stetig ausgeweitet worden. Haushalte müssen die für eine Verwertung geeigneten Abfälle getrennt erfassen, die entsprechenden Gefäße füllen und im Haus oder auf dem Grundstück unterbringen bzw. zusätzlich Depotcontainer oder Wertstoffhöfe aufsuchen (s. Kap. 3.1). Auch Bringsysteme spielen bei der Abfalleinsammlung eine immer größere Rolle (s. Kap. 4.1). Diese Regelungen orientieren sich bislang in erster Linie an den Interessen der Abfallentsorger, die dem Ziel einer möglichst umfassenden Trennung von Wertstoffen, Problemstoffen und Restabfall dann besonders leicht gerecht werden können, wenn die Haushalte verpflichtet werden, die Abfalltrennung selbst durchzuführen. Die daraus jeweils resultierenden Belastungen für die privaten Haushalte wurden offensichtlich kaum beachtet bzw. als unerheblich angesehen (s. Kap. 3.1).

Trotz erheblichen Aufwandes wird das angestrebte Ziel einer weitgehend sortenreinen Erfassung der Wertstoffe durch die praktizierte Getrenntsammlung aber nicht erreicht (s.

Kap. 4.1). Zwar wird der Aufwand für die Nachsortierung reduziert, eine Nachsortierung ist aber in der Regel weiterhin erforderlich. Lediglich die über Wertstoffhöfe erfaßten und dort kompetent sortierten Materialien zeichnen sich durch einen hohen Reinheitsgrad aus. Auch der Versuch, die gewünschten Ziele mit ordnungspolitischen oder strafrechtlichen Maßnahmen zu erzwingen, muß als wenig erfolgversprechend angesehen werden (s. Kap. 3.1). Ebenso haben Gebührenordnungen nur eine begrenzte Wirkung oder führen gar zu kontraproduktiven Ausweichreaktionen der Betroffenen. (s. Kap. 4.3).

Vor diesem Hintergrund muß das derzeitige Sammelsystem für Abfälle – das mindestens drei flächendecke Teilsysteme für Wertstoffe bzw. Verpackungsabfälle, für Bio- und Grünabfälle und für Restabfall umfaßt – überdacht werden. Ziel muß es dabei sein, Lösungen zu finden, die die Belastungen der Bürger und den Gesamtaufwand für das sortenreine Erfassen verwertbarer Stoffe minimieren.

Ein Weg könnte darin bestehen, die inzwischen vorliegenden Erfahrungen mit automatischen Sortierverfahren konsequent zu nutzen (s. Kap. 4.1) und den Trennaufwand bei den Hauhalten generell einzuschränken, d.h. die Getrenntsammlung bei den Haushalten auf die Stoffe zu begrenzen,

- die wie Altglas und Altpapier (Kap. 4.2) erfolgreich wiederverwertet werden können und auch einen erheblichen Anteil des Rohstoffbedarfs decken (s. Kap. 3.3),
- die ohne großen Aufwand automatisch sortiert und anschließend stofflich verwertet werden können wie z.B. Kunststoffolien und Kunststoffflaschen bzw. Hohlkörper (s. Kap. 5.2) oder
- die über die Reststofftonne nicht erfaßt werden können, wie Altmetall und Sperrmüll.

Alles andere – auch die sogenannte Kunststoff-Kleinverpackung – sollte zusammen mit dem Restabfall entsorgt werden, wie dies auch einzelne Bundesländer (darunter Baden-Württemberg) fordern (s. Kap. 3.1). Dies erfordert eine Änderung der Verpackungsverordnung und bedeutet gleichzeitig auch eine Veränderung der Zuständigkeit des DSD (s. Kap. 3.3). Dabei könnte es auch sinnvoll erscheinen die bislang nur für Verkaufsverpackungen zuständige DSD-Sammlung zu einem generellen Wertstoffsammelsystem auszuweiten (s. unten). Bei einer derartigen Vorgehensweise würden die Kosten im DSD verringert und die zentralen Ziele der Kreislaufwirtschaft kaum berührt, da z.B. die Kunststoff-Kleinverpackungen nur einen geringen Anteil am gesamten Hausmüllaufkommen darstellen (s. Kap. 3.3).

Darüber hinaus könnte bei Vorhandensein einer thermischen Behandlungsanlage die Problemstoffsammlung vereinfacht und bestimmte Problemstoffe in haushaltsüblichen Kleinmengen (z.B. Farben, Lacke, Lösungsmittel u.ä.) auch zusammen mit dem Restab-

fall eingesammelt und verbrannt werden. Dies würde die Lasten für die Haushalte Verringern und wäre unter Umweltaspekten unkritisch.

(3) Die getrennte Bioabfallsammlung sollte zugunsten der Erfassung von Grüngut eingeschränkt werden und das generelle Getrenntsammlungsgebot für Bioabfälle im Landesabfallgesetz aufgehoben werden, um die Kostenbelastung der Bürger zu senken.

Die Forderung nach Getrenntsammlung von kompostierbaren Abfällen leitet sich aus dem generellen Verwertungsgebot des KrW-/AbfG ab, obwohl die dort festgelegte Rangfolge von Vermeiden, Verwerten und Beseitigen auf Bio- und Grünabfälle nicht direkt übertragen werden kann: Organische Abfälle gehören zu den erneuerbaren Ressourcen und damit nicht zu denjenigen Ressourcen, die durch eine Nutzung unwiederbringlich verloren gehen und die den Hintergrund für die Idee der Kreislaufwirtschaft bilden. Mit dem Verwertungsgebot für organische Abfälle wird die Verwertung zum eigenständigen Ziel (s. Kap. 3.2).

Organische Abfälle bilden aber mit ca. 30-50 Gew.-% den Hauptteil des Hausmülls. Es muß daher das Ziel sein, die Volumina dieser Abfälle vor einer Ablagerung zu verringern, um den benötigten Deponieraum gering zu halten, und diese Abfälle so zu behandeln, daß z.B. Gasbildung und Setzungen in der Deponie auf Dauer vermieden werden.
Einen möglichen Behandlungsweg stellt die biologische Verwertung zur Erzeugung von Kompost (und evtl. Biogas) dar (s. Kap.5.2), die jedoch eine Getrenntsammlung der Bio- und Grünabfälle voraussetzt, um einen qualitativ hochwertigen und vermarktbaren Kompost zu erhalten (s. Kap. 3.2). Die Behandlungskosten hängen stark vom benötigten Verfahrensaufwand ab – Grünabfall ist verfahrenstechnisch einfacher zu kompostieren als Bioabfall (s. Kap. 5.2).
Ein anderer Behandlungsweg ist die Verbrennung des Bioabfalls zusammen mit dem Restabfall, was keine getrennte Sammlung von Bioabfällen erfordern würde und die bei der Getrenntsammlung verstärkt auftretenden Geruchs- und Hygieneprobleme vermeidet. Dabei würde in Verbrennungsanlagen, die auch der Energiegewinnung dienen, gleichzeitig der Energieinhalt dieser Abfälle verwertet (s. Kap. 3.2).

In der Praxis setzt die Politik praktisch ausschließlich auf die Getrenntsammlung und Kompostierung von Bioabfall, obwohl gerade dieser Weg im bundesweiten Vergleich zu deutlich höheren einwohnerspezifischen Gesamtkosten für die Abfallentsorgung führt und auf die Entsorgung von Bioabfall ca. 10 % der kommunalen Entsorgungskosten entfallen (s. Tabelle 4.3-2 in Kap. 4.3). Außerdem stellt die Bioabfallsammlung einen erheblichen Eingriff in die Privatsphäre der Haushalte dar, da sie auch ästhetische und hygienische Aspekte berührt und zu einer Belastung mit Gerüchen, Mikroorganismen und evtl. Ungeziefer führt.

Vor diesem Hintergrund und auch im Interesse der Kostenbelastung der Bürger sollte die Forderung nach Getrenntsammlung von Bioabfällen fallen gelassen und durch die Forderung nach kostenoptimaler Sammlung und Beseitigung von Bio- und Grünabfällen ersetzt werden. Zu einem derartigen Ergebnis kam auch der Rechnungshof von Berlin, der empfahl „die Sammlung von Bioabfällen grundlegend zu überprüfen und dabei auch nach anderen Lösungen zu suchen, wie die abfallwirtschaftlichen Vorgaben wirtschaftlicher umgesetzt werden können“ (s. Kap. 3.2). Dies stünde durchaus im Einklang mit dem Landesabfallgesetz von Baden-Württemberg, das in § 2 fordert, „Bio- und Grünabfälle, ... getrennt von anderen Abfällen einzusammeln, zu befördern und einer Verwertung zuzuführen, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist“. Allerdings müßte die Beurteilung der wirtschaftliche Zumutbarkeit nicht nur die Interessen der Entsorger, sondern auch die der Haushalte einbeziehen, die sonst über ihre Gebühren die wirtschaftliche Zumutbarkeit für den Entsorger sicherzustellen gezwungen sind.

Ein gangbarer Weg könnte es z.B. sein, die mit geringem Aufwand kompostierbaren Grünabfälle im bisherigen Sinne getrennt zu erfassen und zu verwerten und die Bioabfälle, die eine aufwendigere Behandlung erfordern, im Restabfall zu belassen und zu verbrennen. Bei einer derartigen Vorgehensweise könnten die Kosten für die Bürger reduziert werden, wobei die an nichterneuerbaren Ressourcen orientierten Ziele der Kreislaufwirtschaft nicht berührt würden und eine umweltschonende Beseitigung sichergestellt wäre.

(4) Die Aufgaben privater Entsorger sollten erweitert werden, um durch mehr Konkurrenz geringere Kosten für die Bürger zu erreichen.

Die Möglichkeit, Abfälle zur Verwertung im gewerblichen Bereich privatwirtschaftlich verwerten zu können (s. Kap. 2.1), führte zum Aufbau einer eigenständigen Verwertungswirtschaft und ist eine wesentliche Ursache für den Rückgang der Abfallmengen, die den öffentlich-rechtlichen Entsorgern zur Beseitigung überlassen werden müssen (s. Kap. 1). Außerdem führten die Rücknahmeverpflichtungen zum Aufbau spezieller, privatwirtschaftlich organisierter Sammelsysteme und Entsorgungsstrukturen. Damit werden auch immer mehr Abfälle aus Haushalten in private Entsorgungspfade umgeleitet, obwohl die privaten Haushalte im Prinzip zur Überlassung ihrer Abfälle an die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger verpflichtet sind. Hinzu kommt das DSD, das etwa 50 % der im Hausmüll enthaltenen Wertstoffe (Verpackungen) erfaßt, die ebenfalls den öffentlichen Entsorgern nicht mehr angedient werden (s. Kap. 3.3). Bei der Entsorgung von Haushaltsabfällen – zum Teil auch bei Gewerbeabfällen – wirken heute sowohl private als auch öffentliche Organisationen nebeneinander und konkurrieren teilweise um dieselben Abfälle.

Die Kommunen versuchen daher zunehmend, einerseits ihre Zuständigkeiten über ordnungspolitische oder administrative Maßnahmen abzusichern (s. Kap. 5.1), und andererseits, ihre Überkapazitäten an Behandlungsanlagen durch Teilnahme am Wettbewerb um Entsorgungsdienstleistungen auszulasten, was in Teilbereichen zu einem erstaunlichen Preisverfall geführt hat (s. Kap. 5.1). Diese Teilnahme kommunaler Unternehmen am Wettbewerb stößt seitens der privaten Entsorger auf heftige Kritik, da sie ihre Chancengleichheit nicht gewahrt sehen. Für die Kostenbelastung der Bürger ist von Interesse, daß die Entsorger mit öffentlich-rechtlicher Organisationsform tendenziell höhere einwohnerspezifische Abfallentsorgungskosten aufweisen als privat organisierte Entsorger (s. Kap. 4.3).

Vor diesem Hintergrund wäre es zweckmäßig, das gegenwärtig eher administrativ gesteuerte Nebeneinander unterschiedlicher Entsorgungssysteme für Haushaltsabfälle durch ein konsequent marktwirtschaftlich gesteuertes System zu ersetzen. Dazu wäre es erforderlich, die Aufgabe der öffentlich-rechtlichen Entsorger auf die umweltpolitisch wichtige Aufgabe der Abfallbeseitigung (Deponierung) zu reduzieren und den Komplex Abfallsammlung, Abfallverwertung und Abfallbehandlung für private Entsorger zu öffnen. Die Bürger unterlägen dann zwar weiterhin einer Überlassungspflicht, könnten den Entsorger aber nach ihren Präferenzen wählen.

Das DSD als zweites flächendeckendes Entsorgungssystem könnte unter derartigen Rahmenbedingungen erweiterte Aufgaben z.B. eines generellen Wertstoffsammelsystems übernehmen. Dabei wäre es erforderlich, die Verpackungsverordnung zu ändern und vor allem die dort angelegte Überbürokratisierung der Abfallerfassung über Verwertungsquoten und deren Überwachung fallen zu lassen und konsequent auf marktwirtschaftliche Mechanismen zu setzen. Heute erfüllt das DSD zwar die ihm zugedachte Aufgabe, ist jedoch für die Abfallwirtschaft aufgrund seiner Beschränkung auf Verpackungen und auf den Haushaltsbereich von insgesamt eher begrenzter Bedeutung (s. Kap. 3.3).

Bei einer derartigen Umstrukturierung der Abfallerfassung, würden die zentralen Ziele der Kreislaufwirtschaft nicht berührt, wenn die Anforderungen an die Beseitigung beibehalten werden und energetische und stoffliche Verwertung als gleichrangig angesehen werden (s. unten).

(5) Für die Abfallverwertung sollten stoffliche und energetische Verwertung gleichrangig zugelassen sein, um fragwürdige und für die Bürger teure stoffliche Verwertungen zu verhindern.

Die Abfallverwertung stellt das zentrale Element einer Kreislaufwirtschaft dar, sie verringert den Ressourceneinsatz und die Menge der abzulagernden Abfälle. Das KrW-/

AbfG läßt sowohl die stoffliche Verwertung, d.h. die Substitution von Rohstoffen durch das Gewinnen von Stoffen aus Abfällen (sekundäre Rohstoffe) oder die Nutzung der werkstofflichen Eigenschaften der Abfälle, als auch die energetische Verwertung, d.h. den Einsatz von Abfällen als Ersatzbrennstoff, gleichrangig erscheinen (s. Kap. 5). Allerdings wird eine stoffliche Verwertung präferiert, was zum einen in der Quotenregelung der Verpackungsverordnung und zum anderen in den einschränkenden Bedingungen für eine energetische Verwertung von Abfällen zum Ausdruck kommt (s. Kap. 5.3).

Eine derartige Einschränkung ist aber wenig einsichtig, da unser Wirtschaftssystem in erheblichem Umfang auf den Einsatz von Energieträgern als Rohstoffe angewiesen und die Schonung der Energieressourcen mindestens ebenso wichtig ist, wie die der stofflichen Ressourcen. Energetische wie stoffliche Verwertung tragen daher in gleicher Weise zu den Zielen des KrW-/AbfG bei.

Das Gebot der stofflichen Verwertung gilt für alle Stoffe, die sich für eine rohstoffliche oder werkstoffliche Verwertung eignen. Bei anorganischen Stoffen wie Glas und Metallen stellt die stoffliche Verwertung den zweckmäßigen Verwertungsweg dar. Ebenso läßt sich Papier/Pappe mehrfach im Kreislauf führen und damit stofflich verwerten (s. Kap. 5.2), allerdings endet nach etwa sieben Umläufen die Kreislauffähigkeit mit der energetischen Verwertung der Reststoffe (s. Kap. 4.2).

Ein prinzipielles Problem stellt die stoffliche Verwertung von Kunststoffen dar. Sie hängt entscheidend von der erreichbaren Sortenreinheit bei Sammlung und Sortierung ab. Die in Produktion und Verarbeitung sortenrein anfallenden Kunststoffabfälle lassen sich zweckmäßig stofflich wiederverwerten und daraus lassen sich auch mit dem Primärprodukt vergleichbare Recyclingprodukte herstellen. Hier sollten die noch vorhandenen ungenutzten Verwertungspotentiale verstärkt genutzt werden.

Die vom DSD erfaßten Kunststoffabfälle (Kunststoffverpackungen) aus Haushalten (1995 ca. 37 % der insgesamt eingesammelten Kunststoffabfälle) stellen dagegen ein verunreinigtes Gemisch von Werkstoffen unterschiedlichster Größe dar. Auch durch Sortierung lassen sich daraus in der Regel nur Werkstoffe gewinnen, die im Vergleich zum Ausgangsprodukt teuerer und häufig minderwertiger sind. Fast 60 % der Kunststoffverpackungen werden inzwischen als Mischkunststoffe rohstofflich verwertet. Dabei sind die rohstoffliche und die energetische Nutzung so eng miteinander verwoben (z.B. Einsatz in Hochöfen), daß die Zuordnung zum Verwertungspfad (energetisch oder rohstofflich) ohnehin nicht eindeutig möglich ist, oder sie führen zu Produkten, die Erdöl substituieren (z.B. Synthesegas-, Syntheseöl-, Paraffinerzeugung). Erdöl wird aber ganz überwiegend energetisch genutzt, so daß die rohstoffliche Verwertung von Kunststoffen, die aus Erdöl gewonnen werden und nur einen sehr kleinen Teil des Erdölverbrauchs darstellen, keinen nennenswerten Beitrag zur Ressourcenschonung liefert (s. Kap. 5.2 und 5.3).

Damit ist der Vorrang einer stofflichen Verwertung von Kunststoffabfällen, wie er z.B. von der Verpackungsverordnung vorgeschrieben wird (s. Kap. 3.3), problematisch. Die rohstoffliche Verwertung ist in der Regel nicht nur mit einer teilweisen energetischen Nutzung verbunden, sondern weist auch insgesamt keinen wesentlichen ökologischen Vorteil gegenüber der energetischen Verwertung auf (s. Kap. 5.2); sie ist mit dieser weitgehend gleichwertig, wenn die beim Verbrennen erzeugte Energie und dabei insbesondere die Wärme vermarktet werden kann. Dabei ist die energetische Nutzung wesentlich kostengünstiger – auch dann, wenn die Kunststoffabfälle erst zu einem geeigneten standardisierten Ersatzbrennstoff aufbereitet werden müssen (s. Kap. 5.3).

Würde man die werkstofflich besser verwertbaren großen Hohlkörper und Folien aus Kunststoff getrennt erfassen und die restlichen Kunststoffabfälle im Restabfall belassen und mit diesem verbrennen (s. oben), so wäre ein hochwertiges werkstoffliches Recycling mit einem vertretbaren Kosten-Nutzen-Verhältnis auch ohne Quotenregelung möglich. Im Hinblick auf die mit dem KrW-/AbfG angestrebte Ressourcenschonung sollten daher energetische und stoffliche Verwertung gleichwertig zugelassen werden, so daß im Interesse der Bürger der jeweils kostenoptimale Entsorgungsweg gewählt werden kann.

Hinsichtlich der Umweltschutzziele des KrW-/AbfG stellen allerdings die unterschiedlichen Emissionsstandards der konkurrierenden Verwertungspfade und die möglichen Schadstoffeinträge in Produkte ein Problem dar (s. Kap. 5.3). Da die unterschiedlichen Emissionsanforderungen zu unterschiedlich hohen Investitionen für die Rauchgasreinigung führen, unterscheiden sich die verschiedenen Verwertungspfade in ihren Abfallbehandlungskosten und -preisen. Tendenziell werden Entsorgungspflichtige immer den preiswertesten Weg zur energetischen Verwertung suchen und daher unter derzeitigen Auswahlbedingungen Anlagen vermeiden, die der 17. BImSchV unterliegen und damit zwar die höchsten Umweltschutzanforderungen erfüllen, aber gerade deswegen auch die höchsten Behandlungskosten aufweisen.

Der derzeit verfolgte Weg, eine einheitliche Bewertung von Abfällen für den Einsatz als Ersatzbrennstoffe über Richtwerten auf der Basis von Regelbrennstoffen zu erreichen, muß als fragwürdig angesehen werden, da er tendenziell zu immer höherem Überwachungsaufwand und noch stärkerer Bürokratisierung der Abfallentsorgung führt. Vorzuziehen wäre hier eine Lösung, wie sie im Umweltgutachten 1998 und 2000 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen vorgeschlagen wird, nämlich die erlaubten Emissionen der unterschiedlichen Anlagen – durch geeignete Veränderung der geltenden Vorschriften – auf ein unter Umweltgesichtspunkten vergleichbares Niveau zu bringen, ohne jedoch einer Schadstoffanreicherung in Produkten Vorschub zu leisten. Dabei gilt auch heute schon, daß die Mitverbrennung von Abfällen in Industriefeuerungen nicht immer unter schlechterem Emissionsniveau stattfinden muß (s. Kap. 5.3).

Auch wenn heute die unterschiedlichen Verwertungspfade noch zu verschiedenen Umweltwirkungen führen, sollte dennoch auf die Unterscheidung zwischen energetischer und stofflicher verzichtet werden, zumal wichtige Schritte zur Angleichung der Emissionsgrenzwerte z.B. durch die in Vorbereitung befindliche EU-Verbrennungsrichtlinie eingeleitet sind.

(6) Siedlungsabfälle sollten in geeigneten Verwertungsanlagen – auch Müllverbrennungsanlagen – generell energetisch verwertet werden können, um die Kostenbelastungen der Haushalte zu verringern.

Die energetische Verwertung von Abfällen umfaßt deren Nutzung als Brennstoff oder Mittel zur Energieerzeugung und läßt Kraftwerke oder andere Industriefeuerungen als Verwertungsanlagen zu (s. Kap. 5.3). Der Einsatz von Abfällen zur energetischen Verwertung in Industriefeuerungen erstreckt sich – bis auf Klärschlämme – praktisch ausnahmslos auf hochkalorische Produktions- und Gewerbeabfälle (z.T. auch Sonderabfälle), die in der Regel für eine stoffliche Verwertung nicht in Frage kommen, die den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern nicht angedient werden müssen und von den Abfallerzeugern als handelbares Gut selbst entsorgt werden können. Hausmüll ist von der energetischen Verwertung aufgrund der geltenden Regelungen bislang weitgehend ausgeschlossen (s. Kap. 5.3).

Die Abgrenzung der energetisch verwertbaren Abfälle über ihren Heizwert legt es nahe, nach Wegen zu suchen, um Hausmüll so zu behandeln, daß er die Heizwertanforderung für eine energetische Verwertung erfüllt. Ein Beispiel für einen derartigen Weg ist das sogenannte Trockenstabilatverfahren (s. Kap. 5.3). Dieses letztlich nur rechtlich auf § 6 KrW-/AbfG begründete Verfahren macht die Problematik der im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz festgelegten Trennung von stofflicher und energetischer Verwertung besonders deutlich.

Vor allem die Heizwertgrenze für die energetische Verwertung erweist sich als fragwürdig, wenn es über eine geeignete Vorbehandlung möglich ist, auch Siedlungsabfälle über diese Grenze zu heben und damit energetisch zu verwerten. Da auch Energieträger eine wichtige und zu schonende Ressource darstellen, sollte es zulässig sein, den Energiegehalt von Siedlungsabfällen generell energetisch zu verwerten. Der Heizwert muß dann nicht vorgeschrieben werden, er würde sich allein an den technischen Bedingungen der jeweiligen Verbrennungsanlagen orientieren. Als Voraussetzung für die Zulassung der Anlagen zur energetischen Verwertung von Abfällen müßte jedoch eine Angleichung der unterschiedlichen Emissionsgrenzwerte erfolgen sowie eine Anreicherung von Schadstoffen in Produkten sicher ausgeschlossen werden können (s. oben).

Die energetische Verwertung erstreckt sich zudem nur auf brennbare Stoffe im Abfall, vor allem organische Bestandteile, die nicht direkt stofflich wiederverwertet werden

können, und auf Kunststoffe, die aus solchen Rohstoffen gewonnen werden, die sonst überwiegend als Energieträger verwendet werden. Auch die energetische Verwertung von Siedlungsabfall entspricht daher den Zielen des KrW-/AbfG, wenn stoffliche oder energetische Verwertung als gleichwertig angesehen und eine möglichst umfangreiche Verwertung und umweltschonende Beseitigung der Abfälle erreicht werden soll. Eine generelle Zulässigkeit der energetischen Verwertung von Siedlungsabfällen eröffnet den Entsorgern neue Wege und kann helfen die Kosten für die Haushalte zu verringern.

Die energetische Verwertung ist nach dem KrW-/AbfG nur in Anlagen möglich, die primär der Energieerzeugung dienen; Müllverbrennungsanlagen, die primär der Abfallbehandlung zur Abfallbeseitigung dienen, sind danach für die energetische Verwertung auch dann nicht zugelassen, wenn sie auch Energie (z.B. Wärme) erzeugen (s. Kap. 5.3). Diese Unterscheidung von Anlagen nach ihrem primären Zweck ist im Hinblick auf die Ziele des KrW-/AbfG unsinnig. Außerdem fordert die TA Siedlungsabfall für die thermische Abfallbehandlung ausdrücklich, die im Abfall enthaltene Energie nach Möglichkeit zu nutzen. Alle geeigneten Anlagen, die den Energiegehalt von Abfällen nutzen, sollten daher für die energetische Verwertung zugelassen sein. Die derzeit bestehende Trennung ist aufgrund der inzwischen ergangenen Urteile auf Dauer wahrscheinlich ohnehin nicht aufrecht zu erhalten (s. Kap. 5.3).

Da Müllverbrennungsanlagen, die auch Wärme oder Strom erzeugen, unter Umweltschutzgesichtspunkten derzeit ohnehin den anderen Verbrennungsanlagen bei der Abfallverbrennung vorzuziehen sind, sollte die Unterscheidung von Anlagen nach ihrem primären Zweck fallen gelassen und die energetische Verwertung von Siedlungsabfällen in solchen Müllverbrennungsanlagen generell zugelassen werden. Durch bessere Auslastung dieser Anlagen, z.B. durch gebietsübergreifende Kooperationen und Verbundlösungen, können die Kosten auch für die Haushalte gesenkt werden.

(7) Die Errichtung neuer Abfallbehandlungs- und Abfallbeseitigungsanlagen muß unter Berücksichtigung der gesamten Kosten für Behandlung und Deponierung erfolgen, um die Kostenbelastung der Bürger möglichst gering zu halten.

Die in der TA Siedlungsabfall vorgegebenen Kriterien für die Deponierung von Abfällen lassen sich derzeit nur mit Hilfe einer thermischen Behandlung erfüllen. Die Befürworter einer mechanisch-biologischen Abfallbehandlung schlagen daher vor, die Zuordnungskriterien so abzuändern, daß die mechanisch-biologische Abfallbehandlung als gleichwertiges Behandlungsverfahren zugelassen werden kann (s. Kap. 6.1).

Eine Gleichwertigkeit von thermischer Behandlung (s. Kap. 6.2.1) und mechanisch-biologischer Behandlung (s. Kap. 6.2.2) ist jedoch nur zu erreichen, wenn die Anforderungen an die Deponierung (s. Kap. 6.3) die Eigenschaften der Reststoffe aus der Be-

handlung berücksichtigt. Bei gleichem Umweltschutzniveau liegen dann die Anforderungen an Aufbau und Nachsorge für Deponien für Reststoffe aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung deutlich höher als die für Deponien der Reststoffe aus der thermischen Behandlung.

Insgesamt ist heute davon auszugehen, daß sich die Gesamtkosten für Behandlung und Deponierung bei vergleichbarem Umweltschutzniveau für thermische Behandlung und mechanisch-biologische Behandlung praktisch nicht unterscheiden, und daß so die häufig vertretene Ansicht, durch den Einsatz der mechanisch-biologischen Behandlung entstünden den Kommunen geringere Kosten, nicht mehr aufrechterhalten werden kann (s. Kap.6.1). Um so wichtiger ist es, bei der Neuplanung von Abfallentsorgungsanlagen die Gesamtkosten für Behandlung und Deponierung sorgfältig abzuschätzen, um zu Lösungen mit möglichst geringen Kosten für die Bürger – aber ohne Abstriche bei der Sicherheit – zu gelangen.

(8) Die regional stark unterschiedlichen Müllgebühren erfordern zusätzliche Maßnahmen, um ein vergleichbares Gebührenniveau zu erreichen.

Aufgrund der Anforderungen des KrW-/AbfG und der geschätzten Entwicklung des Abfallaufkommens wurden in der Vergangenheit zahlreiche thermische Behandlungsanlagen und Deponien errichtet, die heute nicht mehr ausgelastet sind bzw. ausgelastet werden können. Eine wesentliche Ursache liegt im Rückgang der Abfälle aus dem gewerblichen Bereich, die den öffentlichen Entsorgern nicht mehr angedient werden müssen, wenn sie verwertet werden können (s. Kap. 4.2).

Grundlage für die Umlenkung der Abfallströme bildet die im KrW-/AbfG festgelegte Unterscheidung zwischen Abfällen zur Verwertung und Abfällen zur Beseitigung (s. Kap. 5). Da das KrW-/AbfG u.a. nicht vorschreibt, welcher Anteil bei einem Abfall zur Verwertung tatsächlich verwertbar sein muß, kann Abfall zur Verwertung eigenverantwortlich in einem weiten Bereich frei definiert werden und unterliegt dann nicht der Überlassungspflicht.

Um einen höheren Abfallanteil in die öffentliche Entsorgung zu lenken, wird derzeit versucht, über die zweckmäßige Präzisierung der Definition der verschiedenen Abfallarten und die entsprechende Ausgestaltung entsprechender Verordnungen die Menge der Abfälle zur Verwertung – entgegen der Intention des KrW-/AbfG – einzuschränken. Unter Berücksichtigung jüngster Gerichtsurteile ist jedoch erkennbar, daß eine zu restriktive Einschränkung der Verwertungsmöglichkeiten von Abfällen keine großen Erfolgsaussichten hat. Der Weg, durch administrativ erzwungene höhere Auslastung der Entsorgungsanlagen die wirtschaftliche Situation der Anlagenbetreiber zu verbessern, kann daher kaum erfolgreich sein (s. Kap. 5.1).

Die schwierige Abgrenzung der Abfälle zur Verwertung von Abfällen zur Beseitigung und die komplizierten Regelungen über Andienungspflichten oder Sammel- und Verwertungsquoten waren für den Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) ein Anlaß, in seinem Umweltgutachten 1998 zu empfehlen, statt vieler Einzelregelungen verstärkt auf marktwirtschaftliche Lösungen zu setzen, wobei die Unterscheidung von Verwertung und Beseitigung überhaupt entfallen könnte (s. Kap. 5.1).

Es muß also nach anderen Wegen gesucht werden, um die große Spreizung der Müllgebühren für die Bürger (s. Kap. 4.3) zu verkleinern. Für bestehende Anlagen, die nicht ausgelastet werden können, könnte ein interkommunaler Finanzausgleich angestrebt werden, und neue Anlagen sollten von Beginn an in Kooperation mehrerer entsorgungspflichtiger Körperschaften geplant und betrieben werden. Dabei wäre vor allem auch zu fordern, daß für die Entscheidungen der entsorgungspflichtigen Körperschaften die Gesamtkosten von Abfallbehandlung und Abfallbeseitigung (s. Kap. 6.1) zugrunde gelegt werden müssen, die letztlich auch für die Müllgebühren entscheidend sind.

1 Abfälle und Abfallbeseitigung in der öffentlichen Diskussion

Bis Anfang der 70er Jahre war die Hausmüllentsorgung Angelegenheit der Kommunen und die Beseitigung der sonstigen Abfälle (aus Gewerbe, Industrie etc.) dem Besitzer überlassen, der lediglich einige Vorgaben des Wasser-, Immissionsschutz- und Baurechts zu beachten hatte [1]. In dieser Zeit stieg durch die sprunghaft angewachsenen Müllmengen auch die Zahl der Müllverbrennungsanlagen (s. Tabelle 1–1) deutlich an. Zugleich entstand eine unüberschaubare Anzahl sogenannter Müllkippen. Durch die unkontrollierten Ablagerungen entwickelte sich eine schleichende Gefahr für Grundwasser und Boden, die sich dann allmählich in Umweltschäden abzeichnete.

Tabelle 1–1: Entwicklung des Abfallaufkommens und der Abfallbeseitigung in Deutschland (Stand 1993) [2] – bis 1987 alte, ab 1990 alte und neue Bundesländer

Jahr	Abfallaufkommen in [1000 t/a]		Anzahl der Anlagen zur öffentlichen Abfallbeseitigung		
	Siedlungsabfälle [1)]	Hausmüll [2)]	Hausmülldeponien [3)]	MVA [4)]	Kompostierung
1965 [1]	k. A.	k. A.	k. A.	7	k. A.
1970 [1]	k. A.	k. A.	k. A.	24	k. A.
1972 [3]	k. A.	k. A.	> 50.000	30	16
1975	58.722	31.012	4.415 [5]	33	k. A.
1977	64.377	28.914	1.355	39	17
1980	83.638	32.616	530	42	16
1982	81.060	29.688	439	43	15
1984	86.093	29.604	386	46	28
1987	99.534	31.288	332	48	60
1990	144.489	33.807	2.622 [5)]	49	231
1993	110.522	24.728	546 [5)]	52	358

[1)] sämtliche an Anlagen der öffentlichen Abfallbeseitigung angelieferte Abfälle (Siedlungsabfall, Bauschutt, Bodenaushub, Klärschlamm, feste produktionsspezifische Abfälle aus Industrie/Gewerbe, Schlämme u.a.)

[2)] an Anlagen der öffentlichen Abfallbeseitigung angelieferter Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbemüll, Sperrmüll, Straßenkehricht und Marktabfälle

[3)] Deponien für Hausmüll, hausmüllähnlichen Gewerbemüll und Sperrmüll (ab 1977 nach [4])

[4)] nur Hausmüllverbrennungsanlagen nach [1] bzw. [5] (ab 1987 incl. einer Pyrolyseanlage für Hausmüll)

[5)] davon 290 Deponien (1993: 269) in den alten Bundesländern und 2332 Deponien einschließlich ungeordneter Ablagerungen (1993: 291) in den neuen Bundesländern nach [6]

1972 waren ca. 50.000 Müllkippen, 130 geordnete Deponien, 30 Müllverbrennungsanlagen und 16 Kompostwerke in Betrieb, die schätzungsweise 9-18 Mio. t Hausmüll bewältigen mußten [3]. Verläßliche Zahlen fehlen, da bis dahin keine offizielle Statistik geführt wurde.

Mit der beginnenden breiten Umweltdiskussion Anfang der 70er Jahre wird auch die Abfallbeseitigung zu einem wichtigen politischen Thema. Die möglichen Umweltauswirkungen der verschiedenen Abfallentsorgungsverfahren, wie z.B. Grundwassergefährdung und Gasemissionen durch Deponien, Schadgasemissionen aus der Müllverbrennung oder die Schwermetallbelastung von Komposten und Klärschlämmen, waren inzwischen bekannt. Ein vordringliches politisches Ziel war es so, die Schließung der vielen kleinen Müllkippen zu erreichen und ein leistungsfähiges, geordnetes Entsorgungs- und Abfallbeseitigungssystem einzuführen, das zudem die Umweltauswirkungen durch die Abfallbeseitigung verringert. Gleichzeit wird auch verstärkt die Wiederverwertung von Abfallstoffen thematisiert. So werden mit Beginn der 70er Jahre Altglas und Altpapier wieder in größerem Umfang getrennt erfaßt.

Um die gewünschten Verbesserungen bei der Abfallbeseitigung zu erreichen, war es erforderlich, einen geeigneten gesetzlichen Rahmen zu schaffen.
Die Einfügung des Artikels 74 Nr. 24 in das Grundgesetz[1] [7] am 15. April 1972 schuf die Voraussetzung, Bundesgesetze zur Abfallbeseitigung, Luftreinhaltung und zur Lärmbekämpfung zu erlassen. Bereits am 11. Juni 1972 wurde die Behandlung von Abfällen mit dem „Gesetz über die Beseitigung von Abfällen (Abfallbeseitigungsgesetz – AbfG)“ [8] geregelt. Vor dem Hintergrund der Umweltdiskussion wird das Abfallgesetz in der Folge überarbeitet [9], wobei mit der Neufassung – dem „Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen“ von 1986 – die Abfallvermeidung und Abfallverwertung als vorrangige Ziele eingeführt werden. Im Sinne des Vorsorgeprinzips soll damit erreicht werden, daß die Abfallmengen, die endgültig abgelagert bzw. beseitigt werden müssen, reduziert und sowohl die benötigten Deponievolumina als auch die Umweltwirkungen, die durch die Beseitigung entstehen, verringert werden. Das hiermit festgelegte Verwertungsgebot zielte in erster Linie auf die getrennte Erfassung verwertbarer Bestandteile aus dem Hausmüll (z.B. Glas, Papier, Metalle, Bioabfälle) und aus Gewerbe- und Produktionsabfällen, da sich mit recycelten Werkstoffen aus gemischt erfaßtem Hausmüll nur ungenügende Produktqualitäten verwirklichen ließen [3].

Mit der Umsetzung des AbfG wurde das angestrebte Ziel einer geordneten Abfallentsorgung im wesentlichen erreicht: die Zahl der Hausmülldeponien verringerte sich und die Zahl der Müllverbrennungsanlagen und Kompostierungsanlagen stieg seit Anfang der 70er Jahre an (s. Tabelle 1–1). Eine Verringerung der Abfallmengen trat aber nicht

[1] heute: Art. 74 Abs. 1 Nr. 24 GG

ein. Das Aufkommen an Siedlungsabfällen nahm weiterhin zu (s. Tabelle 1–1), so daß Anfang der 90er Jahre befürchtet wurde, daß die notwendigen Abfallbeseitigungsanlagen (Deponien und Müllverbrennungsanlagen) nicht in ausreichendem Umfang würden geschaffen werden können. Es erschien daher erforderlich, Maßnahmen zu ergreifen, um die zu beseitigenden Abfallmengen zu verringern (z.B. VerpackVO [10]).

Diesem Ziel dient das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG)[2] [11] und die darauf aufbauenden Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften (s. Tabelle 1–2). Mit dem KrW-/AbfG wird der Umweltschutz als wesentliches Kriterium der Abfallentsorgung wie im vorausgegangenen Abfallbeseitigungsgesetz zwar beibehalten, aber um das Ziel der Ressourcenschonung erweitert. Die schon im AbfG enthaltene Rangordnung für den Umgang mit Abfällen (§ 4)

Vermeidung vor Verwertung und Verwertung vor Beseitigung

rückt jetzt die Idee einer Kreislaufwirtschaft in den Vordergrund, in der

- die Konsumenten bevorzugt abfall- und schadstoffarme Produkte erwerben,
- Abfälle z.B. durch abfallarme Produktgestaltung oder innerbetriebliche Kreislaufführung von Stoffen nach Möglichkeit vermieden werden und
- Wertstoffe (oder auch Energie) aus den entstehenden Abfällen weitgehend zurückgewonnen und in den Produktionsprozeß zurückgeführt und damit verwertet werden.
- Nur die nicht verwertbaren Bestandteile im verbleibenden Abfall sind schließlich umweltgerecht zu beseitigen.

Die Verringerung der Abfallmengen zur Reduzierung der benötigten Deponievolumina und der Umweltwirkungen aus der Abfallbeseitigung bleiben weiterhin wichtig; die umweltgerechte Behandlung von Abfällen, die im AbfG im Vordergrund stand, wird aber um das Ziel der Reduktion von Stoffströmen erweitert, das den Ressourcenverbrauch verringern und zu einer nachhaltigen Entwicklung beitragen soll. Verringerter Ressourcenverbrauch führt zu einer absoluten Vermeidung von Abfällen und so in der Folge auch zur Reduzierung der Abfallmengen und der Probleme ihrer Beseitigung.

Um eine möglichst weitgehende Verwertung von Abfällen zu erreichen, werden mit dem KrW-/AbfG die Anforderungen an die getrennte Erfassung der unterschiedlichen Abfallarten erhöht und damit auch die Aufgaben, die den Haushalten bzw. den Bürgern zugewiesen werden, ausgeweitet. Außerdem wird mit dem KrW-/AbfG das Verursacherprinzip konsequenter umgesetzt. Da Industrie und Gewerbe als Güterproduzenten

[2] in Kraft getreten am 7. Oktober 1996

große Einflußmöglichkeiten auf die Gestaltung der Produkte haben, weist das KrW-/AbfG denjenigen, die Erzeugnisse entwickeln, herstellen, bearbeiten, verarbeiten oder vertreiben eine sehr weitgehende Verantwortung sowohl für die Entsorgung bzw. Verwertung der eigenen Abfälle als auch für die Entsorgung der Produkte nach deren Nutzung durch die Konsumenten zu.

Tabelle 1–2: Auf dem KrW-/AbfG aufbauende Verordnungen und Verwaltungsvorschriften (untergesetzliches Regelwerk)

Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) → **Ermächtigungen**	**Verordnungen** →	**Allgemeine Verwaltungsvorschriften**
zu §§ 4 bis 9 Vermeidung, stoffliche und energetische Verwertung	Bioabfallverordnung **(BioAbfV)** Klärschlammverordnung **(AbfKlärV)** etc.	
zu §§ 10 bis 18 Anforderungen an die Abfallbeseitigung, Überlassungspflichten, Beauftragung Dritter		2. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum AbfG (**TA Abfall**) 3. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum AbfG **(TA Siedlungsabfall)** etc.
zu §§ 19 bis 21 Abfallwirtschaftskonzepte, Abfallbilanzen	Abfallwirtschaftskonzept- und -bilanzverordnung **(AbfKoBiV)** etc.	
zu §§ 22 bis 26 Produktverantwortung	Altauto-Verordnung **(AltautoV)** Altölverordnung (**AltölV**) (Novellierung als Altöl/Schmierstoffverordnung geplant) Batterieverordnung **(BattV)** Verpackungsverordnung **(VerpackVO)** FCKW-Halon-Verbots-Verordnung Elektronikschrott-Verordnung (IT-Geräte-Verordnung geplant) etc.	

Mit dieser Zuweisung der Verantwortung für Entsorgung und Verwertung an Industrie und Gewerbe ist – anders als im vorausgegangenen Abfallgesetz – auch die Beseitigung von Siedlungsabfällen nun nicht mehr allein eine Aufgabe der öffentlichen Hand; neben die öffentlichen Entsorger treten zusätzlich private Entsorger, die neue Entsorgungs- bzw. Verwertungswege erschließen.

Die auf dem KrW-/AbfG aufbauenden Verordnungen führten so zum Aufbau von Systemen zur getrennten Erfassung verwertbarer Bestandteile der häuslichen und gewerblichen Abfälle und vor allem im gewerblichen Bereich zu umfangreichen Anstrengungen zur Abfallverwertung [12]. Aus der Abfallbehandlung und Abfallbeseitigung entwickelt sich mit der Umsetzung des KrW-/AbfG eine Abfallwirtschaft, in der private und öffentlich-rechtliche Entsorger nebeneinander und teilweise konkurrierend operieren.

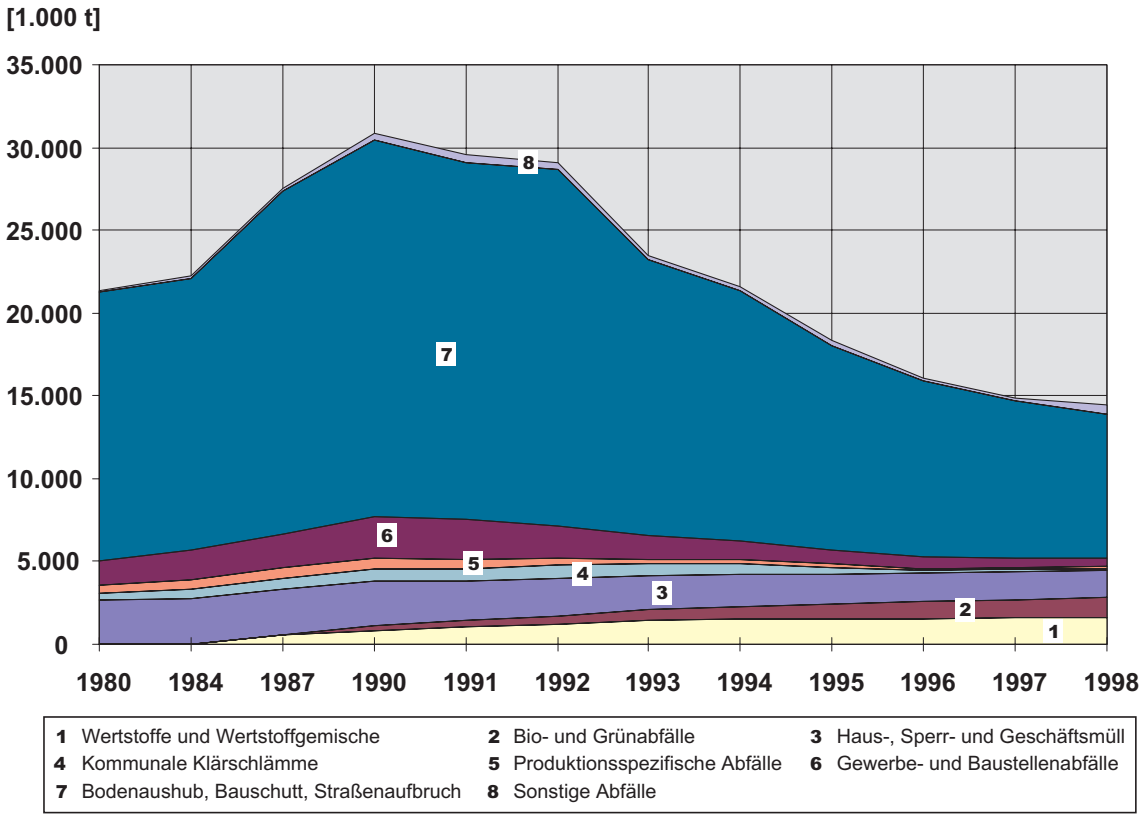

Abb. 1–1: Entwicklung des kommunalen Abfallaufkommens (einschl. DSD) in Baden-Württemberg (1980 bis 1998) nach [13] – Tabelle A–1

Mit dem Wirksamwerden dieser Maßnahmen gehen – dem Ziel des KrW-/AbfG durchaus entsprechend – die Abfallmengen, die den öffentlich-rechtlichen Abfallentsorgern überlassen werden, zurück. Dies gilt auch für Baden-Württemberg. Während die kommunalen Abfallmengen bzw. die Siedlungsabfälle wie im bundesweiten Trend bis zum

Jahr 1990 [13] stetig zunahmen (s. Abb. 1–1), bewirken die mit der Diskussion um eine Novellierung des Abfallgesetzes zu Beginn der 90er Jahre verstärkt einsetzenden Anstrengungen zur Vermeidung bzw. Verwertung von Abfällen, daß sich die kommunalen Abfallmengen in Baden-Württemberg seit dieser Zeit deutlich verringern.

Diese eigentlich erwünschte und angestrebte Entwicklung führte zu Konsequenzen, die in dieser Form nicht vorausgesehen worden waren. Während bis Anfang der 90er Jahre vor dem Hintergrund wachsender Müllmengen noch von einem „Entsorgungsnotstand" die Rede war, ist heute – nach dem Inkrafttreten des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes – ein „Kampf um Müll" entbrannt [14].
Insbesondere bei den Massenabfällen Bodenaushub, Bauschutt und Straßenaufbruch ist der stärkste Mengenrückgang zu verzeichnen (s. Abb. 1–2). Besonders problematisch für die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger ist jedoch der Rückgang der andienungspflichtigen Gewerbe- und Baustellenabfälle, da diese Mengen für die Auslastung der vorhandenen Hausmülldeponien bzw. Müllverbrennungsanlagen fehlen.

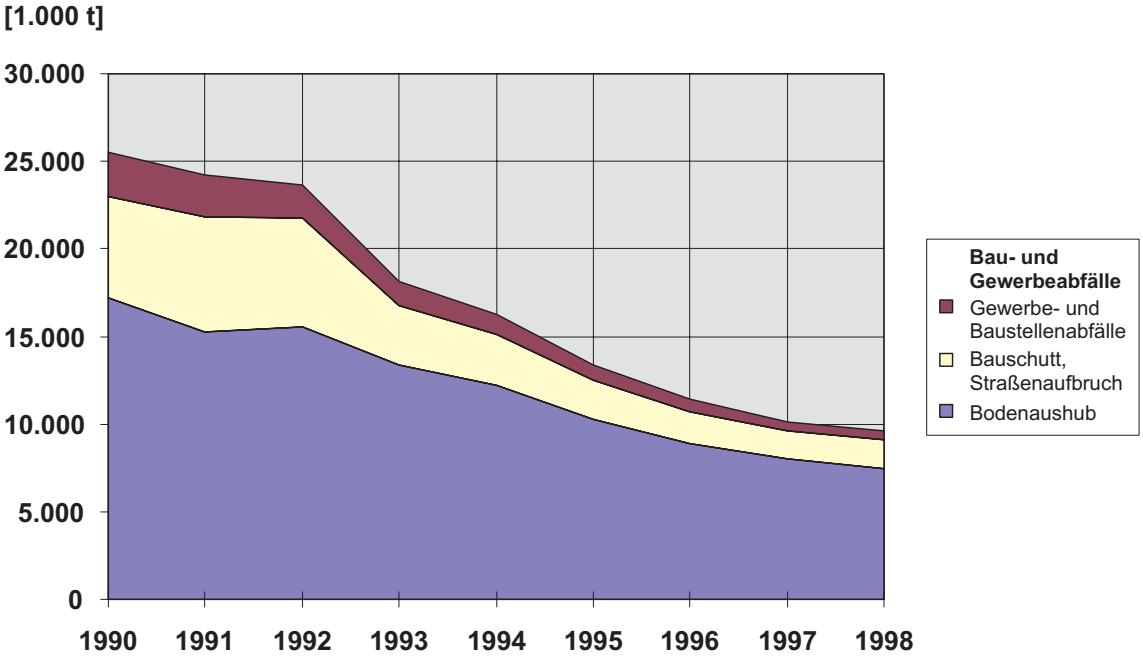

Abb. 1–2: Öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassene Bau- und Gewerbeabfälle in Baden-Württemberg nach [13]

Dadurch kam ein Prozeß in Gang, bei dem die Entsorger versuchen, kostendeckende Einnahmen durch erhöhte Gebühren für die Abfallbeseitigung zu erreichen, um die sinkenden Abfallmengen zu kompensieren. Dies wiederum veranlaßt private Entsorger verstärkt nach kostengünstigen Entsorgungswegen zu suchen und Abfälle vorrangig zu verwerten.

So stiegen beispielsweise im Landkreis Böblingen, im Rems-Murr-Kreis und in Stuttgart die Gebühren für Gewerbe- und Baustellenabfälle von 1990 bis 1995 deutlich an, während die Abfallmengen – bezogen auf die Zahl der Beschäftigten – gleichzeitig abnahmen (s. Abb. 1–3 und Tabelle A–2 im Anhang). In Böblingen wurde z.B. im Jahr 1992 die Gebühr für die Beseitigung von Gewerbe- und Baustellenabfällen von 110 DM/t auf 315 DM/t durch die Bildung von Rücklagen für die Deponienachsorge (Sickerwasserbehandlung, Oberflächenabdichtung) erhöht [15]. Dies setzte einen eigendynamischen Prozeß in Gang, der durch sinkende Mengen weiter steigende Gebühren verursachte und erst 1995 abgefangen werden konnte. Ein vergleichbarer Trend ist auch in Stuttgart und im Rems-Murr-Kreis zu beobachten, wobei die Schwelle für das Einsetzen dieses Prozesses bei Gebühren oberhalb von 300 DM pro Tonne Abfall zu liegen scheint.

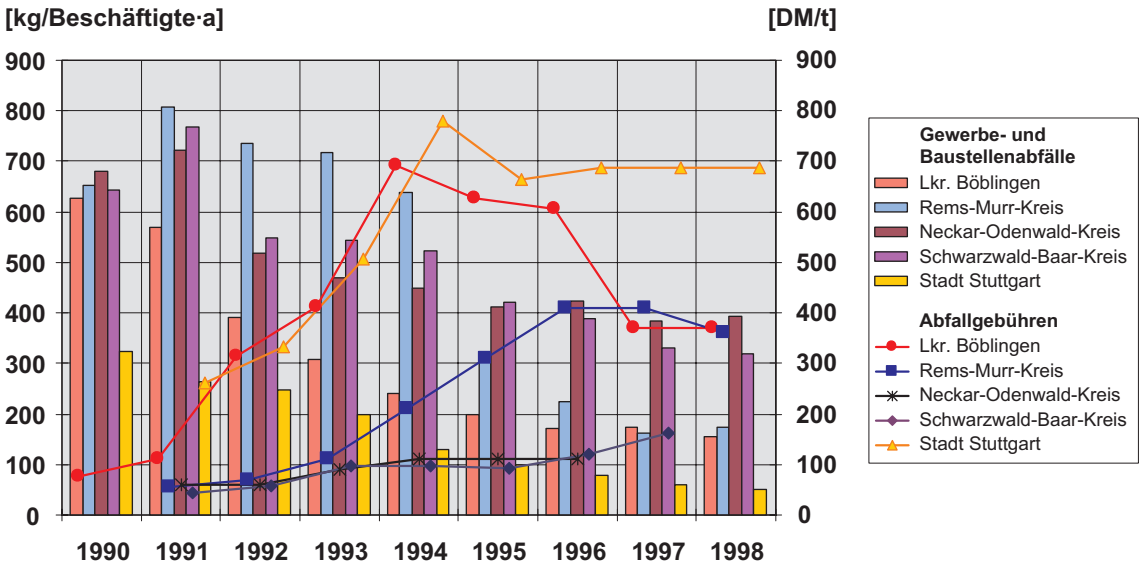

Abb. 1–3: Mengen- und Gebührenentwicklung für Gewerbe- und Baustellenabfälle ausgewählter Stadt- und Landkreise nach [15] – Tabelle A–2

Vergleicht man das Aufkommen an Gewerbe- und Baustellenabfällen je Beschäftigte im Jahr 1998 in Baden-Württemberg (Landesdurchschnitt 146 kg), ergibt sich nicht nur eine Schwankungsbreite zwischen 45 kg im Landkreis Ravensburg und 393 kg im Neckar-Odenwald-Kreis, sondern es kann auch festgestellt werden, daß die eher weniger industriedichten Landkreise Neckar-Odenwald, Schwarzwald-Baar oder Lörrach mit die höchsten Werte aufweisen, was sicherlich auf die dort besonders niedrigen Deponiepreise zurückzuführen ist. Ähnliche Ergebnisse liefert der Ländervergleich: So lag das absolute Niveau im Bundesland Thüringen, das mit besonders günstigen Deponiepreisen (von nach DDR-Bergrecht genehmigten Altdeponien) aufwarten kann, im Jahr 1996 beinahe dreifach höher als in Baden-Württemberg [16].

Der Rückgang der Abfallmengen im gewerblichen Bereich wird sich in Zukunft weiter fortsetzen und von der Politik auch aktiv unterstützt werden. Für die Beseitigung von gewerblichen Abfällen geht das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (UVM) davon aus, daß den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern von diesen Abfällen in Zukunft nur noch relativ geringe Mengen verbleiben (s. Tabelle 1–3).

Tabelle 1–3: Abfallmengenprognose[3] Baden-Württemberg für Abfälle aus Produktion und Gewerbe bis zum Jahr 2008 [17] – Tabelle A–3

Jahr	Einwohner	Abfallmengen [1] in kg pro Einwohner und Jahr						
	in 1000 E	Gewerbe-abfälle [2]	Baustellen-abfälle	Rück-stände [3]	Wert-stoffe	Boden-aushub [4]	Bau-schutt	Straßen-aufbruch
1994	10.248	90	23	12	15	1.186	246	37
1995	10.295	70	15	12	13	986	188	27
1996	10.344	53	11	10	9	854	152	25
1997	10.393	45	8	11	6	764	132	15
1998	10.408	44	8	11	6	675	139	20
2005-2008	10.674	28	19	13	9	562	117	23

[1] Öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassene Abfälle aus Produktion und Bautätigkeit
[2] hausmüllähnliche Gewerbeabfälle
[3] Rückstände aus Sortieranlagen
[4] nicht verunreinigter Bodenaushub

Eine ähnliche Entwicklung wird auch bei den Haushaltsabfällen angestrebt. So erwartet das UVM vor dem Hintergrund der bereits ergriffenen bzw. noch vorgesehenen Maßnahmen für den Zeitraum bis 2005 – trotz weiterem Bevölkerungszuwachs – einen leichten Rückgang der Siedlungsabfälle – beim Hausmüll von 1995 bis 2005 um ca. ein Drittel, bei den hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen um ca. zwei Drittel – bei gleichzeitiger Zunahme der erfaßten Bioabfall- und Wertstoffmenge (s. Tabelle 1–4).

Die zur Abfallentsorgung bzw. -beseitigung verpflichteten Körperschaften, die hohe Investitionen in Abfallentsorgungsanlagen und -strukturen getätigt haben, sehen sich so auch künftig einer Entwicklung gegenüber, bei der einerseits die Abfallmengen, die den öffentlich-rechtlichen Entsorgern zur Beseitigung angedient werden, weiter sinken werden und so die Einnahmen aus der Abfallentsorgung zurückgehen, und andererseits die Kapital- und Betriebskosten aus den getätigten Investitionen in Abfallbeseitigungsanla-

[3] In dieser Prognose wird die Abfallmenge im Zeitraum von 2005 bis 2008 als konstant angenommen.

gen weiterhin getragen werden müssen und aus den erhöhten Anforderungen an die Abfallbeseitigung bzw. Getrenntsammlung von Wertstoffen neue Kosten entstehen.

Tabelle 1–4: Abfallmengenprognose[4] Baden-Württemberg für Abfälle aus Haushaltungen bis zum Jahr 2008 nach [17] – Tabelle A–3

Jahr	Einwohner	Summe [1)]	davon in kg pro Einwohner und Jahr			
	in 1000 E	in kg/E·a	Hausmüll	Sperrmüll	Bioabfall	Wertstoffe
1994	10.248	334	166	23	17	128
1995	10.295	331	154	19	26	132
1996	10.344	335	147	20	34	134
1997	10.393	340	143	20	35	142
1998	10.408	339	134	20	38	147
2005-2008	10.674	330	100	20	50	160

[1)] Summe der den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassenen Siedlungsabfällen aus Haushalten (einschl. der über das DSD erfaßten Mengen)

So wird auch künftig die Tendenz bestehen, diese Kosten über erhöhte Gebühren – auch an die Haushalte – weiterzugegeben. Bereits bisher hat dies – auch infolge der Umsetzung der TA Siedlungsabfall – dazu geführt, daß die Abfallgebühren für die Bürger stark angestiegen sind.

Von 1990 bis 1998 stiegen so z.B. im Rems-Murr-Kreis die Müllgebühren für einen Zweipersonenhaushalt (mit 35 l Restmülltonne bei wöchentlicher Leerung) um etwa das Dreifache an, obwohl gleichzeitig die Haus- und Sperrmüllmenge – zugunsten der separat erfaßten Wertstoffe – um ca. ein Drittel abnahm (s. Abb. 1–4). Seit 1998 ist außerdem die früher zweimal im Jahr kostenlose Sperrmüllabholung auf Abruf nur noch gegen Gebühr möglich. [5]
Der Rems-Murr-Kreis deponiert bislang seine zu beseitigenden Abfälle. Er hat mit der Stadt Stuttgart einen Kooperationsvertrag abgeschlossen, der ab dem Jahr 2005 die Abnahme von 45.000-70.000 t Restabfall zur thermischen Behandlung garantiert [17]. Die Abfallgebühren im Rems-Murr-Kreis setzen sich aus einer Grundgebühr und einem mengenbezogenen Tarif zusammen.

[4] In dieser Prognose wird die Abfallmenge im Zeitraum von 2005 bis 2008 als konstant angenommen.

[5] Die in Abb. 1–4 dargestellten Müllgebühren zeigen ab 1994 auch die Kosten für eine 4-köpfige Modellfamilie mit 50 l Restmülltonne (wöchentliche Leerung, ohne separate Bioabfallsammlung), die ebenfalls kontinuierlich ansteigen; für 1998 sind die Gebühren für eine Sperrmüllabholung im Jahr eingerechnet.

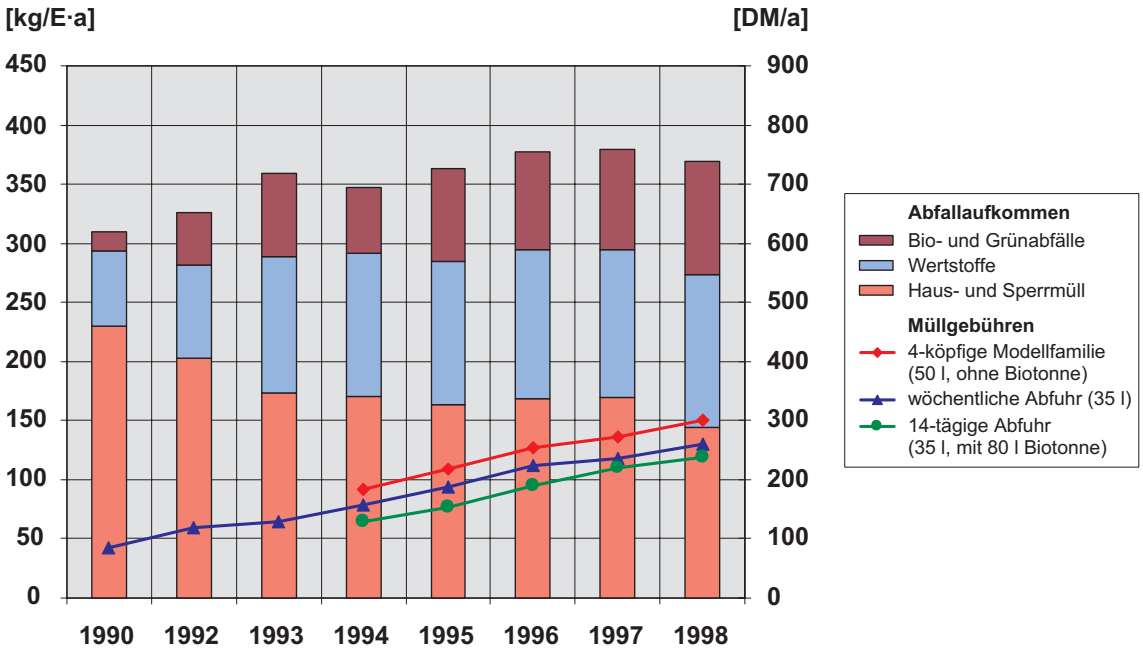

Abb. 1–4: Entwicklung der Müllgebühren und der Getrenntsammlung von Abfällen aus Haushalten im Rems-Murr-Kreis – Tabelle A–4

Ähnlich, aber im Detail etwas anders, sieht es bei der Stadt Stuttgart aus, die schon frühzeitig die Weichen für eine thermische Abfallbehandlung gestellt hat. Hier stiegen durch die rein mengenorientierte Ausgestaltung der Abfallgebühren die Kosten für eine wöchentliche Leerung der Restmülltonne (120 l) so steil an, daß die Haushalte ab 1993 gezwungen waren auf eine 14-tägige Leerung (evtl. mit separater Bioabfallsammlung[6]) auszuweichen um die Kosten – auf einem bereits hohen Niveau – einigermaßen konstant zu halten (s. Abb. 1–5).
Durch die Einführung der separaten und kostenpflichtigen Bioabfallsammlung im Jahr 1996 sind – zumindest in den Haushalten, die keine Eigenkompostierung durchführen können – die Müllgebühren der 4-köpfigen Modellfamilie nochmals leicht angestiegen. Für die turnusmäßige Sperrmüllabfuhr wird in Stuttgart keine zusätzliche Gebühr erhoben.

Beide Beispiele zeigen noch eine weitere generelle Tendenz auf: mit der Einführung des KrW-/AbfG geht die Menge der gesamten Abfälle aus Haushalten nicht zurück. Im Rems-Murr-Kreis ist die Summe an Abfällen aus Haushalten in den Jahren von 1990 bis 1998 von 310 kg/E·a auf 369 kg/E·a (um ca. 20 %) angestiegen. In Stuttgart nahm die Haus- und Sperrmüllmenge von 1990 bis 1998 – zugunsten der separat erfaßten Wert-

[6] Seit 1996 wird in Stuttgart die Bioabfallsammlung flächendeckend (auf freiwilliger Basis) eingeführt (1998 war ca. 70 % des Stadtgebietes erfaßt). Im Jahr 2000 soll das ganze Stadtgebiet (unter Beteiligung von ca. 60 % der Haushalte) angeschlossen sein.

stoffe – leicht um ca. 13 % ab, während die Summe der Abfälle aus Haushalten ebenfalls von 386 kg/E·a auf 426 kg/E·a (um ca. 10 %) anstieg.

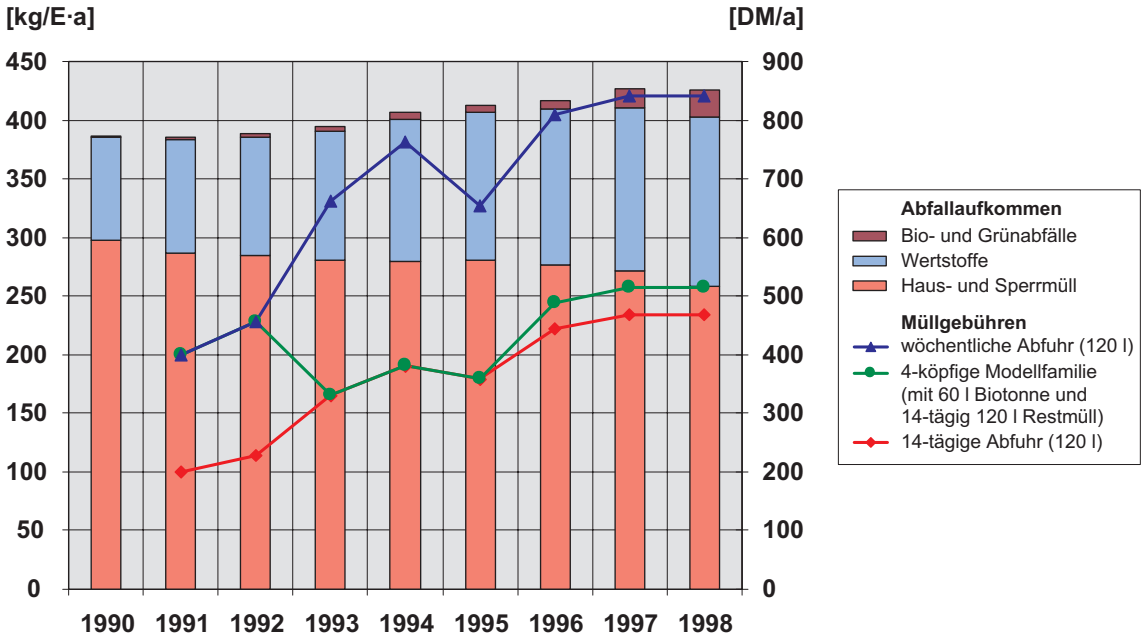

Abb. 1–5: Entwicklung der Müllgebühren und des Abfallaufkommens aus Haushalten in Stuttgart – Tabelle A–5

Mit der konsequenten Umsetzung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes und der TA Siedlungsabfall entsprechend der heutigen Praxis werden die Abfallentsorgungskosten (insbesondere durch die Restabfall- und Bioabfallbehandlung) weiter ansteigen und sich im Zuge der Angleichung der Entsorgungsstandards auf ein – zumindest in Baden-Württemberg – mehr oder weniger gleich hohes Niveau einpendeln.

Somit sind es vor allem die erhöhten Kosten der Kommunen und Kreise für die Abfallbeseitigung und die darin begründeten wachsenden Müllgebühren für Privathaushalte und Gewerbe, die die Abfallwirtschaft in ihrer jetzigen Form zu einem politisch relevanten Thema machen. Dabei ist es sicher gerechtfertigt, die Kosten für die Abfallbeseitigung den Abfallverursachern – Haushalten und Gewerbe – anzulasten, allerdings nur in einem solchen Umfang, wie dies unumgänglich erforderlich ist.

Neben den finanziellen Auswirkungen werden aber auch zunehmend die Belastungen problematisiert, die den Bürgern aus den ständig erweiterten Anforderungen zum Abtrennen und Getrenntsammeln von Wertstoffen erwachsen. Hinzu kommt, daß einzelne Regelungen, die im Hinblick auf Ressourcenschonung und Kreislaufführung von Wertstoffen getroffen wurden, in Verbindung mit den daraus entstandenen neuen „Märkten“

und der weiterlaufenden öffentlichen Umweltschutzdiskussion über die geeigneten Formen einer Abfallbeseitigung zu fragwürdigen und in Einzelfällen auch wenig sinnvollen Abfallverwertungspfaden geführt haben.

1.1 Literaturverzeichnis zu Kapitel 1

[1] Barniske, L.; Gleis, M.; Hoffmann, G.; Johnke, B.; Schoembs, H.: Thermische Behandlung von Abfällen. In: Birn, H.; Jung, G. (Hrsg.): Abfallbeseitigungsrecht für die betriebliche Praxis. Teil 18/4. WEKA Fachverlag für technische Führungskräfte GmbH, Augsburg. Stand Juli 1995

[2] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Statistische Jahrbücher 1980, 1985, 1987, 1988, 1989, 1992, 1995, 1996. Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart

[3] Bilitewski, B.; Härdtle, G.; Marek, K.: Abfallwirtschaft. 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 1994

[4] Umweltbundesamt (Hrsg.): Jahresbericht 1994. UBA, Berlin 1995

[5] Umweltbundesamt (Hrsg.): Daten zur Umwelt 1984, 1986/87, 1988/89, 1990/91 und 1992/93. Erich Schmidt Verlag, Berlin

[6] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Umweltschutz Fachserie 19, Reihe 1.1 – Öffentliche Abfallbeseitigung (1975, 1977, 1980, 1982, 1984, 1987, 1990 und 1993). Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart

[7] Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland vom 23. Mai 1949 (BGBl. I. S. 1), zuletzt geändert am 16. Juli 1998 (BGBl. I S. 1822)

[8] Gesetz über die Beseitigung von Abfällen (Abfallbeseitigungsgesetz – AbfG) vom 7. Juni 1972 (BGBl. I, S. 873)

[9] Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (Abfallgesetz – AbfG) vom 27. August 1986 (BGBl. I S. 1410, 1501), zuletzt geändert durch Gesetz vom 30. September 1994 (BGBl. I S. 2771)

[10] Verordnung über die Vermeidung von Verpackungsabfällen (Verpackungsverordnung – VerpackVO) vom 12. Juni 1991 (BGBl. I S. 1234), geändert durch Verordnung vom 26. Oktober 1993 (BGBl. I S. 1782)

[11] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG) vom 27. September 1994 (BGBl. I S. 2705), zuletzt geändert am 25. August 1998 (BGBl. I S. 2455)

[12] Seidel, C.: Die öffentliche Abfallwirtschaft 1996 – Mengenrückgang hält unvermindert an. Baden-Württemberg in Wort und Zahl **45** (1997) Nr. 11, S. 507-512

[13] Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): Kommunales Abfallaufkommen in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs 1996 – Kreisergebnisse. Statistische Berichte Baden-Württemberg, Umwelt Q II 1 - j/96 (3) vom 28. Oktober 1997

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): Die öffentliche Abfallwirtschaft 1995. Statistik von Baden-Württemberg, Band 515, Stuttgart 1996

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): Kommunales Abfallaufkommen in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs 1993 – Kreisergebnisse. Statistische Berichte Baden-Württemberg, Umwelt Q II 1 - j/93 (1) vom 15. Dezember 1994

[14] Potthast, W.: Die Abgrenzung von Abfällen zur Verwertung und Abfällen zur Beseitigung. Umwelt **28** (1998) Nr. 11/12, S. 22-23

[15] Eisenmann, W.: Verwertung von Gewerbeabfällen und gebührenrechtliche Folgen. In: Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg und Forschungs- und Entwicklungsinstitut für Industrie- und Siedlungswasserwirtschaft sowie Abfallwirtschaft (FEI) e.V. (Hrsg.): Verantwor-

tungsvolle Abfallwirtschaft bei sich ändernden Rahmenbedingungen. Abfalltage Baden-Württemberg 1999 und 76. Abfalltechnisches Kolloquium der Universität Stuttgart am 22./23. September 1999 in Stuttgart

[16] Lahl, U.: Gewerbeabfälle in Baden-Württemberg und Scheinverwertung. In: Forschungs- und Entwicklungsinstitut für Industrie- und Siedlungswasserwirtschaft sowie Abfallwirtschaft (FEI) e.V. (Hrsg.): Berichte aus der Praxis der Abfallwirtschaft. 75. Abfalltechnisches Kolloquium der Universität Stuttgart am 25. März 1999 in Stuttgart, Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft Nr. 71, Erich Schmidt Verlag, Bielefeld 1999

[17] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Abfallwirtschaftplan für Baden-Württemberg – Teilplan Siedlungsabfälle. UVM, Stuttgart, Dezember 1998

2 Abfall und Abfallvermeidung

Abfälle sind aus der Perspektive eines Endverbrauchers alle Stoffe, die er nicht mehr verwenden kann oder will und die entsorgt werden können bzw. beseitigt werden müssen. Aus übergeordneter Sicht enthalten diese Abfälle aber vielfach noch nutzbare Stoffe, sie stellen je nach Art ein unterschiedlich hohes Gefährdungspotential für die Umwelt dar und ihre Menge ist – vor allem durch die modernen Konsumgewohnheiten – kontinuierlich angestiegen. Ein Ziel der Abfallpolitik – erstmals festgelegt im Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (AbfG) von 1986 [1] – mußte es daher sein, die Menge der abzulagernden Abfälle und die damit verbundenen Umweltauswirkungen durch eine möglichst umfangreiche Verwertung der noch nutzbaren Abfallbestandteile zu verringern. Abfallvermeidung hatte hier vor allem die Bedeutung von „Vermeidung durch Verwertung“, und das möglichst am Entstehungsort.

Mit dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW/ AbfG)[1] [2] gewinnt Abfallvermeidung zusätzlich die erweiterte Bedeutung einer „absoluten Vermeidung“ von Abfällen, die aus einer Verringerung des Ressourceneinsatzes und der Reduktion von Stoffströmen und Stoffumsätzen resultiert. Im Hinblick auf eine angestrebte nachhaltige Entwicklung steht dabei die Schonung der nicht-erneuerbaren Ressourcen im Mittelpunkt, die nur begrenzt vorhanden sind und durch eine Nutzung unwiederbringlich verloren gehen.

Abfallvermeidung im Sinne des KrW-/AbfG umfaßt damit sowohl die Verwertung eines möglichst hohen Anteils der im Abfall noch enthaltenen nutzbaren Stoffe als auch die Veränderung von Produktionsweisen und Lebensstilen.

2.1 Abfälle im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz

Als Abfall werden nach § 3 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes bewegliche Sachen bezeichnet, derer sich der Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen

[1] Das KrW-/AbfG setzt gleichzeitig EU-rechtliche Vorgaben, z.B. für einen einheitlichen Abfallbegriff, für den grenzüberschreitenden Transport gefährlicher Abfälle und für die Kontrolle von Abfallströmen, in nationales Recht um.

muß.[2] Eine Sache wird entweder durch eine Willensentscheidung ihres Besitzers oder aber aufgrund einer objektiven rechtlichen Vorgabe zu Abfall:

- Der Entledigungswille ist nach dem Gesetz zu unterstellen, wenn bei einer Handlung bewegliche Sachen anfallen, die nicht dem Zweck dieser Handlung dienen, oder wenn die ursprüngliche Zweckbestimmung fortfällt und kein neuer Verwendungszweck unmittelbar an deren Stelle tritt. Für die Beurteilung der Zweckbestimmung ist die Auffassung des Abfallbesitzers zugrunde zu legen, die allerdings dem Korrektiv der allgemeinen Verkehrsanschauung unterliegt.
- Ein Entledigenmüssen ist dann anzunehmen, wenn eine Sache nicht mehr ihrer Zweckbestimmung entsprechend verwendet wird, aufgrund ihres konkreten Zustandes zur gegenwärtigen und künftigen Umweltgefährdung geeignet ist und ihr Gefährdungspotential nur durch eine ordnungsgemäße und schadlose Verwertung oder gemeinwohlverträgliche Beseitigung ausgeschlossen werden kann.

Im Hinblick auf die Verwertung von Reststoffen ist diese Festlegung problematisch. In Produktionsprozessen können Rückstände anfallen, die für den spezifischen Prozeß nicht mehr verwendet werden und daher eigentlich Abfälle darstellen, die aber z.B. in anderen Prozessen eingesetzt werden können oder einen Wert haben. Diese Stoffe haben Produkteigenschaften, obwohl sie keine Produkte im engeren Sinne sind, d.h. nicht als Produkt zweckgerichtet hergestellt wurden [4].

Zur Abgrenzung ***verwertbaren Abfalls*** von ***Produkten*** hat sich die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) [5] hier darauf verständigt, daß solche Neben-, Co- oder Koppelprodukte wie Produkte behandelt werden können, die unmittelbar und ohne schädliche Umwelteinwirkungen, d.h. ohne weitere Behandlung im Sinne eines Verwertungsverfahrens nach Anhang II B des KrW-/AbfG (s. Tabelle 2.1–1), als Produkt bzw. Ware oder Rohstoff vermarktet werden können. Aber auch diese Abgrenzung zwischen Produkt und Abfall ist nicht eindeutig, da sie einerseits nicht ohne einen Rückgriff auf die allgemeine Verkehrsanschauung auskommt, und andererseits die im Anhang II B des KrW-/AbfG aufgezählten Verwertungsverfahren interpretationsoffen[3] sind und unklar bleibt, ob die Aufzählung abschließend ist oder nicht.

---

[2] Der Abfallbegriff entspricht formell dem europäischen Abfallbegriff entsprechend der EG-Richtlinie über Abfälle [3], die Abfälle bestimmten Gruppen zuordnet. Diese Gruppen sind in Anhang I in das KrW-/ AbfG übernommen, bedeuten aber keine Einschränkung der als Abfall in Betracht kommenden Stoffe.

[3] Das KrW-/AbfG zählt in Anhang II B nur Verwertungsverfahren auf, „die in der Praxis angewandt werden". Daraus ergibt sich, daß der Anhang keinen abschließenden oder zwingenden Charakter hat, sondern lediglich der Konkretisierung der allgemeinen gesetzlichen Definition dient [4].

Tabelle 2.1–1: Beseitigungs- und Verwertungsverfahren nach KrW-/AbfG [2]

Beseitigungsverfahren nach Anhang II A		Verwertungsverfahren nach Anhang II B	
D 1	Ablagerungen in oder auf dem Boden (z.B. Deponien usw.)	R 1	Hauptverwendung als Brennstoff oder andere Mittel der Energieerzeugung
D 2	Behandlung im Boden (z.B. biologischer Abbau von flüssigen oder schlammigen Abfällen im Erdreich usw.)	R 2	Rückgewinnung/Regenerierung von Lösemitteln
D 3	Verpressung (z.B. Verpressung pumpfähiger Abfälle in Bohrlöcher, Salzdome oder natürliche Hohlräume usw.)	R 3	Verwertung/Rückgewinnung organischer Stoffe, die nicht als Lösemittel verwendet werden (einschließlich der Kompostierung und sonstiger biologischer Umwandlungsverfahren)
D 4	Oberflächenaufbringung (z.B. Ableitung flüssiger oder schlammiger Abfälle in Gruben, Teiche oder Lagunen usw.)	R 4	Verwertung/Rückgewinnung von Metallen und Metallverbindungen
D 5	Speziell angelegte Deponien (z.B. Ablagerung in abgedichteten, getrennten Räumen, die gegeneinander und gegen die Umwelt verschlossen und isoliert werden, usw.)	R 5	Verwertung/Rückgewinnung von anderen anorganischen Stoffen
D 6	Einleitung in ein Gewässer mit Ausnahme von Meeren/Ozeanen	R 6	Regenerierung von Säuren und Basen
D 7	Einleitung in Meere/Ozeane einschließlich Einbringung in den Meeresboden	R 7	Wiedergewinnung von Bestandteilen, die der Bekämpfung der Verunreinigungen dienen
D 8	Biologische Behandlung, die nicht an anderer Stelle in diesem Anhang beschrieben ist und durch die Endverbindungen oder Gemische entstehen, die mit einem der in D 1 bis D 12 aufgeführten Verfahren entsorgt werden	R 8	Wiedergewinnung von Katalysatorenbestandteilen
D 9	Chemisch/physikalische Behandlung, die nicht an anderer Stelle in diesem Anhang beschrieben ist und durch die Endverbindungen oder Gemische entstehen, die mit einem der in D 1 bis D 12 aufgeführten Verfahren entsorgt werden (z.B. Verdampfen, Trocknen, Kalzinieren usw.)	R 9	Ölraffination oder andere Wiederverwendungsmöglichkeiten von Öl
D 10	Verbrennung an Land	R 10	Aufbringung auf den Boden zum Nutzen der Landwirtschaft oder der Ökologie
D 11	Verbrennung auf See	R 11	Verwendung von Abfällen, die bei einem der unter R 1 bis R 10 aufgeführten Verfahren gewonnen werden
D 12	Dauerlagerung (z.B. Lagerung von Behältern in einem Bergwerk usw.)	R 12	Austausch von Abfällen, um sie einem der unter R 1 bis R 11 aufgeführten Verfahren zu unterziehen
D 13	Vermengung oder Vermischung vor Anwendung eines der in D 1 bis D 12 aufgeführten Verfahren	R 13	Ansammlung von Abfällen, um sie einem der unter R 1 bis R 12 aufgeführten Verfahren zu unterziehen (ausgenommen zeitweilige Lagerung - bis zum Einsammeln - auf dem Gelände der Entstehung der Abfälle)
D 14	Rekonditionierung vor Anwendung eines der in D 1 bis D 13 aufgeführten Verfahren		
D 15	Lagerung bis zur Anwendung eines der in D 1 bis D 14 aufgeführten Verfahren (ausgenommen zeitweilige Lagerung - bis zum Einsammeln - auf dem Gelände der Entstehung der Abfälle)		

Für die Verringerung der zu beseitigenden Abfallmengen hat die Unterscheidung von *Abfällen zur Verwertung* und *Produkten* keine Bedeutung; die anfallenden nutzbaren Reststoffe werden in jedem Fall verwertet und in den Produktionskreislauf zurückgeführt. Praktisch bedeutet sie lediglich, daß Reststoffe, die ohne weitere Bearbeitungsschritte einen Marktwert haben und an deren Verwertung die Unternehmen aus wirtschaftlichen Gründen interessiert sind, nicht unter die Bestimmungen des KrW-/AbfG fallen. Andererseits ist dieser Versuch zur Abgrenzung von Produkt und verwertbarem Abfall ein Hinweis auf die Probleme, die entstehen, wenn ähnliche technisch-wirtschaftliche Prozesse juristisch unterschieden werden sollen.

Abfälle zur Verwertung können privatwirtschaftlich verwertet werden und die Verwertung mit Verfahren nach Anhang II B des KrW-/AbfG (s. Tabelle 2.1–1) ist europaweit freigestellt. Sie unterliegen keiner Überwachungspflicht (soweit sie nicht als überwachungsbedürftige Abfälle nach BestüVAbfV[4] [6] eingestuft werden) und es gelten vereinfachte Regelungen für den Export außerhalb der EU. Abfallerzeuger in Industrie und Gewerbe können die bei ihnen anfallenden Abfälle eigenverantwortlich verwerten. Abfälle zur Verwertung können einer Andienungs- und Überlassungspflicht an öffentlich-rechtliche Entsorger nur dann unterworfen werden, wenn eine ordnungsgemäße Verwertung nicht gewährleistet ist. Die vor Inkrafttreten des KrW-/AbfG bestehenden Andienungspflichten der Länder für Abfälle zur Verwertung haben weiter Bestand; die Länder können jedoch nicht festlegen, daß die Abfälle der betreffenden Stelle auch körperlich zu übergeben sind (nur Maklerfunktion).

Die Verwertungsmöglichkeit allein begründet allerdings noch keine Verwertungspflicht. Eine Pflicht zur Verwertung besteht nur insoweit, wie dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist und wie für die Abfälle ein Markt zur Verwertung vorhanden ist oder geschaffen werden kann. Dabei müssen die Absatzmöglichkeiten für einen angemessenen Zeitraum gewährleistet sein. Die technische Möglichkeit orientiert sich am Stand der Technik sowie dem Vorhandensein von Verfahren, die zwar noch nicht Stand der Technik sind, deren Verwirklichung aber keine relevanten Gründe entgegenstehen. Wirtschaftlich zumutbar sind Verwertungsverfahren, die nicht außer Verhältnis zu den Kosten einer Abfallbeseitigung stehen. Mit diesen Bestimmungen führt das KrW-/AbfG – zumindest für gewerbliche Entsorger – wirtschaftliche Aspekte in die Abfallentsorgung ein: die Verwertung hat zwar Vorrang[5], ist aber immer auch unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit zu betrachten. Diese Bestimmungen können auch so interpretiert werden, daß der Gesetzgeber bei der Formulierung des Gesetzes die Möglichkeiten für eine Abfallverwertung eher skeptisch beurteilt und die heutige Entwicklung, die zu einer

[4] Bestimmungsverordnung überwachungsbedürftige Abfälle zur Verwertung

[5] Der grundsätzliche Vorrang der Verwertung vor der Beseitigung der Abfälle entfällt, wenn die Beseitigung die umweltverträglichere Lösung darstellt (§ 5 Abs. 5 KrW-/AbfG).

starken Zunahme der Abfallverwertung im gewerblichen Bereich geführt hat, nicht erwartet hat.

Während gewerbliche und öffentliche Abfallerzeuger und -besitzer verwertbare Abfälle eigenverantwortlich (auch über Dritte) verwerten können, sind die privaten Haushalte zur Überlassung ihrer Abfälle an den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger verpflichtet, wenn sie zur Verwertung nicht selbst in der Lage sind oder dieses nicht beabsichtigen.

Die verbleibenden ***Abfälle zur Beseitigung*** sind grundsätzlich überwachungsbedürftig, vorrangig im Inland zu beseitigen und dürfen nur in Anlagen entsorgt werden, die nach BImSchG [7] bzw. KrW-/AbfG genehmigt wurden. Abfälle zur Beseitigung müssen in der Regel den öffentlich-rechtlichen Abfallentsorgern zur weiteren Behandlung mit Verfahren nach Anhang II A des KrW-/AbfG (s. Tabelle 2.1–1) überlassen werden.

Von dieser Überlassungspflicht gibt es jedoch Ausnahmen: industrielle und gewerbliche Abfallerzeuger können Abfälle auch in eigenen – genehmigten - Anlagen beseitigen, es sei denn die Überlassung an öffentlich-rechtliche Entsorger ist im öffentlichen Interesse erforderlich. In die eigenverantwortliche Beseitigung können auch private Dritte eingeschaltet sein. Dazu müssen diesen Dritten die Erzeuger- und Besitzerpflichten aus dem Abfall übertragen werden und der öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger muß dieser Übertragung zustimmen.
Als Nachweis für die ordnungsgemäße Entsorgung in eigenen Anlagen im gewerblichen Bereich dienen Abfallwirtschaftskonzepte und Abfallbilanzen der Abfallerzeuger, die von diesen erstellt werden müssen (§ 19 KrW-/AbfG), wenn bei ihnen jährlich mehr als

- 2 Tonnen (Gesamtmenge) besonders überwachungsbedürftige Abfälle zur Beseitigung und zur Verwertung nach BestbüAbfV[6] [8] oder
- 2.000 Tonnen (je Abfallschlüssel nach EAK/EWC[7] [9]) Abfälle zur Beseitigung bzw. überwachungsbedürftige Abfälle zur Verwertung nach BestüVAbfV [6]

anfallen. Diese Abfallbilanzen werden von den zuständigen Behörden auch zur Bestimmung des Bedarfs an Abfallentsorgungsanlagen im Rahmen ihrer Abfallwirtschaftsplanung ausgewertet (§ 29 KrW-/AbfG).

Abfälle können damit sowohl in privaten als auch in öffentlich-rechtlichen Anlagen beseitigt werden. Trotzdem werden aber die Abfälle überwiegend in öffentlich-rechtlichen Anlagen beseitigt, da die vom KrW-/AbfG beabsichtigte Öffnung der Abfallentsorgung

[6] Bestimmungsverordnung besonders überwachungsbedürftige Abfälle

[7] Europäischer Abfallkatalog/European Waste Catalogue

für private Entsorger auch bei der Abfallbeseitigung maßgeblich von der kommunalen Abfallwirtschaftspolitik beeinflußt bzw. gesteuert werden kann.

Abfälle mit besonders hohem Gefährdungspotential, die in der Regel aus Produktionsprozessen stammen, werden auch als „***Sonderabfälle***“ bezeichnet und durch Verordnung [10] als besonders überwachungsbedürftig eingestuft. Für den Umgang mit diesen Abfällen ist die Technische Anleitung Abfall (TA Abfall) [11] die zentrale Verwaltungsvorschrift. Sie enthält Anforderungen an die Verwertung, Behandlung und Beseitigung von Sonderabfällen nach dem Stand der Technik, an den Bau von Sonderabfalldeponien sowie Zuordnungskriterien für die oberirdische Ablagerung. Der Umgang mit Sonderabfällen wird im folgenden nicht betrachtet.

Neben den Produkten und den Abfällen zur Verwertung, die den öffentlich-rechtlichen Entsorgern nicht mehr angedient werden und damit zur Auslastung der Beseitigungsanlagen fehlen, sind die ***Siedlungsabfälle*** für die Probleme der Abfallwirtschaft und die öffentlich-rechtlichen Abfallentsorger bestimmend. Siedlungsabfälle sind alle im Zusammenhang mit menschlichen Tätigkeiten (Produktion und Nutzung) anfallenden Abfälle, die aufgrund ihres Schadstoffpotentials gesondert zu Erfassen und einer geregelten Entsorgung zuzuführen sind. Sie lassen sich nach ihrer Herkunft einteilen in [12]:

- Abfälle aus privaten Haushalten – Hausmüll (einschließlich Bioabfälle und Wertstoffe), Sperrmüll, Problemstoffe, Gartenabfälle, Fäkalien;
- kommunale Abfälle – Klärschlämme, Grünabfälle, Marktabfälle, Straßenkehricht, Krankenhausabfälle;
- gewerbliche Abfälle – (hausmüllähnliche) Gewerbeabfälle, Geschäftsmüll, Bauabfälle, Produktionsabfälle, Schlämme aus Industrie und Gewerbe.

Für die Behandlung von Siedlungsabfällen ist die Technische Anleitung (TA) Siedlungsabfall [13] die zentrale Verwaltungsvorschrift. Sie regelt im wesentlichen die Zuordnung des Abfalls zu Entsorgungsverfahren und legt Anforderungen an die Errichtung von Deponien, an das Getrennthalten bzw. Getrenntsammeln von Wertstoffen, Bioabfällen, Sperrmüll etc., an die stoffliche Verwertung sowie an die Behandlung und Ablagerung von Siedlungsabfällen nach Stand der Technik fest.

Siedlungsabfälle stellen ein Gemenge an unterschiedlichen Stoffen dar, das im abfallrechtlichen Sinne sowohl Abfälle zur Verwertung als auch Abfälle zur Beseitigung enthält. Aus der entsprechenden Einstufung der Abfälle ergeben sich dann unterschiedliche Rechtsfolgen und Konsequenzen.

Unabhängig von der Einteilung der Abfälle nach dem Entstehungsort werden in der Siedlungsabfallwirtschaft darüber hinaus die Begriffe Wertstoff, Restabfall und Sekundärrückstand verwendet.

- ***Wertstoffe*** sind Abfallbestandteile oder Abfallfraktionen, die zur Wiederverwendung oder als Sekundärrohstoffe für die Herstellung von Zwischen- oder Endprodukten geeignet sind (z.B. Papier/Pappe/Karton, Glas, Metall, Kunststoff etc.).
- ***Restabfälle*** sind die Abfälle, die den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern nach der Abtrennung von Abfällen zur Verwertung (z.B. Wertstoffe, Bio-/Grünabfall) oder nach der getrennten Erfassung von Problemabfällen aus Haushaltungen und Gewerbe zur Beseitigung verbleiben.
- ***Sekundärrückstände*** sind Rückstände aus Sortier- und Kompostierungsanlagen und den Anlagen zur Behandlung von Restabfällen. Sie umfassen u.a. Schlacken, Aschen, Filterstäube und Reaktionsprodukte aus Hausmüllverbrennungsanlagen sowie Schrott aus Kompostierungs- und Hausmüllverbrennungsanlagen.

Mit der Umsetzung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes entwickelt sich so die Abfallentsorgung zu einem komplexen System miteinander zusammenhängender Abfallströme (s. Abb. 2.1–1):

- In Industrie und Gewerbe werden Teilfraktionen des Abfalls als *Produkt* oder als *Abfall zur Verwertung* eigenverantwortlich einer Verwertung zugeführt und als Sekundärrohstoffe in den Produktionsprozeß zurückgeführt oder energetisch genutzt. Bei der Verwertung konkurrieren private mit den öffentlich-rechtlichen Entsorgern.
- Die nicht verwertbaren Abfälle in Industrie und Gewerbe sind zu beseitigen. Die Beseitigung kann in eigenen, genehmigten Beseitigungsanlagen der Abfallerzeuger geschehen, wird überwiegend jedoch von den öffentlich-rechtlichen Abfallentsorgern übernommen.
- Die hausmüllähnlichen Abfälle aus Industrie und Gewerbe, die kommunalen Abfälle und die Haushaltsabfälle werden in der Regel von den öffentlich-rechtlichen Abfallentsorgern gesammelt. Da sie noch verwertbare Bestandteile enthalten und aufgrund ihrer Zusammensetzung nicht für eine unmittelbare Ablagerung geeignet sind, müssen sie vor der endgültigen Beseitigung geeignet behandelt werden.
- Bei der Behandlung werden stofflich verwertbare Bestandteile direkt (durch Sortierung) oder als Sekundärrückstände (aus der thermischen Abfallbehandlung) aus dem Abfallstrom abgetrennt, Rohstoffe für die Energiegewinnung (z.B. Trockenstabilat, Synthesegas) erzeugt oder der Energieinhalt des Abfalls direkt (als Wärme) genutzt.

- Die verbleibenden Rückstände müssen dann auf Deponien oberirdisch oder untertägig endgültig beseitigt werden. Deponien werden von den öffentlich-rechtlichen Abfallentsorgern betrieben.

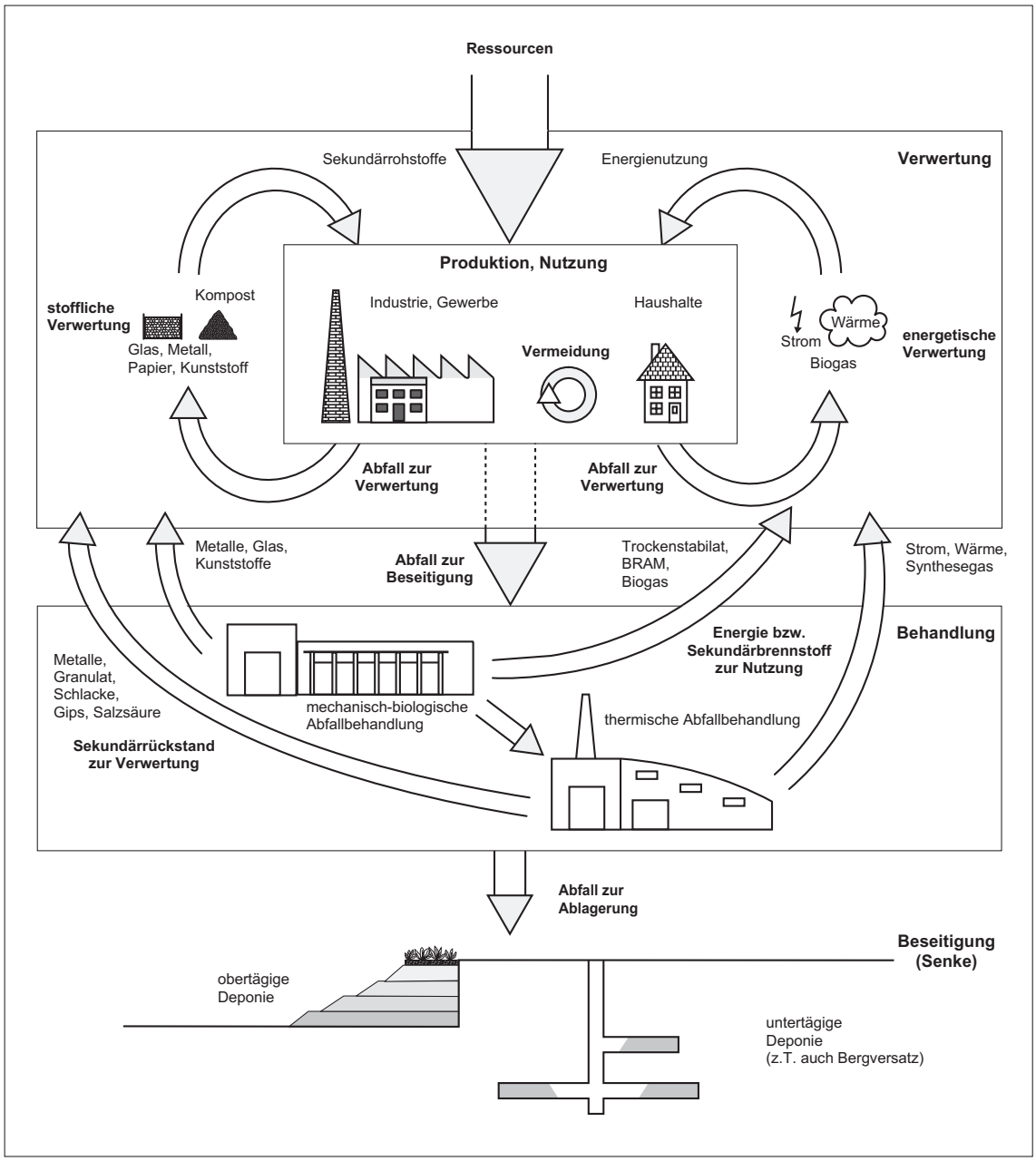

Abb. 2.1–1: Abfallströme in der Kreislaufwirtschaft

Mit dem Vorrang der Verwertung reduziert das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz die Mengen der Abfälle zur Beseitigung und lenkt wachsende Anteile des Abfalls in Verwertungskreisläufe um. Diese Umlenkung von Teilabfallströmen von der Beseiti-

gung in die Verwertung ist dann – neben einem unbestimmbaren Anteil der Abfallvermeidung – auch eine wesentliche Ursache für den Rückgang des kommunalen Abfallaufkommens in Baden-Württemberg (s. Abb. 1–1 in Kapitel 1). Vor allem bei der Entsorgung von Bodenaushub, Bauschutt, Bau- und Gewerbeabfällen werden verstärkt private Entsorger in Anspruch genommen. Die Aussagefähigkeit der Abfallstatistik stößt hier an ihre Grenzen, da die Abfallverwertung nur unvollständig und die Abfallvermeidung per se nicht erfaßt wird.

2.2 Absolute Abfallvermeidung

Um die angestrebte absolute Abfallvermeidung zu erreichen, müssen sowohl geeignete Instrumente gefunden werden, die die Produzenten veranlassen, abfallarm und ressourcenschonend zu produzieren, als auch Maßnahmen getroffen werden, die das Verhalten der Konsumenten so beeinflussen, daß ressourcenschonende Produkte bevorzugt werden oder der Konsum überhaupt eingeschränkt wird. Nach Einschätzung des Abschlußberichts zum Projekt „Abfallvermeidung und Hausmüllentsorgung“ des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) [14] müssen dazu Strukturveränderungen entsprechend dem Leitbild einer abfallarmen Wirtschafts- und Lebensweise angestrebt werden, die über die bisherige klassische Abfallpolitik hinausreichen.

Mit dem Konzept der Kreislaufwirtschaft werden Produktion, Konsum und Abfallentsorgung ganzheitlich betrachtet und die Ziele Vermeiden, Verwerten und umweltgerechtes Beseitigen von Abfall durch parallele Eingriffe auf allen Stufen zu erreichen versucht. Als dafür mögliche Instrumente und Maßnahmen werden im TAB-Bericht zur Abfallvermeidung benannt [14]:

- Ordnungsrechtliche Instrumente – Ge- und Verbote, Auflagen im Rahmen von Genehmigungsverfahren sowie Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften.
- Kooperative Lösungen – Absprachen und freiwillige Vereinbarungen bzw. Selbstverpflichtungen.
- Ökonomische Instrumente – Steuern, Abgaben, Gebühren, Lizenzen, Subventionen.
- Präventive Instrumente – u.a. Rücknahmeverpflichtungen, Produktkennzeichnung, Ökobilanzen/Produktlinienanalyse, Information/Beratung, Langzeitprodukte, Produktdauerverlängerung, Nutzungsintensivierung/Leasing.

Für die Umsetzung der Ziele des KrW-/AbfG sind die zugehörigen Verordnungen und allgemeinen Verwaltungsvorschriften (untergesetzliches Regelwerk, s. Tabelle 1-2 in Kapitel 1), die nachgeordneten Landesabfallgesetze und die jeweiligen Abfallsatzungen der einzelnen Stadt- und Landkreise wichtig, die u.a. konkrete Vorgaben (z.B. Grenzwerte, Maßnahmen) enthalten.

2.2.1 Abfallvermeidung in Produktion und Gewerbe

Eine absolute Vermeidung von Abfällen in strengem Sinne können Abfallerzeuger (Produzenten) realisieren, indem sie den Materialeinsatz und damit den Ressourcenverbrauch in ihren Produkten und Prozessen verringern. Da ein sparsamer Umgang mit Ressourcen zu den Grundprinzipien allen Wirtschaftens gehört, werden Unternehmen in diesem Sinne zur Abfallvermeidung beitragen, sofern die Marktpreise für Roh-, Einsatz- und Hilfsstoffe sowie Vorprodukte ein solches Verhalten nahelegen.

Eine Studie[8] der Industrie- und Handelskammer der Region Stuttgart [16] zum Aufkommen und Verbleib des Gewerbeabfalls in der Region Stuttgart ergab, daß sich von 1990 bis 1998 das Gesamtaufkommen an Gewerbeabfällen zur Beseitigung und Verwertung um 19 % verringert hat. Konjunkturell bereinigt ergibt sich bei den Gewerbeabfällen ein Beitrag von mehr als 20 % zur Abfallvermeidung.
Dazu wurden von den Betrieben u.a. folgende, zur Abfallvermeidung ergriffene Maßnahmen benannt [16]:

- Innerbetriebliche Regenerierung von Gießereialtsanden,
- betriebsinterne Aufbereitung von Angüssen (Spritzgußverfahren) und Wiedereinsatz in der Kunststoffproduktion
- Mehrweg-Transportverpackungen für Großserienprodukte (Kfz-Zulieferer),
- Mehrfachnutzung von Transportverpackungen für den gleichen Zweck oder nach vorherigem Shreddern als Füllmaterial bei der Verpackung.

Die Umfrageergebnisse können jedoch nicht als repräsentativ für Baden-Württemberg angesehen werden, da nur Betriebe aus dem Produktionsbereich der Region Stuttgart befragt wurden und die Beteiligung an der Umfrage auf freiwilliger Basis erfolgte.

[8] basierend auf der Befragung von 44 Unternehmen, in denen 22 % des statistisch erhobenen (hausmüllähnlichen) Gewerbeabfallaufkommens der Region Stuttgart anfallen

Auch kooperative Lösungen wie Absprachen, freiwillige Vereinbarungen oder Selbstverpflichtungen[9] können Mittel sein, um z.B. über langlebige, reparaturfähige und wiederverwertbare Produkte (s. auch [17]) eine produkt- und stofforientierte Abfallvermeidung zu erreichen. Allerdings erweisen sich hier die Überprüfung der Einhaltung der Absprachen bzw. Vereinbarungen und die Zeitdauer der Umsetzung häufig als problematisch.

Aufgrund der ökonomischen Prinzipien, denen Unternehmen zu folgen gezwungen sind, muß vermutet werden, daß das Leitbild der Abfallvermeidung in einer Kreislaufwirtschaft über das wirtschaftlich Sinnvolle hinaus kaum Impulse zu zusätzlicher Ressourceneinsparung gibt. Hinzu kommt, daß gesetzliche Vorgaben zu einer echten Abfallvermeidung in Produktion und Produkten kaum möglich sind. Dementsprechend setzt auch das Ministerium für Umwelt und Verkehr in Baden-Württemberg zur Abfallvermeidung z.B. auf die Einflußnahme auf Produzenten, Handel und Verbraucher im Rahmen von Informations- und Kooperationsmaßnahmen. Damit sollen eine langfristige Verbesserung des Problemverständnisses erreicht und Produzenten und Handel für eine umweltorientierte Unternehmensphilosophie motiviert werden, die Abfallvermeidung und Abfallverwertung als Teil eines ganzheitlichen Ansatzes für Umweltschutz und Ressourcenschonung versteht [12]. Der Abfallwirtschaftsplan für Baden-Württemberg [18] fordert nur, auf die Produzenten so einzuwirken, daß bei der Entwicklung neuer Produkte, der Planung von Produktionsverfahren und der Vermarktung von Waren abfallarme Verfahren bevorzugt werden. Wirkungen können vor allem bei Einsatz ökonomischer Instrumente erwartet werden, die – geeignet gewählt – die angestrebten Ziele über Preissignale in den Wirtschaftsprozeß implementieren.

Bislang muß davon ausgegangen werden, daß eine Verringerung der Abfallmengen im gewerblichen Bereich vor allem einer verstärkten Abfallverwertung zuzuschreiben ist. Da eine direkte Beeinflussung von Produktionsprozessen kaum möglich ist, versucht auch das KrW-/AbfG Anreize zur Abfallvermeidung oder abfallarmen Produktgestaltung in erster Linie indirekt – über Verwertungsgebote – zu setzen. Die dort vorgesehene eigenverantwortliche Verwertung der Abfälle in Industrie und Gewerbe und die festgelegten Rücknahmepflichten für bestimmte Produkte sind Regelungen, die zum Erreichen höherer Verwertungsquoten und damit indirekt zur Abfallvermeidung beitragen sollen. In der konkreten Umsetzung wird Abfallvermeidung damit auch im KrW-/AbfG wie im Abfallgesetz von 1986 (AbfG) [1] als Ansatz verstanden, die Menge der Abfälle zu reduzieren, die bei der Herstellung und nach Nutzung der Produkte anfallen und die sonst beseitigt werden müßten.

[9] die z.B. für die Verwertung von Bauabfällen, graphischen Altpapieren und Altautos von Seiten der Wirtschaft eingegangen wurden [15]

Die ergriffenen Maßnahmen zur Abfallverwertung zeigen auch bereits entsprechende Wirkungen: Die den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassenen Mengen an Abfällen aus Produktion und Gewerbe sind seit 1990 deutlich zurückgegangen (s. Abb. 2.2–1).

Nach Erkenntnis der IHK-Studie haben sich in diesem Zeitraum auch die in Anspruch genommenen Entsorgungswege in der Region Stuttgart gravierend verändert: Während 1990 noch 81 % des Gewerbeabfallaufkommens beseitigt und nur 19 % verwertet wurden, sind 1998 64 % des Gewerbeabfalls direkt und 10 % nach einer Sortierung verwertet und nur noch 26 % auf Deponien oder in Müllverbrennungsanlagen beseitigt worden [16]. Dabei wurden 1998 von den Gewerbeabfällen zur Verwertung 73 % stofflich (Kunststoffe, Altholz, Metalle, Gießereialtsande) und 27 % energetisch verwertet (u.a. in Müllverbrennungsanlagen in Stuttgart und Göppingen).

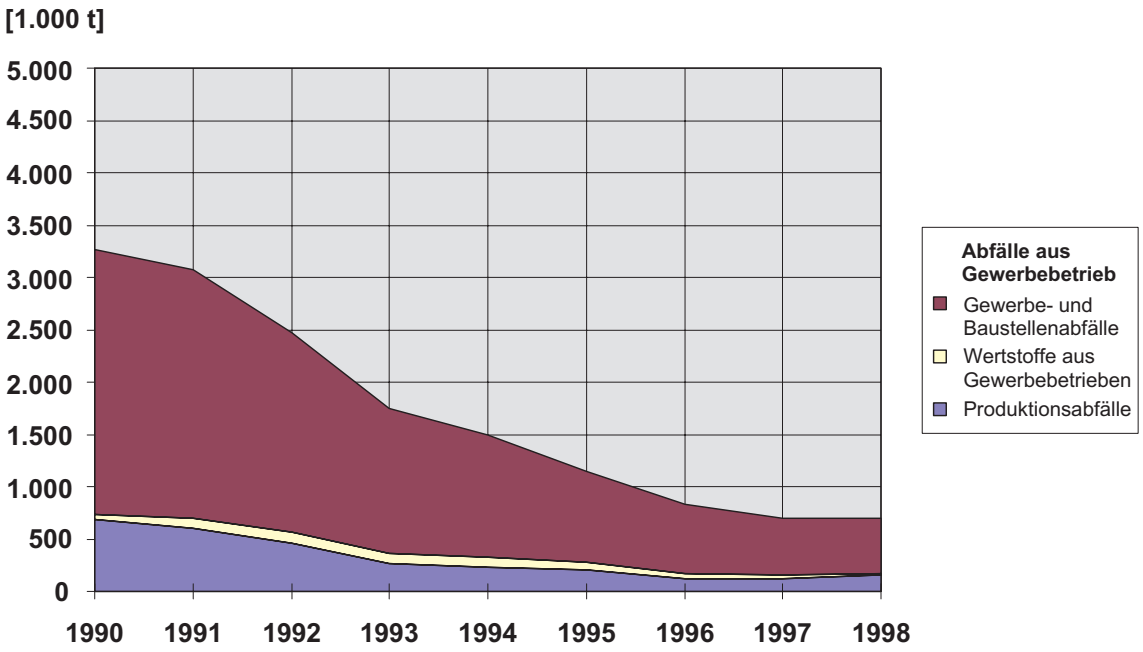

Abb. 2.2–1: Öffentlich-rechtlichen Entsorgern überlassene Abfälle aus Produktion und Gewerbe in Baden-Württemberg nach [19] – Tabelle A–1

Den Rücknahmeverpflichtungen kann auch die Verpackungsverordnung zugerechnet werden, die zur Abfallvermeidung im Sinne des KrW-/AbfG offensichtlich (insbes. auch durch die vom DSD erhobenen materialspezifischen Lizenzgebühren) beigetragen hat. Seit deren Inkrafttreten hat der Verbrauch an Verkaufsverpackungen pro Bundesbürger von 94,7 kg (1991) auf 82,3 kg (1997) pro Jahr abgenommen, während gleichzeitig die Mengen an verwerteten Verkaufsverpackungen anstiegen (s. Abb. 2.2–2).

Welchen Anteil das Ziel der Abfallvermeidung bei der erreichten Verringerung des Verpackungsaufwandes hat, ist schwer zu beurteilen. Das Ministerium für Umwelt und Verkehr in Baden-Württemberg sieht z.B. in den Regelungen der Verpackungsverordnung ein wichtiges Instrument zur Abfallvermeidung [12], die durch Hersteller und Handel strikt eingehalten werden sollen. Kritiker führen den Rückgang des Verpackungsmaterialverbrauchs bis 1994 eher auf die Rezession in diesen Jahren zurück, als auf eine erfolgreiche Vermeidung [20].

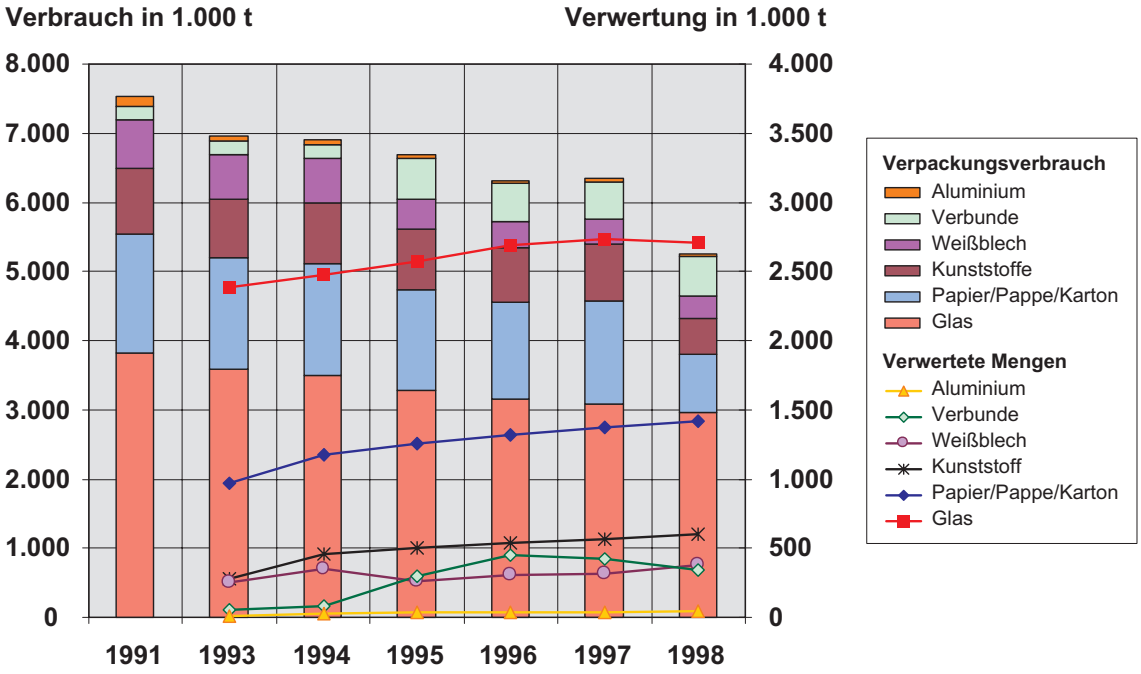

Abb. 2.2–2: Verbrauch und Verwertung von Verkaufsverpackungen aus Privathaushalten und Kleingewerbe in Deutschland (durch das DSD) nach [21][22] – Tabelle A–6

Aus Sicht der Unternehmen führt die Verringerung des Verpackungsaufwandes einerseits zu geringeren Kosten und ist so für sie prinzipiell erstrebenswert. Andererseits stellen Verpackungen in vielen Fällen ein wichtiges Instrument für die Produktpräsentation gegenüber den Konsumenten dar, so daß Veränderungen in diesem Bereich vom Markt akzeptiert werden müssen. In der Summe muß vermutet werden, daß ökonomische Kalküle der Unternehmen, das von der Verpackungsverordnung erzwungene unternehmenübergreifende Handeln und die Bereitschaft der Konsumenten zur Akzeptanz veränderter Verpackungen aufgrund veränderter Umwelteinstellungen zusammengewirkt haben.

Insgesamt zeigen sich Auswirkungen des KrW-/AbfG im gewerblichen Bereich vor allem in einer erhöhten Abfallverwertung. Für die Wirtschaft könnte daher die Abfallvermeidung im Sinne einer „absoluten Vermeidung“ als explizites Ziel eines Kreislaufwirtschaftsgesetzes entfallen; Abfallvermeidung durch möglichst hohe Verwertung nutzbarer Anteile im Abfall – wie im AbfG von 1986 – dient ebenfalls der Ressourcenschonung und ist in der Praxis auch in Regelungen umsetzbar.

2.2.2 Abfallvermeidung in Haushalten

Konsumenten haben nur wenige Möglichkeiten, den Ressourcenverbrauch absolut zu senken – es sei denn, sie sind bereit, ihren Lebensstil oder ihr Konsumverhalten zu ändern. Direkte gesetzliche Maßnahmen, die zu einer echten Abfallvermeidung durch Konsumenten (z.B. Konsumverzicht) führen, sind kaum möglich und es muß auch bezweifelt werden, daß eine Veränderung von Lebensweisen mit Hilfe der Abfallpolitik erreichbar ist: Der Umgang mit Abfällen stellt kein bestimmendes Element für das Leben – zumindest der meisten – Bürger dar, und es bestehen daher nur wenige Möglichkeiten, auf diesem Wege auf das Verhalten und die Lebensweise der Bürger einzuwirken.

Da eine Einflußnahme auf die private Wirtschaft häufig an der erforderlichen Rechtsgrundlage scheitert, richten sich die Maßnahmen, die auf kommunaler Ebene zur Abfallvermeidung ergriffen werden, in erster Linie auf die Umsetzung des Vermeidungsgedankens bei den Haushalten bzw. den Bürgern. Dabei werden die vom KrW-/AbfG vorgegebenen präventiven (Information/Beratung) und ordnungsrechtlichen Instrumente (Ge- und Verbote im Rahmen von Abfallsatzungen) angewandt und auch Gebührenanhebungen als Lenkungsinstrument eingesetzt oder in diesem Sinne begründet.

Das Ministeriums für Umwelt und Verkehr in Baden-Württemberg ist z.B. der Ansicht, daß für das Vermeiden von Abfall in Haushalten vor allem eine Änderung des Einkaufsverhaltens bei Gütern und Waren erreicht werden muß und kann [12]. Die öffentlich-rechtlichen Entsorger sollen dazu durch gezielte Öffentlichkeitsarbeit, intensive Abfallberatung und Herausgabe von Abfallvermeidungsfibeln die Haushalte davon überzeugen, langlebige und reparaturfähige Produkte einzukaufen. Daneben soll die Eigenkompostierung von Garten-, Grün- und Küchenabfällen gefördert werden.

Diese Einschätzung findet auch im Abfallwirtschaftsplan für Baden-Württemberg [18] ihren Niederschlag. Er beauftragt die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (nach dem Landesabfallgesetz [23]), die privaten Haushalte und gewerblichen Betriebe über die Möglichkeiten zur Abfallvermeidung, Schadstoffentfrachtung und Abfallverwertung sach- und fachkundig zu beraten, und sieht vor, daß für diesen Zweck Haushaltsmittel vom öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger für die Abfallberatung und Öffentlichkeitsarbeit zur Verfügung gestellt werden, die bei der Gebührenbemessung berücksichtigt werden sollen, d.h. den Beratenen in Rechnung gestellt werden dürfen.

Über die Wirkung von Information und Beratung der Bürger durch die Abfallentsorger und deren Beitrag zu einer Änderung des Verhaltens im Umgang mit Abfällen liegen keine gesicherten Erkenntnisse vor, ihr Erfolg ist aber eher skeptisch zu beurteilen. Andererseits kann der Aufwand, der getrieben werden muß, um bei den Bürgern Verständnis und Bereitschaft für komplizierte Mülltrenn- und Sammelverfahren zu wecken, durchaus erheblich sein. So setzten z.B. die Berliner Stadtreinigungsbetriebe (BSR) 120 Biogut-Berater zur Einführung der Biotonne ein [24]. Die Problematik dieser Instrumente liegt darin, daß sich unter dem Ziel der Abfallvermeidung vielfältige Aktionen zur Verhaltensbeeinflussung begründen lassen, die u.U. zu erheblichen und von den Bürgern zu tragenden Kosten führen und die in ihren Wirkungen kaum zu kontrollieren sind.

Insgesamt haben die ergriffenen Maßnahmen bislang nicht zu einer Verringerung der Abfälle bei den Haushalten geführt. Zwar nahm der jährliche Verbrauch von (lizenzierten) Verkaufsverpackungen seit Inkrafttreten der Verpackungsverordnung pro Bundesbürger um 13 %[10] ab, und die Haus- und Sperrmüllmenge sank in Baden-Württemberg um 39 %. Gleichzeitig stieg aber die Gesamtmenge der erfaßten Wertstoffe und Wertstoffgemische von 1990 bis 1997 in Baden-Württemberg um 86 %, die der Bio- und Grünabfälle sogar um 165 % an (s. Tabelle 2.2–1).

Betrachtet man also die Summe der Abfälle aus Haushalten und Kleingewerbe seit der Einführung der Getrenntsammlung von Wertstoffen sowie von Bio- und Grünabfällen, so zeigt sich, daß die Abfallmenge insgesamt leicht gestiegen (s. Abb. 2.2–3) und die Gesamtmenge pro Einwohner und Jahr mit rund 350 kg seit 1990 praktisch unverändert geblieben sind, d.h. bei den privaten Haushalten hat eine echte Abfallvermeidung nicht stattgefunden, obwohl die Abfallgebühren seit 1990 deutlich angestiegen sind.

[10] von 94,7 kg im Jahr 1991 auf 82,3 kg im Jahr 1998 [25]

Tabelle 2.2–1: Wertstoffe und Abfälle aus Haushaltungen und Kleingewerbe in Baden-Württemberg nach [19]

	Gesamtmenge pro Jahr in 1000 t				Menge pro Einwohner und Jahr [1]			
	1990	1993	1995	1998	1990	1993	1995	1998
Haus- und Geschäftsmüll	2.309,2	1.814,6	1.583,7	1.396,1	237 kg	178 kg	154 kg	134 kg
Sperrmüll	309,4	228,0	196,9	209,1	32 kg	22 kg	19 kg	20 kg
Bioabfälle	17,2	127,2	267,8	395,9	2 kg	13 kg	26 kg	38 kg
Wertstoffe	791,3	1.327,8	1.469,6	1.638,7	81 kg	130 kg	143 kg	157 kg
davon								
getrennt erfaßt [2]	572,4	1.028,8	1.130,8	1.253,8	59 kg	101 kg	110 kg	120 kg
Wertstoffgemische aus Haushalten	218,9	299,0	338,8	384,9	22 kg	29 kg	33 kg	37 kg
Summe	**3427,1**	**3497,6**	**3518,0**	**3639,8**	**352 kg**	**343 kg**	**342 kg**	**349 kg**

[1] Einwohnerzahlen von 1990: 9.724.200, 1993: 10.200.900, 1995: 10295.500 und 1998: 10.408.400

[2] mittels Einstoffbehältern, Depotcontainern, zentralen Sammelstellen, Vereinssammlungen und getrennter Anlieferung durch Gewerbebetriebe

Statt einer absoluten Abfallvermeidung kommt es in der Praxis nur zu einer Verschiebung der Abfälle von der Restmülltonne hin zur Wertstofftonne (einschl. Gelber Sack oder Gelber Tonne).

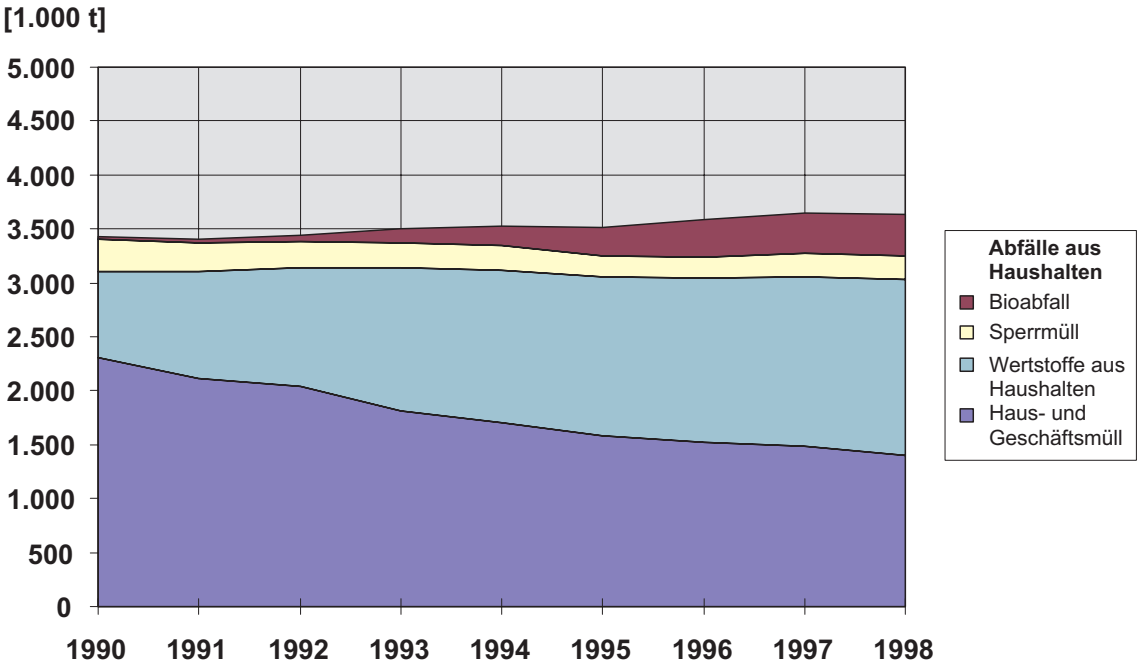

Abb. 2.2–3: Öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassene Abfälle aus Haushalten und Kleingewerbe in Baden-Württemberg nach [19]

Nach Untersuchungen der Gesellschaft für Konsumforschung im Mai 1998 und März 1999 trennen und sortieren 94 % der Bürger ihren Abfall, 77 % sind für das Sammeln und Recyceln von Abfällen und nur 17 % bzw. 4 % befürworten eine direkte Müllverbrennung bzw. Deponierung [25]. Die große Bereitschaft zum Getrenntsammeln von Wertstoffen kann auch so interpretiert werden, daß Abfallvermeidung von den Bürgern in erster Linie als Abfallverwertung verstanden und unterstützt wird.

Vor diesem Hintergrund wäre es realistischer, die Abfallverwertung als primäres Ziel in den Vordergrund zu stellen und auf fragwürdige Bemühungen seitens der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger zur absoluten Abfallvermeidung durch Erziehung der Bürger zu veränderten Lebensstilen zu verzichten, zumal die entstehenden Kosten den Bürgern auf jeden Fall angelastet werden – sei es über Müllgebühren, Produktpreise oder sonstige Abgaben oder Steuern.

2.3 Literaturverzeichnis zu Kapitel 2

[1] Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (Abfallgesetz – AbfG) vom 27. August 1986 (BGBl. I S. 1410, 1501), zuletzt geändert durch Gesetz vom 30. September 1994 (BGBl. I S. 2771)

[2] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG) vom 27. September 1994 (BGBl. I S. 2705), geändert durch Gesetz vom 12. September 1996 (BGBl. I S. 1354, 1356), zuletzt geändert am 25. August 1998 (BGBl. I S. 2455)

[3] Richtlinie 75/442/EWG des Rates über Abfälle vom 15. Juli 1975 (Abl. Nr. L 194 vom 25. Juli 1975, S. 47), geändert durch die Richtlinie 91/156/EWG des Rates vom 18. März 1991 (Abl. Nr. L 78 vom 26. März 1991, S. 32) sowie durch Richtlinie 91/692/EWG des Rates vom 23. Dezember 1991 (Abl. Nr. L 377 vom 31. Dezember 1991, S. 48)

[4] Jung, G.; Winter, S.: Erläuterungen zum KrW-/AbfG. In: Birn, H. (Hrsg.): Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz in der betrieblichen Praxis. WEKA Fachverlag für technische Führungskräfte GmbH, Teil 2.3 , Stand Mai 1999

[5] Umweltministerien des Bundes und der Länder (Bund-Länder-AG): Abfallbegriff, Abfallverwertung und Abfallbeseitigung nach dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz. Bund-Länder-Konsenspapier vom 6. November 1997 (Beschluß der Umweltministerkonferenz)

[6] Verordnung zur Bestimmung von überwachungsbedürftigen Abfällen zur Verwertung (Bestimmungsverordnung überwachungsbedürftige Abfälle zur Verwertung - BestüVAbfV) vom 10. September 1996 (BGBl. I, S. 1377)

[7] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Mai 1990 (BGBl. I S. 880), zuletzt geändert am 17. März 1998 (BGBl. I S. 502)

[8] Verordnung zur Bestimmung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen (Bestimmungsverordnung besonders überwachungsbedürftiger Abfälle - BestbüAbfV) vom 10. September 1996 (BGBl. I, S. 1366)

[9] Entscheidung der Kommission vom 20. Dezember 1993 (94/3/EG) über ein Abfallverzeichnis gemäß Artikel 1 Buchstabe a) der Richtlinie 75/442/EWG des Rates über Abfälle (Abl. Nr. L 5 vom 7. Januar 1994, S. 15 – Europäischer Abfallkatalog (EWC) im Anhang)

[10] Verordnung zur Bestimmung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen (Bestimmungsverordnung besonders überwachungsbedürftige Abfälle - BestbüAbfV) vom 10. September 1996 (BGBl. I, S. 1366)

[11] Zweite Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall) Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen, biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen vom 12. März 1991 (GMBl S. 138)

[12] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Leitfaden Siedlungsabfälle. Reihe Luft - Boden - Abfall, Heft 12, Stuttgart, Fortschreibung Oktober 1996

[13] Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall). Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen vom 14. Mai 1993 (BAnz. vom 29. Mai 1993, S. 4967, mit Beilagen)

[14] Looß, A.; Katz, C.: Abfallvermeidung – Strategien, Instrumente und Bewertungskriterien. Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 81, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1995

[15] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (WA II 2): Ein Jahr Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – Eine Zwischenbilanz. Umwelt (1997) Nr. 11, S. 478-482

[16] Industrie- und Handelskammer Region Stuttgart (Hrsg.): Aufkommen und Verbleib des Gewerbeabfalls in der Region Stuttgart. IHK Region Stuttgart, Oktober 1999

[17] Stahel, W. R.: Handbuch Abfall 1. Allgemeine Kreislauf- und Rückstandswirtschaft – Intelligente Produktionsweisen und Nutzungskonzepte. Studie im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg, hrsg. von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 2. Auflage 1996

[18] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Abfallwirtschaftplan für Baden-Württemberg – Teilplan Siedlungsabfälle. UVM, Stuttgart, Dezember 1998

[19] Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): Kommunales Abfallaufkommen in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs 1996 – Kreisergebnisse. Statistische Berichte Baden-Württemberg, Umwelt Q II 1 - j/96 (3) vom 28. Oktober 1997

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): Die öffentliche Abfallwirtschaft 1995. Statistik von Baden-Württemberg, Band 515, Stuttgart 1996

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): Kommunales Abfallaufkommen in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs 1993 – Kreisergebnisse. Statistische Berichte Baden-Württemberg, Umwelt Q II 1 - j/93 (1) vom 15. Dezember 1994

[20] Hermann, T.; Karsten, N.; Pant, R. et al.: Einführung in die Abfallwirtschaft – Technik, Recht und Politik. Harri Deutsch Verlag, Frankfurt a. Main, 2. Auflage 1997

[21] Umweltbundesamt (Hrsg.): Daten zur Umwelt 1992/93 und 1994/95. Erich Schmidt Verlag, Berlin

[22] Duales System Deutschland AG (DSD): Geschäftsbericht 1996, 1997 und 1998. DSD, Köln

[23] Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen und die Behandlung von Altlasten in Baden-Württemberg (Landesabfallgesetz - LAbfG) in der Fassung vom 15. Oktober 1996 (GBl. S. 617), zuletzt geändert durch Gesetz vom 16. Juli 1998 (GBl. S. 422)

[24] Seewald, S.: Rechnungshof: Biomüll ist teuer und unhygienisch. Berliner Morgenpost vom 22. Juni 1999

Rechnungshof von Berlin: Jahresbericht 1999. Drucksache 13/3649 des Abgeordnetenhauses von Berlin, S. 103-105

[25] Duales System Deutschland AG (DSD): Häufig gestellte Fragen zum Grünen Punkt. http://www.gruener-punkt.de/d/content/tips/faq00.htm

3 Getrenntsammlung

Wenn eine weitgehende Kreislaufführung von Stoffen erreicht werden soll, dann müssen noch verwertbare Stoffe von den Abfällen – durch getrennte Erfassung bei der Abfallentstehung oder nachträgliches Aussortieren nach der Abfallsammlung – abgetrennt, geeignet aufgearbeitet und in den Produktionsprozeß zurückgeführt werden. Heute existieren für die Erfassung der Abfälle und die Verwertung von Wertstoffanteilen mehrere Wege, auf denen private und öffentlich-rechtliche Entsorger nebeneinander und teils miteinander konkurrierend tätig sind (s. Abb. 3–1).

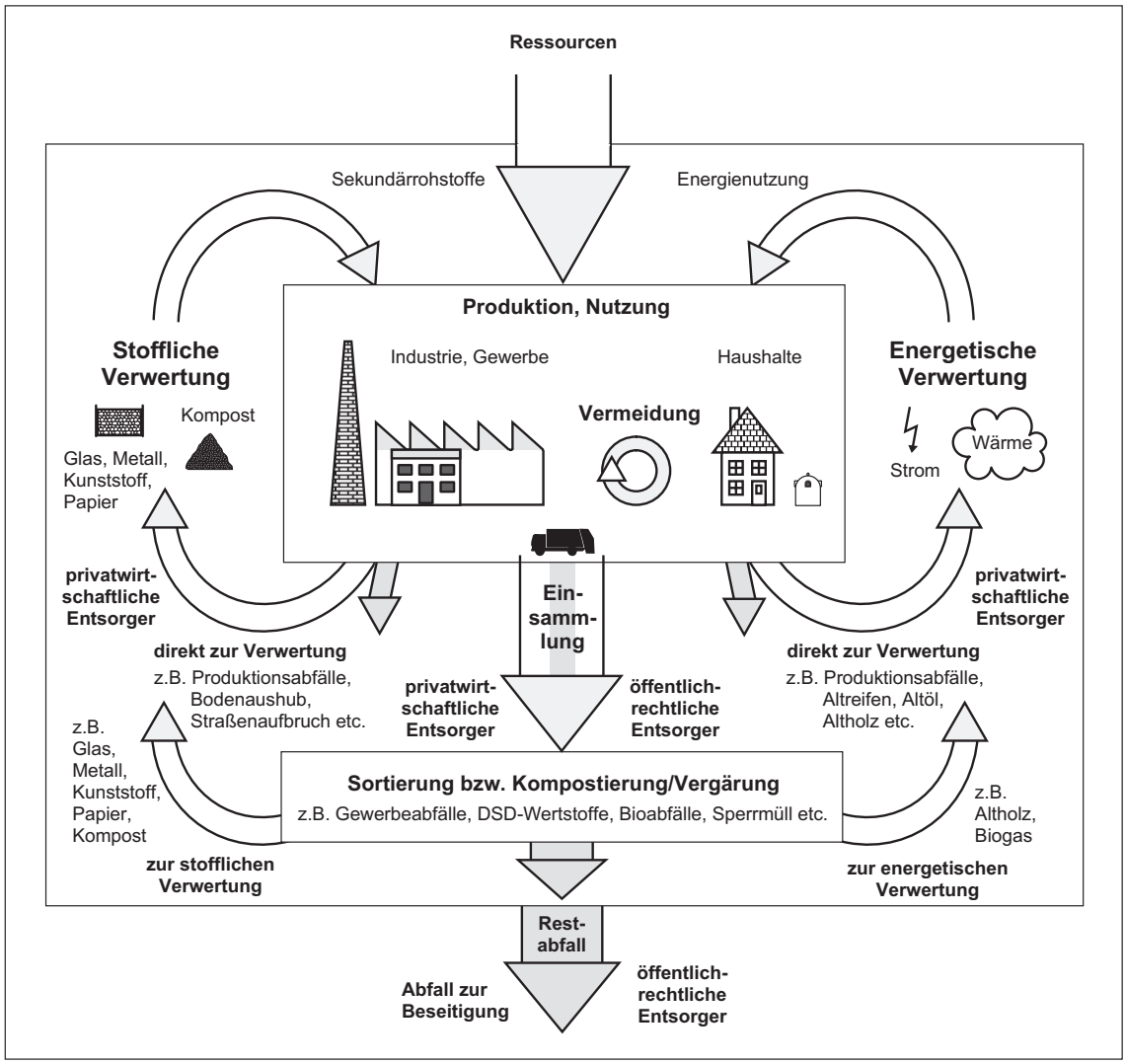

Abb. 3–1: Verwertungspfade in der Kreislaufwirtschaft

Mit der durch das KrW-/AbfG [1] gegebenen Möglichkeit der eigenverantwortlichen Verwertung im gewerblichen Bereich werden neue Wege der Erfassung und Entsorgung eröffnet, die erhebliche Abfallmengen aus dem Strom der zu beseitigenden Abfälle herausführen, und die sich vor allem bei den Produktions- und Gewerbeabfällen, bei Bodenaushub, Straßenaufbruch etc. auswirken.

Als davon getrennter Abfallstrom verbleiben die Siedlungsabfälle, die räumlich verteilt in Haushalten und Gewerbebetrieben anfallen und ein Gemisch aus unterschiedlichen Stoffen darstellen, die teils verwertbar und teils nicht verwertbar sind. Diese Abfälle müssen eingesammelt und die verwertbaren Stoffe gesondert erfaßt oder aus dem Abfall abgetrennt werden, damit das im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz formulierte Ziel einer möglichst umfangreichen Verwertung der Abfälle erreicht werden kann.

3.1 Rücknahme- und Rückgabepflichten

Aus Umweltschutzgründen sind bereits vor dem KrW-/AbfG Verordnungen zur getrennten Erfassung von Abfällen (z.B. Altöl-, Klärschlamm-, FCKW-Halon-Verbots-Verordnung) erlassen worden. Sie zielten in erster Linie auf eine umweltgerechte Entsorgung problematischer Produktgruppen und die Verringerung von Schadstoffen im Müll. Darüber hinaus wurde mit der Verpackungsverordnung und der geplanten Druckerzeugnisse-Verordnung versucht, Industrie und Handel in die Pflicht zu nehmen und durch Rücknahme nicht mehr gebrauchter Produkte oder Produktbestandteile eine verstärkte Abfallverwertung und so eine Reduzierung der Abfallmengen und eine Entlastung der kommunalen Entsorger zu erreichen.

Mit der im KrW-/AbfG verankerten Produktverantwortung und den daraus abgeleiteten Rücknahmepflichten (§ 24 KrW-/AbfG) kamen und kommen neue auf bestimmte Produktgruppen zielende Verordnungen ins Spiel: Altautos, Batterien, Bauabfälle, Bioabfälle, Geräte der Unterhaltungselektronik, Geräte der Informations- und Bürokommunikationstechnik (IT-Geräte), Haushaltsgroßgeräte, Schmierstoffe etc. [2]. Mit ihrer Hilfe sollen insbesondere dem Hausmüll und den (hausmüllähnlichen) Gewerbeabfällen verwertbare Reststoffe entzogen und einer Verwertung bzw. Wiederverwendung zugeführt werden.

Produktverantwortung und Rücknahmepflichten regen so in der Wirtschaft die Eigeninitiative der Abfallerzeuger und -besitzer zur Verwertung an und schaffen die Voraus-

setzung für die Betätigung privater Entsorger. Die Überlassungspflichten an die öffentlich-rechtlichen Entsorger werden in diesem Bereich auf eine notwendige Daseinsvorsorge, d.h. im wesentlichen auf die Abfälle zur Beseitigung, beschränkt und im gewerblichen Bereich als Ausnahme von der eigenverantwortlichen Wahrnehmung der Verwertungs- und Beseitigungspflichten festgelegt.
Auf die damit verbundenen Probleme bei der Abgrenzung der *Abfälle zur Verwertung* von den *Abfällen zur Beseitigung* wird in Kapitel 5.1 eingegangen.

Im Rahmen der Produktverantwortung können sowohl Hersteller und Vertreiber von Produkten verpflichtet werden, gebrauchte Erzeugnisse (z.B. Altautos, Batterien, Verpackungen etc.) zur Verwertung zurückzunehmen und dazu entsprechende Einrichtungen (Annahmestellen, Sammelsysteme o.ä.) zu installieren (Rücknahmepflicht), als auch die Nutzer der Produkte, diese Erzeugnisse nach Gebrauch zurückzugeben und die dafür vorgesehenen Einrichtungen zu benutzen (Rückgabepflicht). Dazu müssen die Überlassungspflichten an den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger entfallen. Soweit allerdings der öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger bei der Rücknahme mitwirkt, bleiben die Überlassungspflichten (z.B. für Bioabfälle) an ihn bestehen.

Das Ziel, über Rücknahmeverpflichtungen eine erhöhte Verwertung erreichen zu wollen, führt so zu der problematischen Tendenz, immer mehr Produktgruppen speziellen administrativen Regelungen zu unterwerfen, da es kaum Produkte gibt, die nicht noch verwertbare oder umweltschädliche Bestandteile enthalten. Als Begründung für die Sonderregelungen werden teils Umweltschutzziele im Hinblick auf eine umweltgerechte Entsorgung problematischer Stoffanteile und teils Verwertungsziele im Sinne der Ressourcenschonung herangezogen.
Mit dieser Auffächerung der Abfallbehandlung nach speziellen Produktgruppen ist eine weitere Komplizierung der Abfallentsorgung und mit den dabei verfolgten bürokratischen Ansätzen ein stetiges Anwachsen des Kontroll- und Überwachungsaufwandes verbunden. Langfristig muß befürchtet werden, daß diese Komplizierung und Bürokratisierung kontraproduktiv für eine effiziente Abfallentsorgung bzw. Abfallverwertung ist und damit das Erreichen der gewünschten Ziele fraglich wird.

Ein Ausweg aus einer immer stärker werdenden Bürokratisierung der Abfallbehandlung können freiwillige Vereinbarungen (Selbstverpflichtungserklärungen) mit der Industrie zur stärkeren (stofflichen und energetischen) Verwertung von Abfällen sein, wie dies z.B. anstelle der geplanten Druckerzeugnisse-Verordnung für graphische Papiere oder im Bereich der Bauabfälle praktiziert wurde [3]. Flankierend zu der freiwilligen Selbstverpflichtung der Automobilindustrie zur umweltgerechten Altautoverwertung regelt die Altauto-Verordnung die Überwachung der Altautoentsorgung durch unabhängige, qualifizierte Sachverständige. Absprachen und freiwillige Vereinbarungen sind aber auch nicht völlig unbedenklich, weil dadurch Strukturen geschaffen werden können, die

Marktmechanismen außer Kraft setzen und ähnlich wie Kartelle Kosten zu Lasten Dritter – der Konsumenten – verursachen.

Eine andere Lösung könnte auch auf der Basis der Empfehlung des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU) [4] für die verstärkte Anwendung marktwirtschaftlicher Prinzipien in der Abfallbehandlung entwickelt werden (s. dazu Kapitel 5.1).

Eine umfangreichere Verwertung der in Produkten nach ihrer Nutzung noch enthaltenen Wertstoffe und das Setzen auf die Eigenverantwortung von Industrie und Gewerbe sind im Hinblick auf die Ziele des KrW-/AbfG erstrebenswert und im Grundsatz richtig. Für die Abfallwirtschaft führen die Rücknahmepflichten – zusätzlich zur eigenverantwortlichen Verwertung im gewerblichen Bereich – aber zu einer weiteren Verringerung der Abfallmengen, die den öffentlich-rechtlichen Entsorgern überlassen werden bzw. überlassen werden müssen.

Über die mit den Rücknahmepflichten verbundenen Rückgabepflichten wirkt sich das Verursacherprinzip auch auf die privaten Haushalte aus, die im Prinzip von der Anwendung des Verursacherprinzips explizit ausgenommen sind. Für die privaten Haushalte bedeuten die Rückgabepflichten an unterschiedliche Entsorger eine weitere Komplizierung der Abfallbeseitigung: Nicht nur die für eine Verwertung geeigneten Abfälle müssen getrennt gesammelt, sondern auch rückgabepflichtige Produkte und Verpackungen müssen an den dafür vorgesehen Stellen abgegeben werden.

Siedlungsabfälle, die in privaten Haushalten bzw. als hausmüllähnlicher Abfall in Betrieben anfallen und alle kommunalen Abfälle, stellen prinzipiell Abfälle zur Beseitigung dar und sind den öffentlich rechtlichen Abfallentsorgern zu überlassen. Mit den Anforderungen, die aus dem KrW-/AbfG im Hinblick auf Produktverantwortung, Abfallverwertung und Umweltschutz abgeleitet werden, werden diese Abfälle am Entstehungsort in mehrere Teilströme aufgeteilt:

- Verwertbare Abfälle (Papier/Pappe/Karton, Holz, Kleider, Glas, Metalle, Bioabfälle, Garten- und Parkabfälle, etc.) müssen von den Abfallerzeugern vom übrigen Abfall abgetrennt und für die Getrenntsammlung zur Verfügung gestellt werden. Für Abtrennung und Getrenntsammlung stehen gesonderte Gefäße bei den Haushalten (Biotonne, Wertstofftonne etc.), Depotcontainer (Glascontainer, Papiercontainer) in der Nachbarschaft oder Abgabemöglichkeiten bei den Entsorgern (Recyclinghöfe, Sammelstellen) zur Verfügung.
- Abfälle, die einer Rücknahmepflicht unterliegen, müssen ebenfalls von den Abfallerzeugern vom übrigen Abfall abgetrennt und den dafür eingerichteten öffentlichen oder privaten Sammelsystemen zugeführt werden. Für Verpackungsabfälle stehen

als Erfassungssysteme z.B. der Gelbe Sack oder die Gelbe Tonne in den Haushalten zur Verfügung, für andere Abfälle[1] bestehen unterschiedliche Rückgabemöglichkeiten.

- Die sogenannten Problemabfälle, wie z.B. Altmedikamente, Altöl, Chemikalien, Farben und Lacke, Leuchtstoffröhren, Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel etc., müssen ebenfalls aus dem Restabfall entfernt und an speziellen Sammelstellen abgegeben, an den Handel zurückgegeben oder an Recyclinghöfen angeliefert werden.
- Der verbleibende Restabfall wird über die Restmülltonne bei den Haushalten bzw. über Sondersammlungen (z.B. Sperrmüll) erfaßt.

In der Praxis wird diese Aufteilung des Siedlungsabfalls unterschiedlich umgesetzt. In Baden-Württemberg regeln die jeweiligen Abfallsatzungen der Stadt- und Landkreise (nach § 8 Landesabfallgesetz [6]) für die Grundstücke ihres Entsorgungsgebietes „unter welchen Voraussetzungen Abfälle als angefallen gelten und welche Abfälle getrennt zu überlassen sind, insbesondere in welcher Weise, an welchem Ort und zu welcher Zeit ihnen die Abfälle zu überlassen sind. Dabei kann bestimmt werden, daß mindestens ein bestimmtes Behältervolumen vorhanden sein muß."

Wertstoffe werden sowohl von privaten als auch von öffentlichen Entsorgern gesammelt. Für die Verwertung der von den öffentlich-rechtlichen Entsorgern erfaßten Stoffe werden in der Regel private Dritte beauftragt[2], die Zuständigkeit für die Abfallbeseitigung verbleibt jedoch in öffentlicher Hand.
Abfälle, die einer Rücknahmepflicht unterliegen, können über gesonderte, privatwirtschaftlich organisierte Sammelsysteme – wie das Duale System Deutschland für Verpackungen – oder über die öffentlich-rechtlichen Entsorger erfaßt werden. Privatwirtschaftlich organisierte Sammelsysteme sind dabei mit den bestehenden Sammel- und Verwertungssystemen der öffentlich-rechtlichen Entsorger abzustimmen.[3]

Die an den Zielen des KrW-/AbfG orientierten Regelungen für eine möglichst effektive Trennung der Stoffströme direkt an der Anfallstelle sind bislang in erster Linie im Hinblick auf eine möglichst hohe Umsetzung der im KrW-/AbfG festgelegten Ziele konzipiert worden. Die daraus jeweils resultierenden Belastungen für die privaten Haushalte

---

[1] Bei schadstoffhaltigen Batterien, ist beispielsweise der Endverbraucher verpflichtet, diese an einen Vertreiber zurückzugeben oder an von den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern dafür eingerichteten Rücknahmestellen abzugeben (BattV [5]).

[2] zum Teil auch schon für die Erfassung, z.B. mit Depotcontainern

[3] Ein entsprechender Passus findet sich z.B. für Verpackungen in § 6 Abs. 3 VerpackV oder für Batterien in § 4 Abs. 2 BattV (wonach die von öffentlich-rechtlichen Entsorgern zurückgenommenen Batterien unentgeltlich von den Herstellern übernommen werden müssen).

wurden offensichtlich kaum beachtet bzw. als unerheblich angesehen. Diese Regelungen gehen so eindeutig zu Lasten der Haushalte, die entsprechende Gefäße füllen und im Haus oder auf dem Grundstück unterbringen bzw. zusätzlich Depotcontainer oder Wertstoffhöfe mit den Wertstofffraktionen aufsuchen müssen. Wenn die Bürger allen Bestimmungen folgen wollen, dann müssen Haushalte

- Bioabfälle und Grünabfälle getrennt erfassen und selber kompostieren oder über einen längeren Zeitraum sammeln, dafür gesonderte Behälter vorhalten und diese in der Regel zur Abholung an den Straßenrand stellen,
- Wertstoffe (Papier, Glas, Altkleider, Altmetalle etc.) aus dem Abfall abtrennen und in der Regel selbst zu Sammelcontainern in der Nachbarschaft oder Recyclinghöfen transportieren,
- Sonderabfälle (Batterien, Leuchtstoffröhren, Farben und Lacke, Medikamente etc.) aus dem Abfall abtrennen und zu bestimmten Sammelstellen (z.B. im Handel) oder Recyclinghöfen transportieren,
- Verpackungen aus dem Abfall abtrennen, über einen längeren Zeitraum sammeln und in gesonderten Behältern (Gelber Sack, Gelbe Tonne) zur Abholung am Straßenrand bereitstellen, und schließlich
- den verbleibenden Restmüll der Restmülltonne übergeben, die in der Regel nur noch in längeren Zeitabständen (14-tägig oder alle 4 Wochen) von der Müllabfuhr vom Grundstück abgeholt wird.

Die Aussonderung verwertbarer Bestandteile aus dem Siedlungsabfall verringert die Menge der Siedlungsabfälle und wirkt sich naturgemäß auf die Zusammensetzung und Qualität des Restabfalls aus.
Einzelne Bundesländer – darunter Baden-Württemberg – spielen daher mit dem Gedanken, dem DSD sogenannte Kunststoff-Kleinverpackungen wieder zu entziehen und über die Restmülltonne der Hausmüllverbrennung zuzuführen [7], um den Energieinhalt zu nutzen, dadurch die Müllverbrennungsanlagen besser auszulasten und so die Abfallgebühren im Zaum zu halten. Auch der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen sieht im Bereich der Verwertung von Kunststoffverpackungen erheblichen Reformbedarf [4], der jedoch eine weitere Novellierung der Verpackungsverordnung erfordert.

Mit der praktizierten Getrenntsammlung wird jedoch das angestrebte Ziel einer weitgehend sortenreinen Erfassung der Wertstoffe bislang nicht erreicht. Zwar wird der Aufwand für die Nachsortierung erheblich reduziert, eine Nachsortierung ist aber in der Regel aufgrund der Fehlwürfe weiterhin erforderlich. Lediglich die über Wertstoffhöfe erfaßten und dort kompetent sortierten Materialien zeichnen sich durch einen hohen Reinheitsgrad aus [8], nachteilig sind jedoch die in der Regel größeren Entfernungen,

die die Bürger zur Abgabe der Abfälle zurücklegen müssen, und die eingeschränkte Zugänglichkeit durch begrenzte Öffnungszeiten.

Obwohl die für eine hochwertige (werk)stoffliche Verwertung erforderliche Sortenreinheit durch die derzeitige Getrenntsammelpraxis nur bedingt erreicht werden kann, gehen Gesetzgeber und Gebietskörperschaften weiter davon aus, daß die Trennaufgabe vom Bürger zu leisten ist und sogar noch ausgebaut werden kann; im Zweifelsfall ist sie mit ordnungspolitischen oder strafrechtlichen Maßnahmen zu erzwingen. So kann nach den Abfallwirtschaftssatzungen der Stadt- und Landkreise (z.B. für die Landeshauptstadt Stuttgart [9]) eine vorsätzliche Vermischung von Wertstoffen und Restabfällen (z.B. Restabfälle in Wertstoffbehälter, Wertstoffe in Restmüllbehälter etc.) als Ordnungswidrigkeit mit Bußgeld belegt werden.
Besonders problematisch sind die aus dem Abfallrecht begründeten Eingriffe in unterschiedliche Lebensbereiche (z.B. Abfallvermeidungsklauseln im Friedhofsrecht [10]). Derartige Vorschriften, die sich einseitig an den Bedürfnissen von Abfallentsorgung und Abfallverwertung orientieren, lassen die Bedürfnisse der Menschen weitgehend außer acht. So ist z.B. auch unklar, wie die in den Abfallwirtschaftssatzungen bestimmte Ordnungswidrigkeit einer vorsätzlichen Vermischung in der Praxis – ohne eine vollständige Überwachung der Bürger – geahndet werden soll. Hinzu kommt, daß etwa in Gebieten mit Wohnblockbebauung in der Regel größere Abfallbehälter existieren und eine Zuordnung zu einzelnen Verursachern nicht mehr gegeben ist.

Erstrebenswert wäre eine Vereinfachung der Abfallentsorgung und insbesondere der Getrenntsammlung, die sich als transparente und kostenbewußte Dienstleistung an den Bedürfnissen der Bürger orientieren sollte, die ja bereit sind Abfälle für eine Verwertung zu trennen und zur Abholung bereit zu stellen oder in bestimmten Fällen auch zu einem Sammelplatz zu bringen. Die Getrenntsammlung von Wertstoffen sollte sich dabei auf solche Stoffe beschränken, die vom Abfallerzeuger eindeutig zuzuordnen und leicht zu sortieren sind. Dann sollte es ausreichen, neben der Restabfalltonne eine zusätzliche Wertstofftonne einzurichten, in der alle Wertstoffe erfaßt werden können, unabhängig davon, ob es Verpackungen sind oder nicht. Daneben könnten die bewährten Sammelsysteme wie Sperrmüll-, Grünschnitt- und Bündelsammlung sowie die Erfassung von Glas und Papier mittels Depotcontainer beibehalten werden.
Gleichzeitig sollte bei Vorhandensein einer thermischen Behandlungsanlage die Problemstoffsammlung vereinfacht und bestimmte Problemstoffe in haushaltsüblichen Kleinmengen (z.B. Farben, Lacke, Lösungsmittel etc.) auch zusammen mit dem Restabfall eingesammelt und verbrannt werden. Viele Problemstoffe werden deshalb getrennt gesammelt, um eine langfristige Gefahr für die Deponie bzw. für das Grundwasser auszuschließen. Durch die zwingend notwendige Behandlung vor einer Deponierung verliert die Getrenntsammlung jedoch für viele sogenannte Problemstoffe an Bedeutung, da sie durch eine thermische Behandlung unschädlich gemacht werden können.

3.2 Getrenntsammlung und Verwertung von Bioabfällen

Die Getrenntsammlung und Behandlung von Bioabfällen aus Haushalten stellt ein mehrschichtiges Problem dar. Organische Abfälle unterliegen wie alle Haushaltsabfälle im Prinzip der Überlassungspflicht, es sei denn, sie werden selbst kompostiert und auf einem eigenen Grundstück ordnungsgemäß und schadlos verwertet (Eigenkompostierung und -verwertung). Die Überlassung von Bioabfällen aus Haushalten (bzw. daraus hergestellter Kompost) an Dritte ist nach einem Urteil des Verwaltungsgerichtshofes Baden-Württemberg [11] in der Regel unzulässig.

Organische Abfälle bilden mit ca. 30 bis 50 % Gew.-% den Hauptteil des Hausmülls [8] und bieten damit ein bedeutendes Potential zur Verringerung der zu beseitigenden Restabfallmengen. Bundesweit wird das gesamte Potential an Bioabfällen vom Bundesumweltministerium auf 10-12 Mio. Tonnen jährlich geschätzt [12], das entspricht ca. 40 bis 50 Gew.-% des Hausmülls.

Wegen dieses großen Anteils organischer Abfälle am Hausmüll muß es ein Ziel der Abfallwirtschaft sein, die Volumina von Bio- und Grünabfällen vor einer Ablagerung zu verringern, um den benötigten Deponieraum gering zu halten. Hinzu kommt, daß das Ablagern unbehandelter organischer Abfälle zu instabilen Deponien führt (Gasbildung und Setzungen) und eine direkte Ablagerung auch unter diesem Gesichtspunkt vermieden werden muß.
Dementsprechend legt die TA Siedlungsabfall [13] fest, daß organische Abfälle (spätestens ab 2005) nicht mehr direkt deponiert und damit beseitigt werden dürfen. Sie sind entweder getrennt zu erfassen (z.B. Bio-, Grünabfälle) und zu Kompost zu verarbeiten oder müssen zuvor behandelt werden, so daß der Restgehalt an organischen Bestandteilen bzw. der Gesamtkohlenstoffgehalt im abzulagernden Rückstand bestimmte Grenzwerte unterschreitet. Geeignete Behandlungsverfahren, die sowohl den benötigten Deponieraum als auch die Restaktivität der zu deponierenden Rückstände verringern, sind die Verbrennung und – mit Einschränkungen – die mechanisch-biologische Behandlung (MBA).

Die Behandlung des Bioabfalls zusammen mit dem Restabfall in Müllverbrennungsanlagen erfordert keine getrennte Sammlung von Bioabfällen; Hygiene- und Geruchsaspekte spielen dort keine Rolle und zugleich kann auch der Energieinhalt dieser Abfälle im Sinne von nachwachsenden Rohstoffen direkt genutzt werden.
Die biologische Behandlung zur Verwertung der organischen Abfälle (Kompostierung, Vergärung) setzt dagegen eine Getrenntsammlung der Bio- und Grünabfälle voraus, um einen qualitativ hochwertigen Kompost zu erhalten, der dann in der Landwirtschaft, im Garten- und Landschaftsbau oder in Haus-, Nutz- oder Kleingärten verwertet werden

kann. Die Bedingungen für eine stoffliche Verwertung der biologisch abbaubaren nativen organischen Abfälle (Küchen-, Garten-, Park-, Marktabfälle) durch biologische Behandlung (Kompostierung, Vergärung) legt die TA Siedlungsabfall fest. Erfüllt der Kompost nicht die erforderlichen Qualitätskriterien muß er, evtl. durch eine thermische Behandlung, beseitigt werden.

Bio- und Grünabfälle werden in der Regel dem Verwertungsgebot unterworfen, wobei in erster Linie auf Kompostierung[4] und eher am Rande auch auf energetische Verwertung gezielt wird. So werden die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger in Baden-Württemberg durch § 2 LAbfG [6] direkt dazu verpflichtet, „Bio- und Grünabfälle, die die Erzeuger oder Besitzer von Abfällen nicht selbst ordnungsgemäß und schadlos verwerten, getrennt von anderen Abfällen einzusammeln, zu befördern und einer Verwertung zuzuführen, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist, insbesondere wenn für einen gewonnen Stoff ein Markt vorhanden ist oder geschaffen werden kann“. Für die Einführung der Bioabfallkompostierung in den Stadt- und Landkreisen hat das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg einen Leitfaden „Bioabfallkompostierung“ [14] herausgegeben, der auch fachliche Hilfestellung für die Erzeugung qualitativ hochwertiger Komposte gibt.

Die Forderung nach Getrenntsammlung von kompostierbaren Abfällen leitet sich aus dem generellen Verwertungsgebot des KrW-/AbfG [1] ab, obwohl die dort festgelegte Rangfolge von Vermeiden, Verwerten und Beseitigen auf Bio- und Grünabfälle nicht direkt übertragen werden kann, und eine getrennte Erfassung für die umweltgerechte Deponierung beim Einsatz der thermischen Abfallbehandlung nicht erforderlich wäre.

- Organische Abfälle gehören zu den erneuerbaren Ressourcen und damit nicht zu denjenigen Ressourcen, die durch eine Nutzung unwiederbringlich verloren gehen und die den Hintergrund für die Idee der Kreislaufwirtschaft bilden.
- Das Entstehen organischer Abfälle und von Grünabfällen kann nicht vermieden werden. Sie fallen bei der Nahrungsmittelproduktion und dem Nahrungsmittelverbrauch an bzw. resultieren aus der generellen Lebensführung (Unterhalt von Gärten, Parks, etc.).
- Organische Abfälle können auch nicht direkt – im Sinne einer Kreislaufführung – stofflich wiederverwertet werden. Verwertet werden können ihr Energieinhalt (durch Verbrennung, Biogaserzeugung) bzw. die verbleibenden organischen Bestandteile nach einer entsprechenden Behandlung (Vergärung, Kompostierung, etc.).

[4] Die Kompostierung von Grünabfällen ist im Gegensatz zu Bioabfällen technisch weniger aufwendig und mit geringeren Geruchsbelästigungen verbunden, z.T. wird Grüngut nur gehäckselt und verstreut.

Mit dem Verwertungsgebot für organische Abfälle wird so die Verwertung zum eigenständigen Ziel, da die dem KrW-/AbfG zugrunde liegende Idee der Kreislaufführung nicht erneuerbarer Ressourcen auf die erneuerbaren organischen Stoffe nicht direkt anwendbar ist. Es erhebt sich hier die Frage, ob der Gewinn an Kompost die Lasten, die den Bürgern dafür aufgebürdet werden, rechtfertigt:

- Die Bioabfallsammlung stellt einen erheblichen Eingriff in die Privatsphäre der Haushalte dar, da sie neben der Bereitschaft zur Abfalltrennung, separaten Erfassung und Bereitstellung der Biotonne bzw. Anlage und Unterhalt eines „Komposthaufens“ auch ästhetische und hygienische Aspekte berührt, die u.a. eine Belastung mit Gerüchen, Mikroorganismen und evtl. Ungeziefer mit sich bringt.
- Die getrennte Bioabfallsammlung führt zu erheblichen Mehrkosten und damit zu höheren Müllgebühren. In Berlin, wo derzeit die organischen Abfälle mit Biotonnen gesammelt und in Behandlungsanlagen nach Brandenburg transportiert werden, ist nach Berechnungen des Landesrechnungshofes Berlin von 1999 die Bioabfallsammlung ca. 20 bis 50 % teurer als die Entsorgung von Hausmüll [15]. In der Wirtschaftlichkeitsrechnung der BSR vor Einführung der Biotonne seien 150 DM/t für die Sammlung und 245 DM/t für die Behandlung angesetzt worden; tatsächlich betragen die Kosten allein für die Bioabfallsammlung über 500 DM/t und für Sammlung und Verwertung (einschl. Errichtung und Betrieb der geplanten Bioabfallbehandlungsanlage) insgesamt 750 DM/t. Bei der Benutzung bestehender Anlagen in Brandenburg ergeben sich Kosten von insgesamt 600 DM/t (gegenüber 494 DM/t für die Restabfallentsorgung). Aufgrund der unwirtschaftlichen Bioabfallsammlung und der daraus resultierenden finanziellen Mehrbelastung der Bürger empfiehlt der Rechnungshof [15], „die Sammlung von Bioabfällen grundlegend zu überprüfen und dabei auch nach anderen Lösungen zu suchen, wie die abfallwirtschaftlichen Vorgaben wirtschaftlicher umgesetzt werden können“.

Insgesamt muß die bisherige Praxis der getrennten Erfassung und Behandlung von organischen Abfällen in Frage gestellt werden, da die primären Ziele – Verringerung von Deponieraum und Aufbau stabiler Deponien – auch auf anderen Wegen und zu geringeren Kosten für die Bürger erreicht werden können.
Ein gangbarer Weg könnte es z.B. sein, die mit geringem Aufwand kompostierbaren Grünabfälle im bisherigen Sinne zu verwerten und die Bioabfälle, die eine aufwendigere Behandlung erfordern, im Restabfall zu belassen und zu verbrennen.

3.3 Verpackungsverordnung und DSD

Eine besondere Stellung in der Abfallwirtschaft nehmen der Gelbe Sack oder die Gelbe Tonne ein: mit ihnen ist ein zweites flächendeckendes Sammelsystem – das Duale System Deutschland (DSD) – zur traditionellen öffentlich-rechtlichen Abfallentsorgung hinzugetreten. Grundlage dafür ist die bereits 1991 in Kraft getretene Verpackungsverordnung [16]. Für die Siedlungsabfallwirtschaft ist vor allem die novellierte Verpackungsverordnung (VerpackV) von 1998 [17] von Bedeutung, die zugleich die europäische Verpackungsrichtlinie 94/62/EG [18] in nationales Recht umsetzt.

Das Ziel der Verpackungsverordnung (VerpackVO) von 1991 wie auch das der novellierten Fassung war es, die öffentlich-rechtlichen Entsorger zu entlasten, das weitere Anwachsen des Verpackungsmüllanteils im Hausmüll zu begrenzen, und eine weitgehende Verwertung der Verpackungsabfälle zu erreichen. Dazu wurden Hersteller und Vertreiber bzw. Verteiler von Verpackungen verpflichtet, diese außerhalb des öffentlich-rechtlichen Entsorgungssystems zurückzunehmen und wiederzuverwenden oder stofflich zu verwerten.

Nach der novellierten Verordnung sollen bis zum 30. Juni 2001 insgesamt 65 Masse-% aller anfallenden Verpackungen[5] verwertet werden, wobei 45 Masse-% einer stofflichen Verwertung zuzuführen sind. Die restlichen 20 Masse-% können auch energetisch verwertet werden. Für Verkaufsverpackungen werden keine Erfassungs- und Sortierquoten mehr vorgeschrieben, sondern Quoten für die Verwertung der unterschiedlichen Verpackungsmaterialien (s. Tabelle 3.3–1). Zudem wurde erstmals ein Summengrenzwert für den Gehalt an Schwermetallen (Blei, Cadmium, Chrom-VI und Quecksilber) in Verpackungen festgelegt, der in zwei Stufen bis zum 30. Juni 2001 auf 100 mg/kg Verpackungsmaterial absinken soll.

Zum Schutz der als ökologisch vorteilhaft erachteten Mehrweg-Getränkeverpackungen enthält die Verpackungsverordnung eine Mehrwegquote von 72 % für die Verpackung von Bier, Mineralwasser, Fruchtsäften und Wein sowie von 20 % für Milch in Mehrweg- und Schlauchbeutelverpackungen. 1997 wurde der Mehrweganteil für Bier, Mineralwasser und Wein erstmals unterschritten [19]. Wird dieser Mehrweganteil von 72 % 1998 ebenfalls unterschritten, kann für Einwegverpackungen in diesem Getränkebereich eine Pfandpflicht erlassen werden.

[5] In der Verpackungsverordnung wird unterschieden zwischen Transportverpackungen, Umverpackungen und Verkaufsverpackungen; nur für letztere ist das DSD zuständig.

Tabelle 3.3–1: Quoten für die Verwertung von Verkaufsverpackungen nach [17]

Verpackungsmaterial	ab 1. Januar 1996	ab 1. Januar 1999
Aluminium [1)]	50 %	60 %
Glas [1)]	70 %	75 %
Kunststoffe [2)]	50 %	60 %
Papier, Pappe, Karton [1)]	60 %	70 %
Verbunde [3)]	50 %	60 %
Weißblech [1)]	70 %	70 %

[1)] stoffliche Verwertung (alle Angaben in Masse-%)
[2)] davon mindestens 60 % werkstofflich, der Rest auch rohstofflich oder energetisch
[2)] stoffliche Verwertung in einem eigenen Verwertungsweg oder Nachweis der Quote durch geeignete Stichproben im Verwertungsweg der Hauptmaterialkomponente

Um die flächendeckende Rücknahme und Verwertung von Verkaufsverpackungen[6] außerhalb des öffentlich-rechtlichen Entsorgungssystems gewährleisten zu können, wurde 1990 von 95 Unternehmen aus Handel, Konsumgüter- und Verpackungsindustrie das privatwirtschaftliche Unternehmen Duales System Deutschland GmbH (DSD)[7] gegründet. Das DSD hat den Auftrag, die Sammlung, Sortierung und Verwertung der Verkaufsverpackungen sicherzustellen und für die Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Verwertungsquoten (Mengenstromnachweis) zu sorgen; es besitzt oder betreibt selbst keine Sortier- oder Verwertungsanlagen.

Der Mengenstromnachweis umfaßt die Materialmengen der verwerteten Verkaufsverpackungen und die Menge der durch das DSD lizenzierten – d.h. mit dem Grünen Punkt versehenen – Verkaufsverpackungen. Aus diesen Mengenangaben wird die tatsächliche Verwertungsquote ermittelt. Bei Erfüllung der Quoten sind die einzelnen Lizenznehmer des DSD von der Rücknahmeverpflichtung für Verkaufsverpackungen weiterhin freigestellt. Die Erhebungen zur Überprüfung der Verwertungsquote für die gesamten Verpackungsabfälle obliegen der Bundesregierung.

Die Verantwortung für die Abnahme und stoffliche Verwertung der Wertstoffe tragen die sogenannten Garantiegeber des Dualen Systems, die auch die Daten für den jährlichen Mengenstromnachweis des DSD liefern. Garantiegeber sind entweder die Erzeu-

[6] Verpackungen, die als eine Verkaufseinheit angeboten werden und beim Endverbraucher anfallen. Verkaufsverpackungen sind auch Verpackungen des Handels, der Gastronomie und anderer Dienstleister, die die Übergabe von Waren an den Endverbraucher ermöglichen oder unterstützen (z.B. Plastiktüten, Papiertüten, Folien etc.) sowie Einweggeschirr und Einwegbestecke.

[7] unter der Schirmherrschaft des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI) und des Deutschen Industrie- und Handelstages (DIHT); seit 1997 AG mit ca. 600 Aktionären und 4,2 Mrd. DM Umsatz

gerindustrien selbst oder speziell für die Verwertung von Sekundärrohstoffen gegründete Gesellschaften (Anzahl 1999: 14 Unternehmen bzw. Gesellschaften).

Zur Einsammlung der Verkaufsverpackungen und zur Erfüllung der Rücknahmepflichten der Verpackungsverordnung hat das DSD ein eigenes flächendeckendes Sammelsystem aufgebaut, das unabhängig von den kommunalen bzw. öffentlich-rechtlichen Entsorgern besteht. Die Einsammlung und Sortierung selbst erfolgt durch vom DSD beauftragte Entsorgungspartner, die die sortierten Wertstoffe an die eigentlichen Verwerter bzw. Garantiegeber des Dualen Systems weitergeben.
Allerdings ist das DSD dazu verpflichtet, das Sammelsystem auf die jeweils vorhandenen Sammel- und Verwertungssysteme der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger abzustimmen und vertraglich festzuhalten. Das gilt insbesondere für die Gestaltung der Erfassungssysteme, den Abholrhythmus und die Auswahl von Depotcontainerstandplätzen [20].

Das DSD wird von der Verpackungsindustrie, Handelsunternehmen und von Importeuren über gestaffelte Lizenzgebühren finanziert, die sich aus einem Gewichtsentgelt und einem Stückentgelt zusammensetzen (s. Tabelle 3.3–2). Die Lizenznehmer des DSD dürfen im Gegenzug ihre Verpackungen mit dem Markenzeichen „Der Grüne Punkt“ kennzeichnen. Die so gekennzeichneten Verpackungen werden dann nach Gebrauch von den Entsorgungspartnern des DSD über Depotcontainer oder Wertstoffhöfe erfaßt sowie mittels Bündelsammlung und Wertstofftonne bzw. „Gelber Sack“ oder „Gelber Tonne“ direkt in den Haushalten gesammelt und von dort abgeholt. Die Lizenzgebühren gehen in die Preiskalkulation für das Produkt ein und werden dadurch an den Endverbraucher weitergereicht. 1998 ist die durchschnittliche Pro-Kopf-Belastung für den Grünen Punkt von 49 DM (1997) auf 44,50 DM pro Jahr gesunken [21].

Die Hersteller oder Vertreiber von Verkaufsverpackungen, die sich nicht am kollektiven Sammelsystem des DSD beteiligen, müssen selbst die Rücknahme und Verwertung der von ihnen in Verkehr gebrachten Verkaufsverpackungen gewährleisten. Nach der novellierten Verpackungsverordnung haben sie bis zum Jahr 2000 die Erfüllung der dort festgeschriebenen Verwertungsquoten (s. Tabelle 3.3–3) für die einzelnen Verpackungsmaterialien in nachprüfbarer Weise zu dokumentieren und durch einen unabhängigen Sachverständigen jährlich bescheinigen zu lassen. Die Bescheinigung ist beim DIHT zu hinterlegen und auf Verlangen den zuständigen Behörden vorzulegen. Zur Erfüllung dieser Vorgaben können die Selbstentsorger auch Kooperationen eingehen; bei Nichterfüllung müssen sie sich einem kollektiven Sammelsystem (z.B. DSD) anschließen.

Tabelle 3.3–2: Lizenzentgelt für den „Grünen Punkt“ nach [22] (Stand 1998)

	Gewichtsentgelt in DM/kg [1]	**Stückentgelt in Pf/Stück** [1]
Aluminium	1,50	
Flüssigkeitskartons	1,69	
Glas	0,15	
Kunststoff	2,95	
Naturmaterialien	0,20	
Papier, Pappe, Karton	0,40	
Sonstige Verbunde	2,10	
Weißblech	0,56	
		nach Volumen
< 50 bis 200 ml [2]		0,1 bis 0,6 [3]
> 200 bis 3.000 ml		0,7 bis 0,9 [3]
> 3.000 ml		1,2
		nach Fläche
< 150 bis 300 cm^2 [2]		0,1 bis 0,4 [2]
> 300 bis 1.600 cm^2		0,6
> 1.600 cm^2		0,9

[1] zuzüglich gesetzliche Mehrwertsteuer; ab dem 1. Januar 1999 wird außerdem eine Preissenkung von 9,5 % auf das Gesamtlizenzentgelt gewährt
[2] und bei mehr als 3 g Gewicht
[3] abhängig von der Stückzahl

In der Praxis erfüllt das Duale System die ihm zugedachte Aufgabe – der überwiegende Anteil der Verkaufsverpackungen wird über das DSD erfaßt und die vorgegebenen Verwertungsquoten werden erfüllt (s. Tabelle 3.3–3). Mit dem DSD hat sich inzwischen ein lukrativer Entsorgungsmarkt entwickelt, der einen Umsatz von 4,2 Milliarden DM umfaßt [23] und aufgrund seiner monopolartigen Stellung eine bedeutende Marktmacht besitzt. In Baden-Württemberg sind alle 44 Stadt- und Landkreise an das Rücknahme- und Verwertungssystem für Verpackungsabfälle angeschlossen [24].

Seit Inkrafttreten der Verpackungsverordnung im Jahr 1991 ist der Verbrauch von Verkaufsverpackungen in Deutschland bis 1997 von 94,7 kg auf 82,3 kg pro Einwohner und Jahr gesunken [26], was zu einem erheblichen Teil auf die Einführung abfallvermeidender und recyclingorientierter Verpackungen durch die Hersteller zurückzuführen ist, z.B. durch:

- Umstellung des Verpackungsmaterials (z.B. von Verbundverpackung auf Pappe),

- Einsparung von Verpackungsmaterialien durch Verzicht auf Verpackungen oder durch Reduzierung des Gewichts (z.B. wog 1976 eine 0,33 l Getränkedose 38 g, 1996 noch 28 g [25]),
- Nachfüllpackungen und Konzentrate (insbesondere bei Wasch- und Reinigungsmitteln).

Diese Entwicklung ist maßgeblich durch die materialorientierte Lizenzentgelterhebung unterstützt worden.

Tabelle 3.3–3: Verbrauch und stoffliche Verwertung von Verkaufsverpackungen in Deutschland durch das Duale System Deutschland nach [26]

Verpackungsmaterial	Quote [1]	1996 Verkaufsverpackungen in t			1997 Verkaufsverpackungen in t		
		verbraucht	verwertet	Quote	verbraucht	verwertet	Quote
Aluminium	**50 %**	44.415	35.926	**81 %**	46.154	39.565	**86 %**
Glas	**70 %**	3.148.740	2.686.639	**85 %**	3.087.430	2.735.765	**89 %**
Kunststoffe	**50 %**	791.816	534.953	**68 %**	822.218	566.805	**69 %**
Papier, Pappe, Karton	**60 %**	1.402.286	1.318.641	**94 %**	1.480.782	1.372.158	**93 %**
Verbunde	**50 %**	560.860	444.753	**79 %**	540.218	420.246	**78 %**
Weißblech	**70 %**	374.598	301.789	**81 %**	369.608	312.123	**84 %**

[1] Quote nach VerpackV, gültig ab 1. Januar 1996 bis 1. Januar 1999

Wie die bisherige Entwicklung zeigt, sind die Bürger zwar bereit, Wertstoffe zu trennen, verstehen aber die dem DSD zugrunde liegenden Regelungen im einzelnen kaum. So werden in der Praxis über das DSD auch Wertstoffe erfaßt, die weder zu den gekennzeichneten Verpackungen gehören noch als Verpackungen einzustufen sind. Obwohl „Gelber Sack“ und „Gelbe Tonne“ nur für die mit dem Markenzeichen „Der Grüne Punkt“ gekennzeichneten Verpackungen vorgesehen sind, sehen die Verbraucher in ihnen häufig ein generelles Sammelsystem für Kunststoffe und andere Wertstoffe (wodurch es auch zu Verwertungsquoten > 100 % kommt – s. Tabelle A–6). Dies widerspricht nicht den Zielen des KrW-/AbfG und ist auch für das DSD interessant, wenn die so zusätzlich erfaßten Stoffe vermarktet werden können. Diese Wahrnehmung des DSD-Sammelsystems führt jedoch in der Praxis zu erheblichen Fehlwürfen und damit zu zusätzlichem Sortieraufwand.

Der Anteil an Fehlwürfen bei der DSD-Sammlung, d.h. verpackungsfremde Stoffe und nicht verwertbare Kleinteile, im Gelben Sack bzw. in der Gelben Tonne liegt z.B. nach einer Eingewöhnungsphase seit 1994 für Baden-Württemberg bei ca. 20 % (s. Tabelle 3.3–4).

Tabelle 3.3–4: Aufkommen und Fehlwurfquote der DSD-Sammlung in Baden-Württemberg nach Angaben des Statistischen Landesamtes [27]

DSD-Sammlung [1]		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Aufkommen	Karlsruhe	5.425	12.324	7.940	7.688	8.151	9.112	9.453
in t	Stuttgart	–	2.797	6.027	6.587	11.330	12.660	10.960
	B-W	150.227	257.052	254.486	259.985	277.914	287.751	305.538
aussortierte	Karlsruhe	3.404	4.279	5.988	6.214	6.406	7.290	7.667
Wertstoffe	Stuttgart	–	2.269	4.987	5.614	8.843	10.046	7.454
in t	B-W	100.944	176.546	197.913	206.386	224.736	234.831	241.577
Rückstände aus	Karlsruhe	2.021	8.045	1.952	1.474	1.745	1.822	1.786
DSD-Sortierung	Stuttgart	–	528	1.040	973	2.487	2.614	3.506
in t	B-W	49.283	80.506	56.573	53.599	53.178	52.920	63.961
Fehlwurfquote	Karlsruhe	37 %	65 %	25 %	19 %	21 %	20 %	19 %
	Stuttgart	-	19 %	17 %	15 %	22 %	21 %	32 %
	B-W	33 %	31 %	22 %	21 %	19 %	18 %	21 %

[1] Sammlung Stadt Karlsruhe mittels Gelber Tonne, Stadt Stuttgart mittels Gelbem Sack

Bundesweit wurden 1998 insgesamt 6.215.416 Tonnen (1997: 6.051.250 t) [28] DSD-Abfälle mittels Gelbem Sack bzw. Gelber Tonne eingesammelt, von denen 5.483.554 Tonnen (1997: 5.446.662 t) [23] einer Verwertung zugeführt wurden. Das entspricht einer bundesweiten Fehlwurfquote von 12 % (1997: 10 %).

Obwohl das DSD seine vorgesehen Aufgabe erfüllt, ist es doch für die Abfallwirtschaft von begrenzter Bedeutung. Insgesamt betrachtet stellt das durch die Sammlung des DSD erfaßte Abfall- bzw. Wertstoffaufkommen einen Anteil von ca. 17 % am Hausmüllaufkommen dar. Abgesehen von den Fraktionen Kunststoff, Verbunde[8] und Glas wird zudem der Großteil der Wertstoffe außerhalb des DSD erfaßt. Der Anteil der mittels Gelben Sack bzw. Gelber Tonne eingesammelten Leichtverpackungen (LVP)[9] macht sogar nur ca. 4 % der Haushaltsabfälle aus.
Setzt man die vom DSD verwerteten Stoffmengen aus der Erfassung von Verkaufspackungen mit charakteristischen Vergleichsgrößen (z.B. Produktions- oder Verbrauchsmengen) in Beziehung, so zeigt sich, daß die über das DSD einer Verwertung zugeführten Stoffe – außer bei Glas – nur einen sehr kleinen Beitrag zur Ressourcenschonung liefern (s. dazu Abb. 3.3–1).

[8] diese Verbundmaterialien werden speziell zu Verpackungszwecken hergestellt und eingesetzt

[9] zu den Leichtverpackungen gehören Aluminium, Weißblech, Verbunde und Kunststoffe

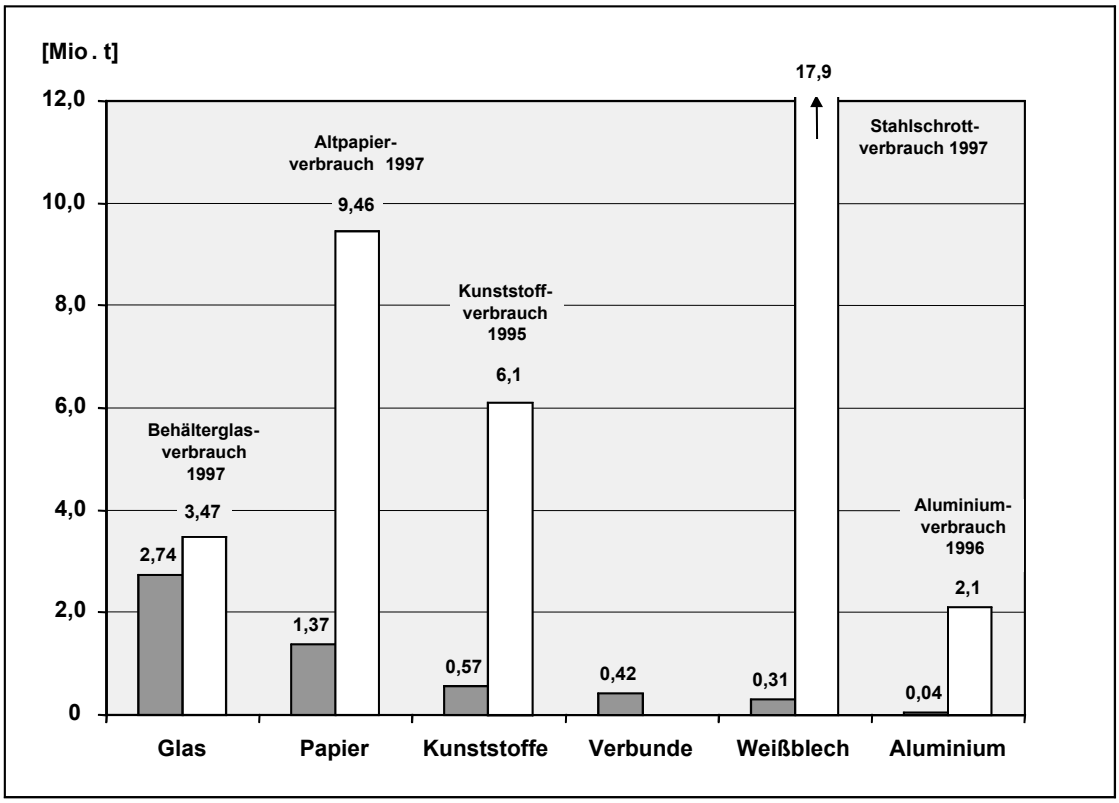

Abb. 3.3–1: Vom DSD verwertete Verkaufspackungen in Deutschland im Jahr 1997 und Vergleichsgrößen zum Verbrauch nach [26][29]

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob die mit hohem Aufwand und durchaus erfolgreich durchgeführte Sammlung und Sortierung der Gelben Säcke unter ökonomischen und auch ökologischen Gesichtspunkten in der gegenwärtigen Form sinnvoll ist.

Die ohnehin erforderliche Sortierung der DSD-Abfälle könnte es sinnvoll erscheinen lassen, das DSD zu einem generellen Wertstoff- oder Abfallsammelsystem auszuweiten. Auch könnte daran gedacht werden, stofflich nur schlecht verwertbare Verpackungen – insbesondere kleinteilige und vermischte Kunststoffe – aus der Verpackungsverordnung herauszunehmen und mit dem Restabfall einzusammeln.

3.4 Literaturverzeichnis zu Kapitel 3

[1] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG) vom 27. September 1994 (BGBl. I S. 2705), geändert durch Gesetz vom 12. September 1996 (BGBl. I S. 1354, 1356), zuletzt geändert am 25. August 1998 (BGBl. I S. 2455)

[2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Umweltbericht 1998 - Zusammenfassung. Sonderteil in Umwelt (1998) Nr. 7/8

[3] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (WA II 2): Ein Jahr Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – Eine Zwischenbilanz. Umwelt (1997) Nr. 11, S. 478-482

[4] Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU): Umweltgutachten 1998. Umweltschutz: Erreichtes sichern – Neue Wege gehen. Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart 1998

Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU): Umweltgutachten 2000. Schritte ins nächste Jahrtausend (Kurzfassung). http://www.umweltrat.de/gutach00.htm

[5] Verordnung über die Rücknahme gebrauchter Batterien und Akkumulatoren (Batterieverordnung – BattV) vom 27. März 1998 (BGBl. I S. 658)

[6] Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen und die Behandlung von Altlasten in Baden-Württemberg (Landesabfallgesetz - LAbfG) in der Fassung vom 15. Oktober 1996 (GBl. S. 617), zuletzt geändert durch Gesetz vom 16. Juli 1998 (GBl. S. 422)

[7] Irion, C.: Aufstand der Minister gegen Grünen Punkt. Rheinland-Pfalz-Umweltministerin Martini will das Duale System teilweise abschaffen. Berliner Morgenpost vom 8. März 1999

[8] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Leitfaden Siedlungsabfälle. Reihe Luft - Boden - Abfall, Heft 12, Stuttgart, Fortschreibung Oktober 1996

[9] Amt für Abfallwirtschaft und Stadtreinigung: Satzung über die Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen (Abfallwirtschaftssatzung für die Landeshauptstadt Stuttgart – AfS) vom 4. Dezember 1997, zuletzt geändert am 17. Dezember 1998

[10] Spranger, T. M.: Zur Rechtmäßigkeit kommunaler Abfallvermeidungsklauseln im Friedhofsrecht. Natur und Recht **20** (1998) Nr. 4, S. 185 ff

[11] Urteil des Verwaltungsgerichtshofes Baden-Württemberg vom 21. Juli 1998 (Az. 10 S 2614/97)

[12] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (WA II 4): Bioabfallverordnung tritt in Kraft – Weiterer Ausbau der Bioabfallverwertung möglich. Umwelt (1998) Nr. 10, S. 487-489

[13] Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall). Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen vom 14. Mai 1993 (BAnz. vom 29. Mai 1993, S. 4967, mit Beilagen)

[14] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Leitfaden Bioabfallkompostierung. Reihe Luft - Boden - Abfall, Heft 25, Stuttgart, Juli 1994

[15] Seewald, S.: Rechnungshof: Biomüll ist teuer und unhygienisch. Berliner Morgenpost vom 22. Juni 1999

Rechnungshof von Berlin: Jahresbericht 1999. Drucksache 13/3649 des Abgeordnetenhauses von Berlin, S. 103-105

[16] Verordnung über die Vermeidung von Verpackungsabfällen (Verpackungsverordnung – VerpackVO) vom 12. Juni 1991 (BGBl. I S. 1234), geändert durch Verordnung vom 26. Oktober 1993 (BGBl. I S. 1782)

[17] Verordnung über die Vermeidung und Verwertung von Verpackungsabfällen (Verpackungsverordnung – VerpackV) vom 27. August 1998 (BGBl. I S. 2379)

[18] Richtlinie 94/62/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Dezember 1994 über Verpackungen und Verpackungsabfälle (Abl. Nr. L 365 vom 31.12.1994, S. 10-23)

[19] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (WA II 4): Erhebungen zur Mehrwegquote 1997 – Mehrweganteil von 72 Prozent bei Getränkeverpackungen erstmals unterschritten. Umwelt (1999) Nr. 1, S. 28-29

[20] Potthast, W.: Die novellierte Verpackungsverordnung. Umwelt **28** (1998) Nr. 9, S. 30-32

[21] Duales System Deutschland AG (Hrsg.): Duales System gewinnt 1.800 neue Kunden – 1998 war erfolgreiches Geschäftsjahr. Pressemitteilung des DSD vom 23. Juni 1999

[22] Duales System Deutschland AG (DSD): Der Grüne Punkt in Europa. DSD, Köln Juni 1998

[23] Duales System Deutschland AG (DSD): Geschäftsbericht 1998. DSD, Köln, Mai 1999

[24] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Abfallwirtschaftsplan für Baden-Württemberg – Teilplan Siedlungsabfälle. UVM, Stuttgart, Dezember 1998

[25] Interseroh GmbH: Weißblech-Recycling. Interseroh GmbH, Köln, April 1998

[26] Duales System Deutschland AG (DSD): Verpackungsrecycling – Techniken, Trend, Tendenzen. DSD, Köln, 1.Auflage Januar 1998 und 2. aktualisierte Auflage August 1998

[27] Persönliche Mitteilung des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg zu Aufkommen, Sortierung und Rückstände des DSD von 1992-1998, August 1999

[28] Duales System Deutschland AG (DSD): Bundesbürger ökologisch vorbildlich: Sammeln und Recyceln weiter im Trend. Duales System legt Mengenstromnachweis 1998 vor. Pressemitteilung des DSD vom 3. Mai 1999

[29] Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. (bvse): Geschäftsbericht 1998. bvse, Bonn 1998

Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. (bvse): Zahlen, Daten, Fakten 1997/1998. bvse, Bonn 1998

Brandrup, J.: Ökologie und Ökonomie der Kunststoffverwertung. Müll und Abfall **30** (1998) Nr. 8, S. 492-501

Interseroh GmbH: Aluminium-Recycling. Interseroh GmbH, Köln, April 1998

4 Abfallentsorgung und Müllgebühren

Die Abfallentsorgung wird in der Praxis maßgeblich durch die Anforderungen an das Getrenntsammeln und die dafür eingesetzten Organisationsformen und Sammelsysteme sowie den Umfang der erforderlichen Sortierung bzw. Nachsortierung und die dort verwendeten Verfahren bestimmt. Beide beeinflussen die Entsorgungskosten und damit auch die von den Bürgern zu entrichtenden Müllgebühren.

Abb. 4.1-1 gibt einen Überblick über die vielfältigen Getrenntsammlungen, die sich in den Stadt- und Landkreisen – abhängig von den jeweiligen Abfallsatzungen – im Detail unterscheiden können (z.B. zusätzliche Getrenntsammlung von Kühlgeräten, Elektronikschrott etc.).

4.1 Erfassung von Wertstoffen und Sammelsysteme

Die Aufteilung der entstehenden Abfälle bei der Hausmüllentsorgung auf die kommunale Entsorgung und andere Entsorgungswege – DSD, getrennte Wertstofferfassung, Problemstoffsammlung etc. – hängt in großem Umfang von den angebotenen Sammelsystemen ab, die in unterschiedlicher Weise für die Erfassung von Abfällen und Wertstoffen geeignet sind (s. Tabelle 4.1-1).
Zu unterscheiden ist zwischen Holsystemen, bei denen der Abfall direkt am Grundstück des Abfallbesitzers abgeholt wird, und Bringsystemen, bei denen der Abfallbesitzer seine Abfälle zu einem Sammelplatz außerhalb seines Grundstückes transportieren muß. Holsysteme bedeuten für die Haushalte geringeren Aufwand und erlauben die Erfassung eines hohen Anteils der Wertstoffe, führen jedoch – bei der getrennten Erfassung von Wertstoffen – zu hohen Kosten. Bringsysteme führen in der Regel für den Entsorger zu geringeren Kosten als Holsysteme, da ein Teil des Sammelaufwandes von den Haushalten direkt übernommen werden muß.

Zu den traditionellen ***Holsystemen*** für Abfälle gehören die regelmäßige Leerung der *Restmülltonne* und Straßensammlungen, wie z.B. für Sperrmüll. *Straßensammlungen* bzw. *Bündelsammlungen* sind auch zur Wertstofferfassung geeignet. Dabei werden Papier, Textilien, Metall und auch Gartenabfälle vor dem Hause abgelegt und in der Regel durch Vereine, karitative Organisationen oder private Altstoffhändler abgeholt.

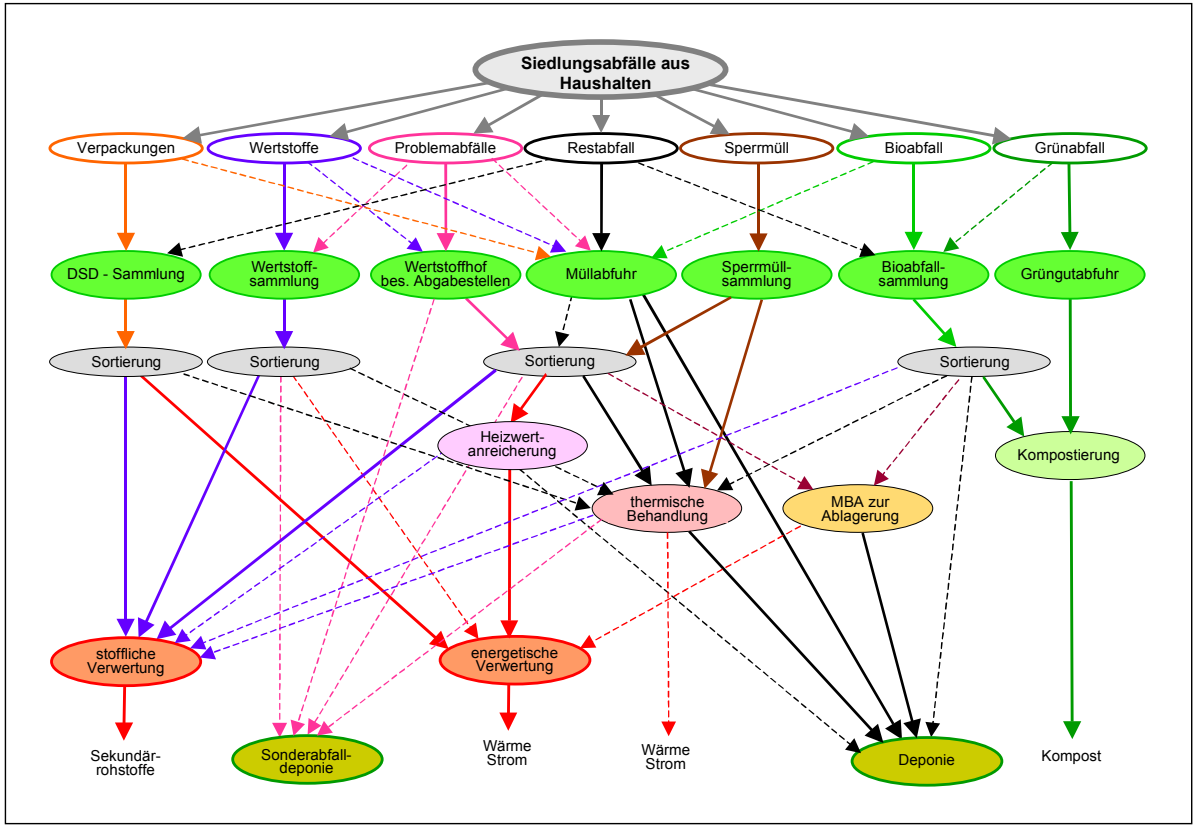

Abb. 4.1-1:Getrenntsammlungs- und Entsorgungssysteme für Siedlungsabfälle aus Haushalten

Tabelle 4.1-1: Vergleich von Abfallerfassungssystemen nach [1]

Systeme	Erfaßbare Abfälle bzw. Wertstoffe	Lokale Voraussetzungen	Vermarktbarkeit der Wertstoffe	Erfaßbare Mengen	Technische Randbedingungen	Akzeptanz
Restmülltonne	Restabfälle	-	-	ca. 100 %	keine besonderen Anforderungen	sehr gut
Straßensammlung, Bündelsammlung	Papier, Pappe, Glas, Metalle, Textilien	Einschränkung bei Wohnanlagen	gut	ca. 20 %	geringer technischer Aufwand	sehr gut - gut
Wertstoffsack	Papier, Pappe, Glas, Kunststoff	-	gut	< 80 %	Sortieranlage erforderlich	gut
Einstoffbehälter	Papier, Pappe, Glas,	Einschränkung im Innenstadtbereich	hohe Sortenreinheit, gut	< 80 %	Nachsortierung bedingt erforderlich	mittel
Mehrstoffbehälter	Papier, Pappe, Glas, Metalle, Kunststoff, Textilien	Einschränkung im Innenstadtbereich	bedingt absetzbar	unterschiedlich	Sortieranlage erforderlich	mittel
Biotonne, evtl. mit Papier	Kompostfraktion, Papier, Pappe	abhängig von örtlicher Baustruktur	mittel-gut, abhängig von Schadstoffanteil	30-50 %	Kompostanlage für Bioabfall erforderlich	mittel
Systemkombinationen/Dreitonnensystem	Papier, Pappe, Glas, Metalle, Kunststoff, Textilien, Holz, Bioabfälle	Standortproblematik, Einschränkung im Innenstadtbereich	mittel-gut	bis 70 %	Sortier- und Kompostanlage erforderlich	mittel
Depotcontainer	Papier, Pappe, Glas, Metalle	gezielte Auswahl der Standplätze	hohe Sortenreinheit, sehr gut	< 60 %	Nachsortierung erforderlich	gut - mittel
Wertstoff- bzw. Recyclinghof	Papier, Pappe, Glas, Metalle, Kunststoff, Textilien, Holz	2.000-20.000 Einwohner pro Hof, gute Anfahrmöglichkeit	hohe Sortenreinheit, sehr gut	ca. 10 %	ausreichende Gebäude-, Verkehrs-, Stell- und Lagerflächen erforderlich	gut
Getrennte Sammlung von einzelnen Gewebeabfallkomponenten (Monoladungen)	Papier, Pappe, Glas, Metalle, Kunststoff, Holz, Kompostfraktion	für jeden Betrieb möglich, Transportoptimierung bei weiträumigen Betrieben	gut-sehr gut	bis 50 %	keine besonderen technischen Anforderungen	mittel

Zur Abtrennung von Wertstoffen bereits bei der Erfassung werden zunehmend neben dem Restabfallbehälter *Einstoffbehälter*, *Mehrstoffbehälter* oder der *Wertstoffsack* eingesetzt. Einstoffbehälter ermöglichen eine hohe Sortenreinheit der eingesammelten Abfälle. Mehrstoffbehälter und Wertstoffsack dienen zur Sammlung mehrerer Wertstoffe in einem Behältnis (z.B. Grüne Tonne, Gelber Sack etc.) und bewirken zwar hohe Erfas-

sungsquoten, führen jedoch zu einem höheren Nachsortierungsaufwand[1] und einer geringeren Qualität der Wertstoffe.

Zur getrennten Erfassung von organischen Abfällen wird in wachsendem Umfang die *Biotonne* verwandt. Sie ist inzwischen in 27 von 44 Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs flächendeckend und in sieben Gebietskörperschaften in Teilgebieten eingeführt worden [2]. Zur Vermeidung von Geruchs- und Hygieneproblemen wird von [3] als Minimum die 14-tägige Abfuhr des Einstoffbehälters verlangt.

Holsysteme bedeuten für die Haushalte geringeren Aufwand und erlauben die Erfassung eines hohen Anteils der Wertstoffe, führen jedoch – bei der getrennten Erfassung von Wertstoffen – zu hohen Kosten..

Zu den typischen ***Bringsystemen*** gehören Depotcontainer und Wertstoff- bzw. Recyclinghöfe.
Depotcontainer werden vornehmlich zur getrennten Erfassung von Glas, Metallen, Papier, Kunststoffen und Textilien verwendet. Mit Depotcontainern kann eine relativ hohe Sortenreinheit erreicht werden. Schwierigkeiten ergeben sich bei der Suche nach geeigneten Stellplätzen in verdichteten Gebieten (Optik, Lärm [4], Platz) sowie bei der Sauberhaltung der Stellplätze.
Wertstoff- oder Recyclinghöfe erlauben es, auch nicht über die Depotcontainer erfaßbare Wertstoffe zu sammeln, wie z.B. Holz, nach Arten getrennte Kunststoffe, Aluminium, Gartenabfälle, Pappe, usw. Allerdings sind größere Entfernungen zu den Abfallbesitzern sowie eingeschränkte Öffnungszeiten als nachteilig anzusehen. Als Anhaltswert für die Größe des Einzugsgebietes können je nach Bevölkerungsdichte 2.000 bis 20.000 Einwohner/Hof gelten. Als Grenze für ein Nutzungsgebot wurde vom Bundesverwaltungsgericht eine zurückzulegende Entfernung von 2 km festgelegt [5]. In Baden-Württemberg existieren insgesamt 611 Wertstoffhöfe, wobei die Spanne innerhalb der einzelnen Kreisen von Null bis 60 reicht [6].

Trotz der vielfältigen Bemühungen, eine weitgehende Trennung von verwertbaren und nicht verwertbaren Bestandteilen des Abfall bereits bei der Einsammlung zu erreichen, ist praktisch bei allen Erfassungssystemen eine Sortierung oder Nachsortierung erforderlich, um die Wertstoffe ausreichend sortenrein zu gewinnen.

Bisheriger Standard für die Sortierung von Abfällen bzw. Wertstoffen sind in der Regel einfache, allerdings auch personalintensive Aufbereitungs- und Sortiertechniken. Durch Siebung mittels Trommel- oder Schwingsieb werden kleine Teile wie Glasbruch, Papier oder Keramik aussortiert und häufig direkt im Anschluß daran eine Entnahme von größeren Folien vorgenommen. Mit einem in nahezu allen Anlagen vorhandenen Magnet-

[1] Die Nachsortierung von Gelbem Sack bzw. Gelber Tonne erfolgt bislang weitgehend von Hand an Sortierbändern.

abscheider werden Eisenmetalle abgetrennt. Anschließend folgt in der Regel eine manuelle Sortierung an Lese- bzw. Sortierbändern nach den entsprechenden Wertstoffen [7].

Aus Gründen des Arbeitsschutzes und auch der ökonomischen Optimierung werden z.B. vom DSD immer stärker teil- bzw. vollautomatisierte Sortieranlagen gefordert. In derartigen Anlagen können die Materialien magnetisch, elektrisch (Wirbelstromabscheider), nach Größe, Flächigkeit und Dichte oder optischen Eigenschaften (optoelektronisch) getrennt werden.

Mittel- bis langfristig wird die Entwicklung **vollautomatischer Sortieranlagen** angestrebt, die die personalintensive händische Sortierung überflüssig machen und die Kosten für Sammlung und Sortierung (bisher ca. 650-700 DM/t) um bis zu 50 % senken sollen [7][8]. In Deutschland sind bereits mehrere weltweit einzigartige, vollautomatische Sortieranlagen entwickelt worden, die mit Hilfe von Optoelektronik und über die Sortierung nach Materialeigenschaften eine hohe Sortenreinheit (bis 99 %) erreichen und z.B. Kunststoffmischabfälle in Aluminium, Aluminiumverbunde, Fe-Metalle, Polyolefine (PE, PP), Mischkunststoffe und Papier/Faserstoffe auftrennen und einer qualitativ hochwertigen Verwertung zuführen können [9] (s. auch Anhang B).

Mit der Entwicklung leistungsfähiger, automatischer Sortierverfahren erhebt sich zwangsläufig die Frage, ob die Getrenntsammlung von Wertstoffe in den Haushalten nicht an die Möglichkeiten der automatischen Sortierverfahren angepaßt werden müssen.
Denkbar wäre, die Getrenntsammlung von Wertstoffen auf solche Stoffe zu beschränken, die automatisch sortierbar und einer hochwertigen Verwertung zuführbar sind, und diese mit einer Wertstofftonne/Wertstoffsack einzusammeln. Alle ungeeigneten Wertstoffe würden dann zusammen mit den Restabfällen der vorgeschriebenen Restabfallbehandlung unterworfen.
Dafür müßte jedoch die sich ausschließlich auf Verkaufsverpackungen beschränkende DSD-Sammlung zugunsten einer spezifischen Wertstoffsammlung aufgegeben werden, was angesichts der Konkurrenz zwischen öffentlich-rechtlichen Entsorgern und der privaten Entsorgungswirtschaft nicht leicht umzusetzen sein wird.

4.2 Wertstofferfassung in der Praxis

Bei den wichtigsten Wertstoffen – Altpapier, Altglas, Metalle, Altkunststoff, Flüssigverpackungen und Verpackungsverbunde – ergab sich 1996 das nachfolgende Bild:

Altpapier

Der Hauptanteil der in den Haushalten gesammelten Wertstoffe besteht aus Papier, Pappe und Karton (PPK). 1996 wurden in Deutschland insgesamt 10.912.000 t Altpapier, Pappe und Karton erfaßt [10], davon 12,1 % über das DSD [8] aus Haushalten.[2]

Allerdings wird in Deutschland schon seit 1980 mehr PPK gesammelt, als zur Produktion von Papier, Pappe und Karton verbraucht wird. 1996 wurden in Deutschland 8.888.000 t Altpapier verbraucht, 2.958.000 t exportiert und 934.000 t importiert [10]. Durch die Umsetzung der Verpackungsverordnung stieg die Altpapiereinsatzquote in der deutschen Papierindustrie von durchschnittlich 49 % im Jahr 1990 auf 60 % im Jahre 1996. Während Zeitungspapier und Wellpappe heute zu 100 % aus Altpapier bestehen, liegt der Altpapieranteil im Verpackungsbereich bei ca. 93 % [12].

Die Sammlung der Wertstoffe Papier, Pappe und Karton erfolgt über lokal unterschiedliche Systeme (z.B. Depotcontainer, Grüne Tonne, Bündelsammlung etc.) als Mischsammlung, d.h. alle Papiersorten werden zusammen erfaßt und meistens direkt zur Verwertung in Papierfabriken gebracht [8]. Nur vereinzelt trennen Sortierbetriebe zuvor graphische Papiere von Verpackungspapieren bzw. Karton.

Die von der Verpackungsverordnung vorgeschriebene Verwertungsquote von 60 % wurde 1996 bei Altpapier mit 94 % vom DSD [8] deutlich überschritten. Allerdings ist die Kreislauffähigkeit des Papiers auf ungefähr sieben Umläufe beschränkt, da bei der Aufbereitung die einzelnen Papierfasern immer kürzer werden, bis sie schließlich nicht mehr zur Herstellung von neuem Papier taugen. Reststoffe, die sich nicht mehr zu Papier verarbeiten lassen, werden einer energetischen Verwertung zugeführt [12].

Altglas

Altglas fällt im Bereich der häuslichen Abfälle nahezu komplett (99 %) als Verpackungsabfall an. 1996 wurde in Deutschland 3.601.350 t Behälterglas für Einweg- und Mehrwegverpackungen verbraucht. Von den 1996 in Deutschland gesammelten

[2] In Baden-Württemberg wurden im gleichen Jahr 748.278 t Altpapier, Pappe und Karton gesammelt, davon 31,9 % über das DSD [11]

3.103.540 t Altglas (davon 84,8 % über das DSD aus Haushalten, der Rest aus Gewerbebetrieben) wurden 88,8 % in der Behälterglasindustrie werkstofflich und 2,7 % alternativ als Baustoff rohstofflich verwertet; 96.975 t Altglas wurden ex- und 75.285 t importiert [13].[3]

Altglas wird in Deutschland bereits seit 1974 getrennt gesammelt. Durch die Umsetzung der Verpackungsverordnung stieg die Verwertungsquote für Behälterglas im Inland von durchschnittlich 54 % im Jahr 1990 auf 79 % im Jahre 1996 [13].
Die Erfassung erfolgt zu über 80 % mit Hilfe von Depotcontainern [1]. Durch das getrennte Erfassen der drei Glasfarben Weiß, Braun, Grün (Blau) kann das eingesammelte Altglas direkt einer Aufbereitungsanlage zugeführt werden, in der allerdings Störstoffe (Metalle, Papier, Keramik, Steingut, Porzellan etc.) und fehlfarbenes Glas[4] aussortiert werden müssen. Dadurch ist es möglich, bis zu 98 % der eingesammelten Glasmenge zu verwerten [8].

Die von der Verpackungsverordnung vorgeschriebene Verwertungsquote von 70 % wurde 1996 bei Altglas mit 79 % (nach DSD: 85 %) übertroffen. Im Gegensatz zu Altpapier ist Altglas ein unbegrenzt recyclingfähiges Material. Der Einsatz von 80 % Altglas verringert den Energiebedarf der Schmelze um ca. 24 % gegenüber einer Schmelze mit 15 % Altglasanteil [14].

Altmetalle

Die Verwertung von Schrott ist eine der ältesten Recyclingbranchen der Welt und Verwertungspfade für Metalle waren – wie die von Papier und Glas – schon vor der Einführung des DSD etabliert. Während aber 1990 in Deutschland nur 271.782 t Altmetalle [15] über die öffentliche Abfallentsorgung getrennt anfielen, wurden 1996 schätzungsweise 1 Mio. t Altmetalle aus privaten Haushalten und Kleingewerbe gesammelt, wobei 301.789 t Weißblech und 35.926 t Aluminium über das DSD [10] erfaßt und zur Verwertung weitergegeben wurden.[5]

Altmetalle werden über spezielle Wertstoffsammlungen oder in Recyclinghöfen erfaßt oder stammen aus der Sortierung in Kompostwerken bzw. den Rückständen von Müllverbrennungsanlagen. Das DSD sammelt Verpackungen bzw. Verbunde aus Weißblech und Aluminium entweder zusammen mit anderen Wertstoffen im Gelben Sack bzw.

---

[3] In Baden-Württemberg wurden im gleichen Jahr 318.108 t Altglas gesammelt, davon 99,1 % über das DSD [11].

[4] Weißglas verträgt praktisch keine Fehlfarben (Fehlfarbenanteil < 0,2 %), während Braunglas bis zu 8 % und Grünglas bis zu 15 % andersfarbige Scherben enthalten kann [14].

[5] In Baden-Württemberg wurden im gleichen Jahr 192.045 t Altmetalle[5] gesammelt, davon 62.428 t Weißblech und Aluminium über das DSD [11].

Gelber Tonne oder über Depotcontainer. In Sortieranlagen wird das Metall aus dem Stoffstrom mit Hilfe von Magnetabscheidern (Eisenmetalle) oder durch Wirbelstromabscheider (Nichteisenmetalle) aussortiert. Die erfaßten Altmetalle können über ein dichtes Netz von Schrotthändlern einer Verwertung zugeführt werden. Eisenmetalle werden in der Regel im Stahlwerk direkt zur Stahlherstellung eingesetzt, während Aluminium noch nachsortiert bzw. aufbereitet werden muß.

Weißblech wird ausschließlich zu Verpackungszwecken genutzt und besteht zu 99,8 % aus Stahlblech[6] [16]. 1996 wurden 736.000 t Weißblech zu unterschiedlichen Verpackungszwecken eingesetzt (u.a. 32 % Getränke, 25 % Nahrungs- und Genußmittel, 12 % Verschlüsse etc.).
Weißblech läßt sich ohne Qualitätsverlust beliebig oft zu neuem Stahl einschmelzen. Allerdings geht dabei das Zinn (0,2 Gew.-%) über die Schlacke verloren und muß ersetzt werden. 1997 lag der Schrottverbrauch in der eisenschaffenden Industrie bei 17.893.000 t und der spezifische Schrotteinsatz bei durchschnittlich 400 kg pro Tonne erzeugten Rohstahls [17], wobei der größte Anteile des Stahlschrotts aus der Metallverarbeitung und der Autoverschrottung stammt.

Aluminium wird als vielseitiger Werkstoff in den unterschiedlichsten Bereichen verarbeitet. 1996 wurden von 2,1 Mio. t verarbeitetem Aluminium ca. 10 % für die Produktion unterschiedlichster Verpackungen wie Dosen, Tuben, Folien oder Schraubverschlüsse verwendet [18].
Aluminium läßt sich ebenfalls beliebig oft einschmelzen und zu neuen Aluminiumprodukten verarbeiten. Während blankes, unbedrucktes Aluminium direkt eingeschmolzen werden kann, muß lackiertes oder beschichtetes bzw. in verbunden enthaltenes Aluminium zuvor aufbereitet werden. Gegenüber der Neuproduktion von Aluminium aus Bauxit läßt sich durch Einschmelzen von Sekundäraluminium bis zu 95 % der erforderlichen Energie einsparen. 1995 lag der Anteil von Sekundäraluminium bei der Herstellung von Neuware in Deutschland bei ca. 42 % [18].

Die in der Verpackungsverordnung festgeschriebenen Verwertungsquoten für Aluminium (50 %) und Weißblech (70 %) wurden 1996 mit jeweils 81 % vom DSD übertroffen.

Altkunststoffe

Kunststoffabfälle entstehen bei der Produktion von Kunststoffgranulat, bei dessen Verarbeitung zu Halbzeugen oder Fertigerzeugnissen und schließlich nach der Nutzung der Kunststoffprodukte. 1996 wurden in Deutschland 10.870.000 t Kunststoffe für unter-

[6] Stahlblech mit einer Dicke von 0,1 bis 0,49 mm, das elektrolytisch mit einer dünnen Zinnschicht versehen wird.

schiedliche Anwendungsbereiche produziert, davon wurden 27,1 % für Verpackungen verwendet [19], z.B. in Form von Polystyrol (PS)[7], Polyethylen (PE)[8], Polypropylen (PP), Polyethylenterephthalat (PET) und Polyvinylchlorid (PVC).

In Deutschland wurden 1995 insgesamt 1.303.730 t Altkunststoffe eingesammelt, darunter 37,2 % Verpackungsabfälle aus Haushalten durch DSD-Sammlung[9], 70.957 t andere Verpackungen, 81.273 t Investitions-/Gebrauchsgüter und 666.500 t als Produktions- und Verarbeitungsabfälle aus Industrie und Gewerbe [10]. Von den 1995 erfaßten Kunststoffabfällen wurden 67 % in Deutschland verwertet, 29 % exportiert und 4 % beseitigt.[10]

Außer in Gewerbebetrieben und Recyclinghöfen werden Kunststoffe in der Regel als Kunststoffgemische erfaßt. Verpackungskunststoffe aus Haushalten werden in der Regel vom DSD mit Gelben Säcken oder Gelben Tonnen vermischt mit anderen Wertstoffen gesammelt. D.h. Kunststoffe müssen in der Regel vor einer Verwertung zuerst in Sortieranlagen aus einem Wertstoffgemisch aussortiert und in sortenreine Fraktionen getrennt werden. 1996 fanden sich in den einzelnen Sortierfraktionen des Dualen System Deutschlands im Durchschnitt 27 % Folien (PE-LD), 9 % Flaschen bzw. Hohlkörper (PE-HD und PP), 2 % Becher (PS), 1 % Styropor (EPS) und 61 % Mischkunststoffe [8].

Von den 534.953 t [8] 1996 durch das DSD aus deutschen Haushalten eingesammelten Kunststoffverpackungen konnten im selben Jahr 88,8 % verwertet werden [20]. Davon wurden 52 % werkstofflich (154.000 t im Inland, 29.000 t in der EU) und 48 % rohstofflich verwertet.

Bezogen auf den Kunststoffverpackungsverbrauch von 791.816 t [8] wurde 1996 die von der Verpackungsverordnung vorgeschriebene Quote von 50 % stofflicher bzw. 30 % werkstofflicher Verwertung für Kunststoffe mit 61 % bzw. 32 % erfüllt.

Allerdings können aus Kunststoffverpackungen (insbesondere Lebensmittelverpackungen) in der Regel aus hygienischen und technischen Gründen nicht mehr die gleichen Produkte erzeugt werden. Lediglich saubere und sortenreine Altfolien (z.B. von Transportverpackungen) werden wieder zu Folien, Müllsäcken oder Plastiktüten.

---

[7] Styropor bzw. expandierter Polystyrol-Hartschaum (EPS) stellt eine Sonderform des Polystyrols dar, das durch ein Treibmittel (Pentan) bei der Verarbeitung zu Verpackungen oder Baustoffen aufgeschäumt wird und zu ca. 98 Vol.-% aus Luft besteht.

[8] Bei Polyethylen wird zusätzlich zwischen PE-LD, einem Polyethylen niederer Dichte für weiche Plastiktüten und andere Folien, sowie PE-HD unterschieden, einem Polyethylen höherer Dichte für „knisternde“ Plastiktüten und Hohlkörper bzw. Flaschen.

[9] 1996: 534.953 t [8]

[10] In Baden-Württemberg wurden im gleichen Jahr 102.983 t (1996: 92.820 t) Kunststoffe gesammelt, davon 83,8 % (1996: 89,1 %) über die Duales System Deutschland AG [11].

Altstyropor (EPS) kann bis zu einem Anteil von 15 % zur Herstellung von Neuware oder für die Herstellung von porösen Wärmedämmziegeln, Wärmedämmplatten, Wärmedämmputz eingesetzt werden. Durch Wärmezufuhr unter Entgasung schmilzt Altstyropor zu kompaktem Polystyrol (PS) und kann z.B. zu Schaltern, Tonband- und Videocassetten, Büromaterialien oder Gehäusen für Elektrogeräte verarbeitet werden [21]. Weitere Kunststoffrecyclingprodukte (teilweise auch aus Mischkunststoffen) werden u.a. im Hoch- und Tiefbau (z.B. Rohre, Wärmedämmung, Recyclingfenster), in der Verkehrstechnik (z.B. Verkehrsinseln, Lärmschutzwände), in Industrie- und Gewerbe (z.B. Paletten, Gittersteine, Kunststoffplatten) sowie in Garten und Landwirtschaft (z.B. Pfosten, Palisaden, Stallböden, Pflanzgefäße, Gartenmöbel) eingesetzt [22].

Verbunde

Als Verbunde werden Materialien bezeichnet, die aus zwei oder mehr verschiedenen Stoffen bestehen (z.B. Papier und Kunststoff, Weißblech und Aluminium, Papier mit Kunststoff und Aluminium etc.), die von Hand nicht getrennt werden können und deren Hauptmaterialanteil weniger als 95 % beträgt.
Speziell für den Verpackungssektor hergestellte Verbunde werden häufig als Lebensmittelverpackungen eingesetzt, z.B. als Getränkekartons für Milch oder Säfte.[11] Auch Getränkedosen, die aus Weißblech und Aluminium (Verschluß) bestehen, werden seit 1995 zu den Verbunden gerechnet [8].

In Deutschland wurden 1996 insgesamt 560.860 t Verpackungsverbunde verbraucht, von denen 79,3 % über das DSD eingesammelt und einer Verwertung zugeführt wurden.[12]

In der Regel werden bei Verbundmaterialien nur die Hauptkomponenten einer stofflichen Verwertung zugeführt. Bei papierhaltigen Verbunden, wie z.B. Getränkekartons, wird das Papier in dazu eingerichteten Papierfabriken in Stofflösern/Pulpern abgetrennt und direkt zur Papierherstellung werkstofflich verwertet. Die aus Kunststoff und Aluminium bestehenden Rückstände werden z.B. in einem Zementwerk energetisch verwertet [8]. Getränkedosen, die überwiegend aus Weißblech bestehen, werden wieder zu Stahl eingeschmolzen, wobei Aluminiumanteile in der Schlacke landen und für einen Recyclingprozeß verlorengehen.

---

[11] Getränkekartons bestehen zu 75-80 % aus Papier (0,4 mm dicker Karton), 20-21 % Kunststoff (zwei bis drei 0,045 mm dicke Polyethylenschichten) und evtl. 4 % Aluminium (0,0065 mm dicke Aluminiumfolie) [23]

[12] In Baden-Württemberg wurden im gleichen Jahr 22.159 t Flüssigkartons und Verbunde gesammelt, davon 96,0 % durch das DSD [8].

Die von der Verpackungsverordnung vorgeschriebenen Verwertungsquoten für Verpackungsverbunde (50 %) wurden 1996 mit 79 % vom DSD übertroffen.

4.3 Abfallentsorgung in Baden-Württemberg

Durch die separate Erfassung der Wertstoffe verändern sich die Entsorgungswege (s. Abb. 4.3-1) für Abfälle immer mehr zugunsten der Verwertung durch private Entsorger. In der öffentlichen Abfallentsorgung werden damit geringere Kapazitäten zur Abfallbehandlung und -beseitigung benötigt – im Extremfall können auch bestehende Anlagen (insbesondere Müllverbrennungsanlagen) nicht mehr ausgelastet werden.

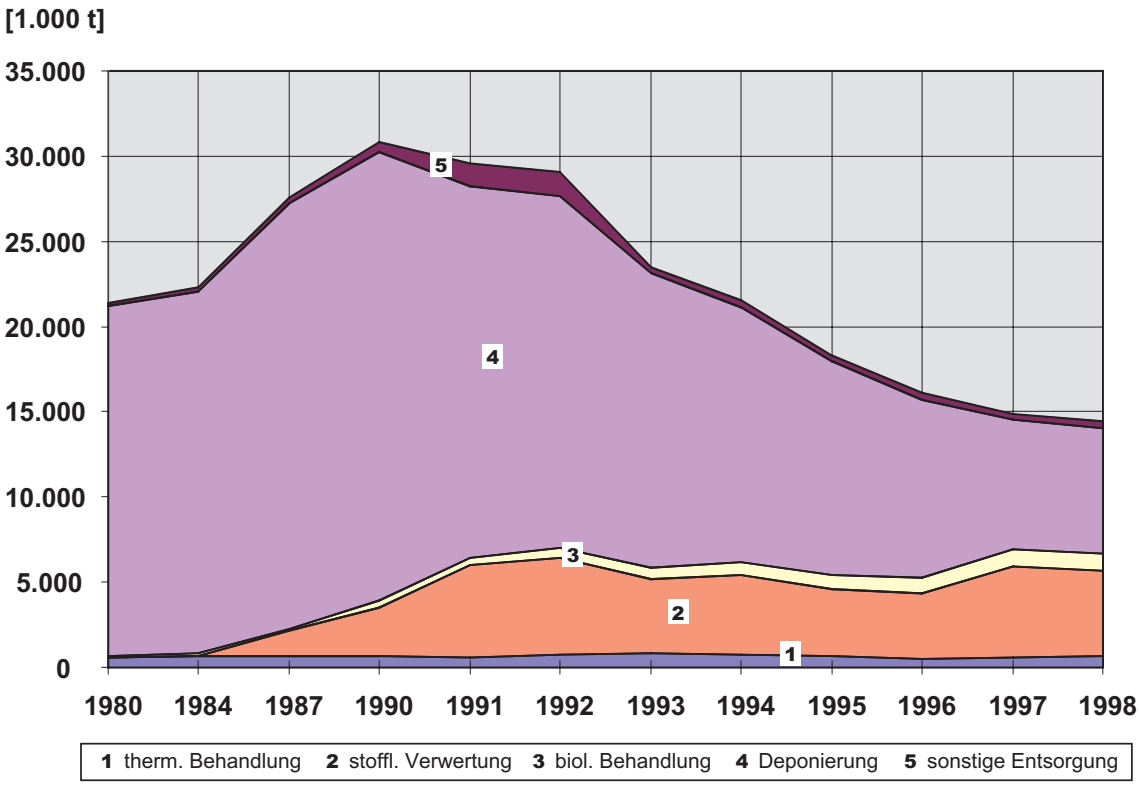

Abb. 4.3-1: Entsorgungswege für Siedlungsabfälle in Baden-Württemberg (1980 bis 1997) nach [24] – Tabelle A–7

1998 wurden ca. 5 Mio. Tonnen (34,8 %) Abfälle bzw. Wertstoffe einer stofflichen Verwertung zugeführt. Außerdem wurden rund 1 Mio. Tonnen (7,0 %) Bio- und Grünabfälle sowie Klärschlämme biologisch behandelt.

Der Beitrag der thermischen Abfallbehandlung an der Abfallentsorgung in Baden-Württemberg blieb mit ca. 0,6 Mio. Tonnen über den gesamten Zeitraum von 1980 bis 1998 mehr oder weniger konstant (1998: 4,4 %).

Der größte Teil der Siedlungsabfälle wird aber nach wie vor direkt durch Ablagerung auf Deponien beseitigt. Die Menge der in Baden-Württemberg auf Deponien abgelagerten Abfälle stieg von 1980 bis 1990 kontinuierlich und erreichte 1990 mit ca. 26 Mio. Tonnen den Höhepunkt (s. Tabelle A–7). Bis 1998 sind die abgelagerten Mengen – entsprechend dem Abfallaufkommen – auf ca. 7,3 Mio. Tonnen (50,9 %) kontinuierlich zurückgegangen. Wie der Vergleich von Abb. 4.3-1 mit Abb. 1-1 in Kapitel 1 zeigt, ist dafür im wesentlichen der starke Mengenrückgang bei Bodenaushub, Bauschutt und Straßenaufbruch verantwortlich.

Aus der biologischen und thermischen Behandlung sowie der Sortierung von Wertstoffen und Baustellenabfällen resultierten 1998 ca. 0,3 Mio. Tonnen Sekundärrückstände. Die Hälfte davon stammte aus der thermischen Abfallbehandlung (Schlacken, Aschen, Stäube etc.), ein weiteres Drittel aus der Sortierung von häuslichen und gewerblichen Wertstoffgemischen.

Durch das Duale System Deutschland werden ca. 50 % der Wertstoffe aus Haushalten erfaßt (s. Tabelle 4.3-1). Der restliche Anteil der Wertstoffe besteht überwiegend aus Papier/Pappe, Metalle, Holz und Textilien, die über separate Sammlungen, Depotcontainer oder durch Anlieferung an Recyclinghöfen oder anderen Annahmestellen im kommunalen Auftrag erfaßt werden.

Für das Jahr 1996 zeigt die Abb. 4.3-2 die Abfallströme in Baden-Württemberg für die drei Herkunftsbereiche Haushalt, Gewerbe und Kommune. Aus Maßstabsgründen wurden dabei die Massenabfälle (Bodenaushub, Bauschutt und Straßenaufbruch) nicht berücksichtigt, die zwei Drittel der gesamten Abfallmenge ausmachen und überwiegend deponiert werden.

Für die drei abgebildeten Teilbereiche ist festzustellen, daß etwa die Hälfte der Abfälle direkt auf Deponien landet. Vom Rest wandert der größte Anteil in die Verwertung (Kompost, stoffliche Verwertung etc.) und nur ein kleiner Teil wird anderweitig entsorgt (darunter fällt auch der Export außerhalb Baden-Württembergs). Der Teilstrom Bioabfall/Grünabfall wird im wesentlichen durch die Grünabfälle aus Haushalten und Kommunen bestimmt, Bioabfälle stellen nur einen Anteil von ca. 33 %.

Tabelle 4.3-1: Übersicht über Abfallaufkommen und Wertstoffmengen von Haushalten und Kleingewerbe in Baden-Württemberg nach [24]

in 1.000 t	1993		1995		1998	
Haus- und Geschäftsmüll	1.814,6		1.583,7		1.396,1	
Sperrmüll	228,0		196,9		209,1	
Bioabfälle	127,2		267,8		395,9	
Grünabfälle	529,7		626,9		776,8	
Wertstoffe aus	gesamt [1]	DSD [2]	gesamt [1]	DSD [2]	gesamt [1]	DSD [2]
Haushalten	1.199,1	637,3	1.354,7	679,6	1.533,7	755,5
davon						
Papier/Pappe	630,3	251,6	691,0	233,3	785,8	237,1
Glas	272,6	273,1	304,9	303,5	337,6	334,9
Metalle [3]	179,7	41,1	173,0	45,4	179,0	66,3
Kunststoffe	66,3	63,7	88,8	86,3	97,3	93,3
Verbunde	7,8	7,8	11,1	11,1	23,9	23,8
Holz	30,6	-	73,9	-	98,0	-
Textilien	11,8	-	11,5	-	11,7	-
Sonstige Wertstoffe [4]	0	-	0,5	-	0,4	-
Haushaltsabfälle ges.	3.898,6		4.030,0		4.311,6	
Sortierrückstände [5]	103,7		90,2		98,8	

[1] mittels Einstoffbehälter, Depotcontainer, zentralen Sammelstellen und durch Vereinssammlungen (einschl. entsorgter Sortierreste)

[2] nur DSD-Sammlung (einschl. übernommener Mengen aus den Sammelsystemen der Kreise)

[3] einschl. Schrott aus Müllverbrennungs- und Kompostierungsanlagen; bei DSD-Sammlung nur Weißblech und Aluminium

[4] z.B. Altfette, Kabel

[5] Rückstände aus Sortierung und Kompostierung häuslicher Abfälle

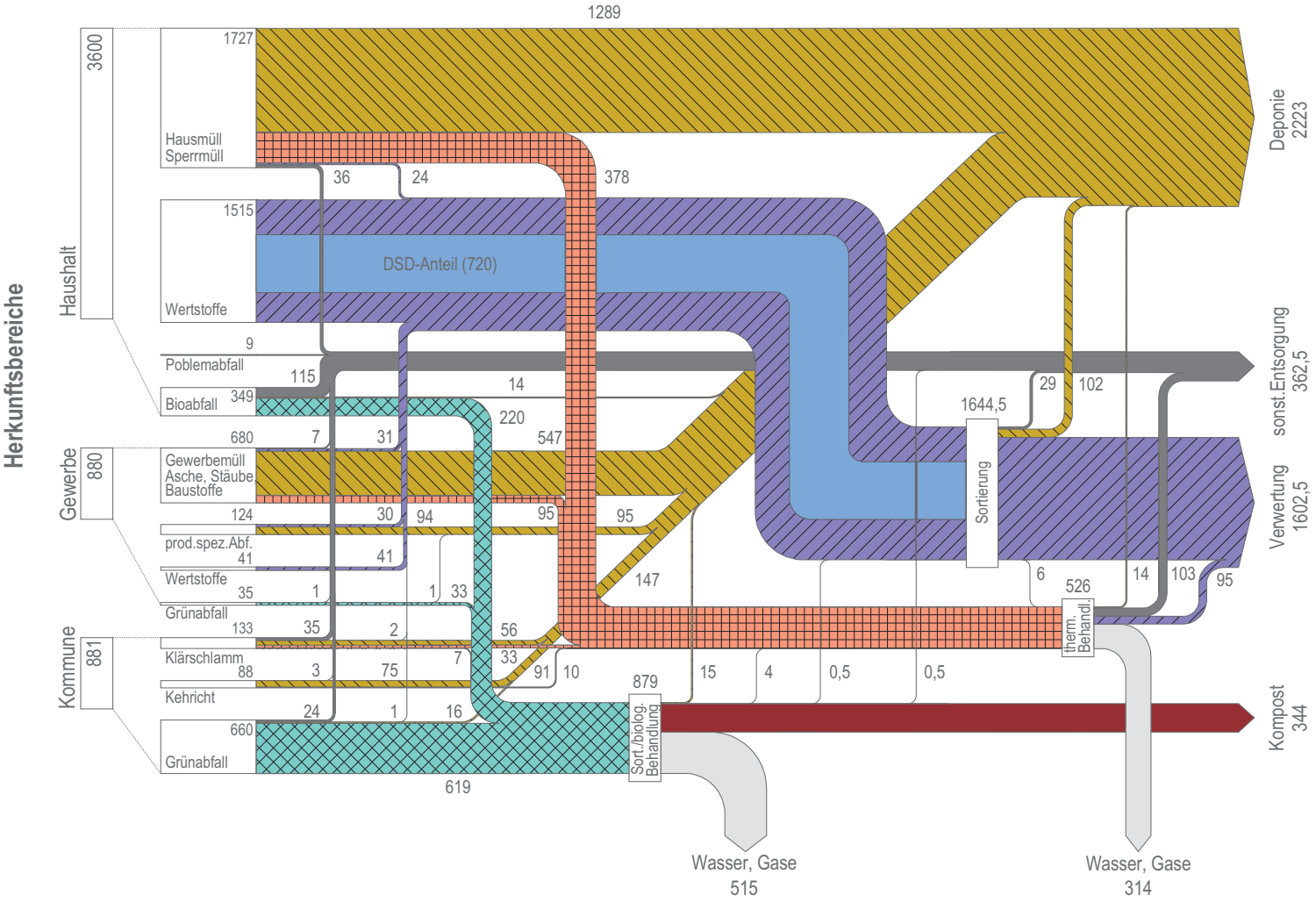

Abb. 4.3-2: Stoffströme bei der Abfallentsorgung in Baden-Württemberg (Stand 1996, s. a. Tabelle A–8)

4.4 Abfallentsorgung und Müllgebühren

Mit Hilfe der geschaffenen Strukturen für die getrennte Erfassung von verwertbaren oder problematischen Abfällen sind zentrale Ziele einer Kreislaufwirtschaft – wie absolute Abfallvermeidung oder sortenreine Trennung zur hochwertigen Verwertung von Abfällen – bisher nur bedingt erreicht worden.

Große Wirkungen werden dabei auch von der entsprechenden Ausgestaltung der Gebührenordnungen erwartet. So fordert der Abfallwirtschaftsplan für Baden-Württemberg [6] die Abfallverwertung und Abfalltrennung über die Ausgestaltung der Abfallsatzungen auf der Grundlage des Landesabfallgesetz durch die Festlegung aufkommensabhängiger Gebühren (§ 8 LAbfG) zu fördern. Über die Gestaltung der Gebühren läßt sich die Aufteilung des Abfalls auf die unterschiedlichen Entsorgungswege sicherlich beeinflussen und damit auch ein höherer Verwertungsanteil erreichen. Allerdings zeigt die bisherige Entwicklung, daß erhöhte Abfallgebühren kein Mittel sind, um das Abfallaufkommen generell zu senken. Denn trotz deutlich angestiegener Abfallgebühren seit 1990 (s. auch Kapitel 1) sind die Abfallmengen aus den Haushalten insgesamt nicht zurückgegangen sondern sogar leicht angestiegen (s. Abb. 2.2–3 in Kapitel 2.2).

Über entsprechende Gebührenanreize kann z.B. die Eigenkompostierung im ländlichen Raum deutlich gefördert werden und die Einführung solcher Anreize dürfte auch zu einem deutlichen Rückgang der zu beseitigenden Restabfallmengen führen, insbesondere dann, wenn sie in eine intensive Öffentlichkeitsarbeit eingebettet sind. Gleichwohl müssen Sammelsystem als auch Gebührenordnung dabei so konzipiert werden, daß einerseits das typische Verhalten normaler Bürger berücksichtigt und andererseits ein hohes Maß an Sortenreinheit der erfaßten Abfälle erreicht wird.
Die Steuerungswirkung von Gebührenanreizen ist nämlich generell begrenzt. Der Anteil der Bevölkerung, der gegenüber ökologischen Problemen aufgeschlossen ist, nimmt Konzepte zur Getrenntsammlung überproportional – auch ohne besondere Gebührenanreize – an [25]. Dem Adressatenkreis mit gering ausgeprägtem ökologischen Denken wird es dagegen bei Gebührenanreizsystemen primär darum gehen, Geld zu sparen, und er wird nach dafür geeigneten Wegen suchen und diese auch finden.

Bei hohen Müllgebühren sind damit auch kontraproduktive Reaktionen nicht auszuschließen: nämlich das Beseitigen von Abfällen im Großbehälter am Arbeitsplatz, auf öffentlichen Plätzen, im Mülleimer des Nachbarn oder durch wildes Ablagern in der Natur.
Erfahrungsberichte aus Bremen [26] und Dresden, die flächendeckend auf eine verursachergerechte Gebührenabrechnung mittels elektronischem Identifikationssystem (mit Mikrochip ausgestattete Mülltonnen) umgestellt haben, zeigen dementsprechend, daß

zwar das Restabfallaufkommen zugunsten des Wertstoffaufkommens sinkt, daß das Abfallaufkommen aber insgesamt gleich bleibt. Dafür hat sich ein Mülltourismus zu öffentlichen Papierkörben oder Rastplätzen entwickelt, und Restabfälle landen in Gelben Säcken, Biotonnen oder sogar vor den Haustüren der Nachbarn, „denn die Chips funktionieren zwar, die Menschen aber nicht“ [27].

Man muß also damit rechnen, daß Restmüll in die Wertstofferfassungssysteme umgeleitet wird, was einerseits die Verwertung erschwert und andererseits zu höheren Sortierkosten und evtl. auch Schadstoffgehalten (z.B. im Kompost) führt. So läßt sich für die Fehlwurfquoten bei der DSD-Sammlung eine gewisse Abhängigkeit von den Müllgebühren aufzeigen. Während sich bis 1995 die Fehlwurfquote in Karlsruhe und Stuttgart unter den Landesdurchschnitt eingependelt hatte, stieg im Jahr 1996 die Fehlwurfquote wieder über den Landesdurchschnitt an, wobei der Anstieg mit einer Erhöhung der Müllgebühren in beiden Städten zusammenfällt (s. Tabelle 4.4–1). Der neuerliche Anstieg der Fehlwurfquote in Stuttgart im Jahr 1998 könnte mit der beginnenden flächendeckenden Einführung der Biotonne im Stadtgebiet[13] und der damit verbundenen Möglichkeit zur Wahl eines kleineren Mülleimers in Verbindung gebracht werden, worauf auch die rückläufige Haus- und Sperrmüllmenge bei gleichzeitig zunehmendem Wertstoffaufkommen hindeutet.

Nach einer Studie des DSD zur Getrenntsammlung von Verpackungen [28] hat die Größe der Restmülltonne und die Häufigkeit der Leerung wenig Einfluß auf die Getrennterfassung von Wertstoffen und die verursacher- bzw. mengenbezogene Gebührenabrechnung der Restmülltonne beeinflußt kaum die Qualität oder Quantität der gesammelten Verpackungen.
Dagegen besitzt die Siedlungsstruktur (städtisch/ländlich) signifikanten Einfluß. In Städten ist der Verpackungsverbrauch deutlich höher als in ländlichen Strukturen, trotzdem werden auf dem Land mehr Leichtverpackungen – in der Regel in höherer Qualität – eingesammelt. Problematisch sind insbesondere hochverdichtete Bebauungsgebiete.

Unabhängig von der Gebietsstruktur liefert der Gelbe Sack für LVP die deutlich bessere Gemischqualität. Allerdings können auch in dichter Hochhausbebauung über ein optimiertes, haushaltsnahes (max. 80 m Entfernung), hochverdichtetes Bringsystem gute Ergebnisse erzielt werden [29]. Großen Einfluß auf die Reinheit der gesammelten LVP hat dabei die Art und der Umfang der Papiererfassung. Ist diese vor Ort nicht optimal gelöst, finden sich in den Gelben Säcken bzw. Gelben Tonnen auch vermehrt Störstoffanteile bzw. Papier.

[13] In Stuttgart ist die Teilnahme an der Bioabfallsammlung freiwillig, d.h. es besteht kein Benutzungszwang für die Biotonne, die auch separat abgerechnet wird.

Tabelle 4.4–1: Abfallaufkommen und Müllgebühren nach [30][31] und Fehlwurfquoten nach [32]

		1994	1995	1996	1997	1998
Abfallaufkommen in kg/E·a [1)]						
Hausmüll	Karlsruhe	227	214	227	222	201
	Stuttgart	248	247	245	237	225
	B-W	166	154	148	143	134
Sperrmüll	Karlsruhe	29	26	25	36	30
	Stuttgart	31	33	31	34	33
	B-W	23	19	18	20	19
Bioabfälle	Karlsruhe	-	-	-	19	23
	Stuttgart	1	1	1	9	18
	B-W	17	26	34	35	38
Wertstoffe	Karlsruhe	120	142	164	161	154
	Stuttgart	122	127	134	140	145
	B-W	139	143	145	148	154
Müllgebühren in DM						
4-köpfige Modellfamilie [2)]	Karlsruhe	-	350	463	462	462
	Stuttgart	382	360	445	514	514
	B-W	-	315	306	308	-
Fehlwurfquote in %						
DSD-Sammlung	Karlsruhe	25	19	21	20	19
	Stuttgart	17	15	22	21	32
	B-W	22	21	19	18	21

1) Abfallbilanz 1996-1998 des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg [42] bzw. Angaben des Amtes für Abfallwirtschaft und Stadtreinigung der Stadt Stuttgart

2) Hausmüllgebühren für eine vierköpfige Modellfamilie nach einer Umfrage des Landkreises Lörrach [43] bzw. lt. Gebührenordnung (ab 1997 Stuttgart mit separater Bioabfallgebühr)

Die heutige Praxis bei der Umsetzung des KrW-/AbfG und die hohen Anforderungen an die getrennte Erfassung von Wertstoffen haben einen erheblichen Einfluß auf Kosten und Kostenstruktur der kommunalen Abfallentsorger und damit auf die Müllgebühren für die Bürger. Zu diesem Ergebnis kommt eine Studie des Umweltbundesamtes [33]: Trotz abnehmender oder gleichbleibender einwohnerspezifischer Restabfallmenge stiegen danach die einwohnerspezifischen Gesamtkosten der Abfallentsorgung seit 1990 an. Einen deutlichen Beitrag lieferte dazu die Einführung der Bioabfalltonne. Die UBA-Studie ermittelte im bundesweiten Durchschnitt für das Jahr 1995 einen Wert von ca. 177 DM/E·a für die einwohnerspezifischen Gesamtkosten. Die Schwankungsbreite der Kosten reichte dabei von 52 DM/E·a bis 395 DM/E·a. In Tabelle 4.4–2 sind die Kosten nach Abfallarten bzw. Entsorgungsleistungen[14] dargestellt, die sich in der Studie auf der

14 In den Gesamtkosten sind neben der Entsorgung der privaten Haushalte auch die der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle und der Abfälle von Selbstanlieferern enthalten.

Basis einer Teilmenge der in die Untersuchung einbezogenen öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger ergab, und zum Vergleich durch die aufgeschlüsselten Entsorgungskosten des Rems-Murr-Kreises für das Jahr 1995 ergänzt.

Tabelle 4.4–2: Kostenstruktur der kommunalen Abfallentsorgung in Deutschland [33] und im Rems-Murr-Kreis [34] (Stand 1995)

Entsorgungsleistungen [1]	Mittelwert Deutschland		Rems-Murr-Kreis	
	DM/E·a	Anteil in %	DM/Haushalt·a	Anteil in %
Restmüll	84	58,1	155	50,0
Sperrmüll	11	8,0		
Bioabfälle	14	9,7	24	7,7
Grünabfälle	5	3,5	11	3,5
Druckerzeugnisse	8	5,8	32	10,3
Recycling- u. Wertstoffhöfe			13	4,3
Schrott,	3	1,7		
Kühlschränke	2	1,3		
Elektronikschrott	2	1,2	7	2,3
Problemabfälle	4	2,7	23	7,4
wilde Ablagerungen	<< 1	0,3	k. A.	k. A.
Abfallberatung	2	1,3	45	14,5
Sonstiges [2]	9	6,4		
Gesamt [3]	144	100	310	100

[1] Abfallentsorgung umfaßt Sammlung und Transport, Verwertung sowie Beseitigung.
[2] Zentrale Kosten für Verwaltung, Gebührenveranlagung etc.
[3] Die Kosten (Deutschland, Minimum: 39 DM/E·a; Maximum 334 DM/E·a) enthalten teilweise (bei gemeinsamer Abfuhr) auch Entsorgungskosten von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall bzw. Geschäftsmüll

Den höchsten Anteil an den Kosten hat die Restabfallentsorgung mit ca. 50-66 % (incl. Sperrmüllabfuhr und Deponienachsorge). Auf die Entsorgung von Bio- und Grünabfällen entfallen rund 11-13 % und auf die Erfassung von Druckerzeugnissen (Papier) ca. 6–10 %. Für den Betrieb von Recycling- und Wertstoffhöfen bzw. für getrennt einzusammelnde Abfälle (Schrott, Elektro- und Elektronikgeräte, Problemabfälle, wild abgelagerte Abfälle) sind ca. 7-14 % der Kosten aufzuwenden, Abfallberatung und Verwaltung beanspruchen ca. 8-15 %.

Als wesentliche Einflußgrößen wurden in der Studie des Umweltbundesamtes die Struktur des Entsorgungsgebietes (alte/neue Bundesländer, städtische/ländliche Gebietsstrukturen), die Organisationsform (öffentlich-rechtlich, privat, kombiniert) und die Ent-

sorgungsleistungen (getrennte Bioabfallerfassung, thermische Restabfallbehandlung) ermittelt.
Die Einflüsse durch die Struktur des Entsorgungsgebietes dürften im wesentlichen auf den unterschiedlichen Stand der Erfüllung der TA Siedlungsabfall [35] hinsichtlich Restabfallbehandlung und Deponiebetrieb zurückzuführen sein. Generell zeigte sich, daß Entsorgungsträger mit einer TA Siedlungsabfall-konformen Deponie tendenziell höhere Gesamtkosten aufweisen als Entsorger, die diese Anforderungen (noch) nicht erfüllen.

Spürbaren Einfluß auf die Kosten haben die Getrenntsammlung von Bioabfall und die thermische Restabfallbehandlung, die im bundesweiten Vergleich zu deutlich höheren einwohnerspezifischen Gesamtkosten führen. Außerdem weisen Entsorger mit öffentlich-rechtlicher Organisationsform tendenziell höhere einwohnerspezifische Gesamtkosten auf als privat organisierte Entsorger. Für die Art der Gebührenerhebung (einfach oder leistungsbezogen) und die Höhe der Abfallmenge war dagegen nur ein geringer Einfluß bzw. kein statistischer Zusammenhang festzustellen.

Aufgrund der großen Schwankungsbreiten bei den ermittelten Gesamtkosten der Abfallentsorgung läßt sich insgesamt feststellen, daß noch erhebliche Potentiale für eine Kostensenkung vorhanden sind. Die hohen Kosten für die getrennte Bioabfallsammlung führen z.B. den Landesrechnungshof Berlin in seinem Jahresbericht 1999 [36] zu der Empfehlung, auf die Getrenntsammlung von Bioabfall in Berlin zu verzichten.

Auch eine Umfrage des Abfallwirtschaftsamtes des Landkreises Lörrach läßt erkennen, daß die Kostenstrukturen der Abfallentsorger in Baden-Württemberg sehr große Unterschiede aufweisen [37]. Die Abfallgebühren für die Bürger in Baden-Württemberg variierten im Jahr 1997 für eine 4-köpfige Modellfamilie mit durchschnittlichem Müllaufkommen[15] zwischen 132 DM und 676 DM pro Jahr um mehr als den Faktor Fünf (s. Abb. 4.4–1), ohne daß sich ein einfacher Zusammenhang zwischen Gebührenhöhe und Einflußgrößen wie Siedlungsstruktur oder Organisationsformen erkennen läßt. Auch hier zeigt sich der Einfluß des Vorhandenseins bzw. Fehlens von kostenintensiven Behandlungsanlagen, wie beispielsweise einer Müllverbrennungs- oder Bioabfallkompostierungsanlage.

Die großen Unterschiede in den Entsorgungskosten, die sich in politisch relevanten Müllgebühren niederschlagen, machen deutlich, daß die Maßnahmen, die von den Entsorgern zur Erfüllung des Auftrags des KrW-/AbfG ergriffen werden, nicht nur im Hinblick auf ihre Wirkung zum Erreichen einer Abfallvermeidung sorgfältig überprüft, son-

[15] im Einfamilienhaus, mit einem Abfallaufkommen von 616 kg Hausmüll und 76 kg Sperrmüll (ohne Eigenkompostierung der Bioabfälle)

dern auch unter Beachtung ihrer Auswirkungen auf die Müllgebühren ausgewählt werden müssen. Nur dann werden sich Ziele realisieren lassen, wie sie von Umwelt-Staatssekretär Mappus formuliert wurden, daß nämlich in Baden-Württemberg künftig „eine vierköpfige Familie nicht mehr als eine Müllgebühr in der Größenordnung von einer Laugenbrezel pro Tag bezahlen soll“ [38], das entspricht derzeit ca. 360 DM pro Jahr.
Darin nicht enthalten sind die Kosten für die Sammlung, Sortierung und Verwertung der Wertstoffe durch das Duale System Deutschland AG, die den Bürger zusätzlich pro Kopf und Jahr mit ca. 45 DM belasten [39]. Da sie auf keiner Gebührenrechnung auftauchen, werden diese Kosten von den Haushalten häufig nicht wahrgenommen und der Gelbe Sack bzw. die Gelbe Tonne als „kostenlose“ Dienstleistung betrachtet. Die Lizenzgebühren für den Grünen Punkt gehen aber in die Preiskalkulation des Produktes ein und werden so an den Endverbraucher weitergereicht; sie stellen also eine verdeckte Entsorgungsgebühr dar, die auch die Haushalte bezahlen müssen.

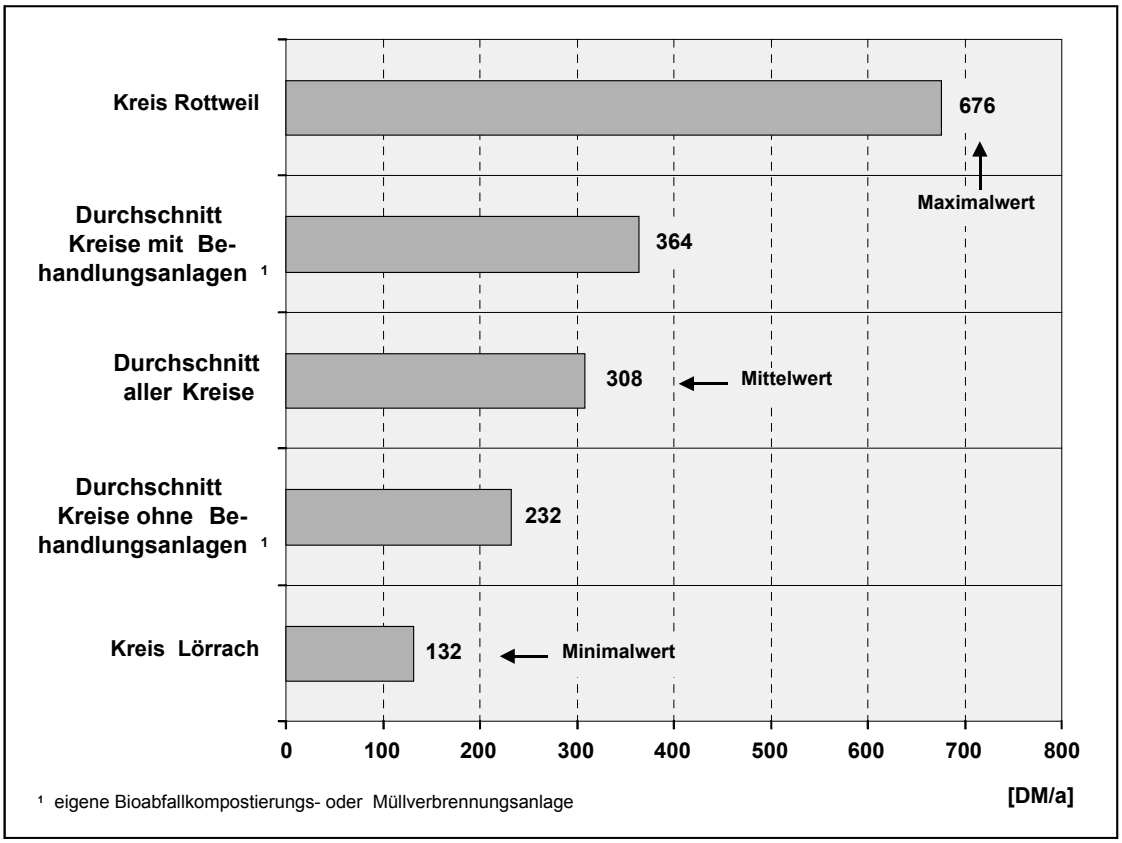

Abb. 4.4–1: Abfallgebühren für eine 4-köpfige Modellfamilie in Baden-Württemberg im Jahr 1997 nach [37]

Wenn man berücksichtigt, daß trotz intensiver Öffentlichkeitsarbeit und Abfallberatung und trotz Strafandrohungen das angestrebte Ziel einer möglichst sortenreinen Erfassung der unterschiedlichen Stoffgruppen nicht erreicht wird, dann muß auch das derzeitige Sammelsystem in Frage gestellt werden.
Da die polizeistaatliche Lösung mit einer vollständigen Bürgerüberwachung ausscheidet, muß es das Ziel sein, Lösungen zu finden, die das normale Verhalten von Menschen berücksichtigen und gleichzeitig den Gesamtaufwand für das sortenreine Erfassen verwertbarer Stoffe minimieren. Dazu müßte auch gehören, daß die öffentlich-rechtlichen Abfallentsorger ihre Aufgabe weniger darin sehen, die Bürger obrigkeitlich zu bevormunden, sondern ihnen eine Dienstleistung – nämlich Sammeln, Verwerten und Beseitigen von Abfällen – benutzerfreundlich und kostengünstig anzubieten.

4.5 Literaturverzeichnis zu Kapitel 4

[1] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Abfallbilanz 1996 - Siedlungsabfälle in Baden-Württemberg. Stuttgart, Juli 1997

[2] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Abfallbilanz 1998 – 10 Jahre Abfallbilanz Baden-Württemberg. Stuttgart, Juli 1999

[3] Strauch, D.: Hygieneproblematik bei der biologischen Abfallbehandlung - Einführung und Überblick - Problembereiche aus veterinärmedizinischer Sicht. In: Arbeitskreis für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfällen (ANS) e.V. (Hrsg.): Hygieneaspekte bei der biologischen Abfallbehandlung. 53. Informationsgespräch in Delmenhorst/Ganderkesee im März 1996, Schriftenreihe des ANS, Heft 32, Stuttgart 1996

[4] Schunder, J.: Die neue Armada der Glascontainer ist silbergrau. Stuttgarter Zeitung vom 15. Juni 1998

[5] Bundesverwaltungsgericht: NVwZ 1996, S. 63. Beschluß vom 27.7.1995

[6] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Abfallwirtschaftsplan für Baden-Württemberg – Teilplan Siedlungsabfälle. UVM, Stuttgart, Dezember 1998

[7] Anonym: Die Spreu vom Weizen trennen. Mit neuen Sortierverfahren zu wirtschaftlichem Recycling. Punkt, das Partnermagazin der Duales System Deutschland GmbH Nr. 2 (1997), S. 6-11

[8] Duales System Deutschland AG (DSD): Verpackungsrecycling – Techniken, Trends, Tendenzen. DSD, Köln, 1. Auflage Januar 1998 und 2. aktualisierte Auflage August 1998

[9] Der Grüne Punkt - Gesellschaft für System Technologie mbH (Hrsg.): Die saubere Lösung. Recycling von Verpackungen und gewerblichen Altkunststoffen. Prospekt zur Pilotanlage KAKTUS, Köln 1998

[10] Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. (bvse): Zahlen, Daten, Fakten 1996/1997. bvse, Bonn 1997

[11] Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): Getrennte Erfassung von Wertstoffen in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs 1996. Statistische Berichte Baden-Württemberg, Umwelt Q II 1 -j/96 (2), vom 28.10.1997

[12] Interseroh GmbH: Papier-, Pappen-, Karton-Recycling. Interseroh GmbH, Köln, April 1998

[13] Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V. (BDE): Zahlen und Daten zur Entsorgungswirtschaft. BDE, Köln, Stand Mai 1998

[14] Gesellschaft für Glasrecycling und Abfallvermeidung mbH (GGA): Glasrecycling – Ein Kreislauf für die Umwelt. GGA, Ravensburg 1998

[15] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch 1995. Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart

[16] Interseroh GmbH: Weißblech-Recycling. Interseroh GmbH, Köln, April 1998

[17] Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. (bvse): Sekundärrohstoff-Marktbericht. bvse, Bonn, Februar 1999

[18] Interseroh GmbH: Aluminium-Recycling. Interseroh GmbH, Köln, April 1998

[19] Interseroh GmbH: Folien-Recycling. Interseroh GmbH, Köln, April 1998

[20] Deutsche Gesellschaft für Kunststoff-Recycling mbH (DKR): Geschäftsbericht 1997. DKR, Köln 1998

[21] Interseroh GmbH: Styropor-Recycling. Interseroh GmbH, Köln, April 1998

[22] Deutsche Gesellschaft für Kunststoff-Recycling mbH (DKR): Produkte aus recyceltem Kunststoff. DKR, Köln, Dezember 1997

[23] Fachverband Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V. (FKN): Der Getränkekarton – Fit im Recycling. FKN, Wiesbaden, November 1996

[24] Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): Kommunales Abfallaufkommen in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs 1996 bis 1998 – Kreisergebnisse. Statistische Berichte Baden-Württemberg, Umwelt Q II 1

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): Die öffentliche Abfallwirtschaft 1995. Statistik von Baden-Württemberg, Band 515, Stuttgart 1996

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): Kommunales Abfallaufkommen in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs 1993 – Kreisergebnisse. Statistische Berichte Baden-Württemberg, Umwelt Q II 1 - j/93 (1) vom 15. Dezember 1994

Getrennte Erfassung von Wertstoffen in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs 1993 und 1996 – Kreisergebnisse. Statistische Berichte Baden-Württemberg, Umwelt Q II 1

[25] Ihmels, K.: Wider die Illusion der Müllvermeidung durch Gebührenanreize in der Hausmüllentsorgung. Müll und Abfall **25** (1993) Nr. 6, S. 434-438

[26] Eichhorn, H.: Bremen – Individualabrechnung mit Volumenbezug durch codierte Behälter. In: Schreiner, M. (Hrsg.): Gebührenmodelle und rechtlicher Rahmen in der Abfallwirtschaft – Abfallentsorgung im Umbruch. IKU-Reihe „Kommune und Umwelt“ Band 4, Fachhochschulverlag, Frankfurt a. M. 1996

[27] Oberhuber, N.: Technik für die Tonne – wie der denkende Müllbehälter rücksichtslose Entsorgung fördert. Die Zeit vom 10. Juni 1999, S. 32

[28] Duales System Deutschland AG (DSD): Optimierung von Getrennterfassungssytemen des Dualen Systems unter Berücksichtigung von Sammelleistung, Wirtschaftlichkeit und Hygiene (Kurzfassung). DSD, Köln, März 199

[29] Duales System Deutschland AG (DSD): Duales System will Öko-Effizienz weiter steigern. Studie zeigt: optimale Wertstoffqualität bei maßgeschneiderten Entsorgungslösungen vor Ort. Pressemitteilung des DSD vom 19. März 1999

[30] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Abfallbilanz 1998 – 10 Jahre Abfallbilanz Baden-Württemberg. Stuttgart, Juli 1999

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Abfallbilanz 1997. Stuttgart, Juli 1998

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Abfallbilanz 1996. Stuttgart, Juli 1997

[31] Eigenbetrieb Abfallwirtschaft des Landkreises Lörrach (Hrsg.): Abfallgebühren Baden-Württemberg. Ergebnisse der Umfrage 1995-1997.

[32] Persönliche Mitteilung des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg zu Aufkommen, Sortierung und Rückstände des DSD von 1992-1998, August 1999

[33] Behrens, F.; Maydell, O.: Analyse der Kostenstruktur der kommunalen Abfallentsorgung. Studie der uve Umweltmanagement & -planung GmbH im Auftrag des Umweltbundesamtes, UBA Texte 32/98, Berlin 1998

[34] Abfallwirtschaftsgesellschaft des Rems-Murr-Kreises mbH: Die Abfallbremse – Das Abfallberatungsmagazin des Rems-Murr-Kreises. Informationsblatt für alle Haushalte, Januar 1995, S. 3

[35] Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall). Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen vom 14. Mai 1993 (BAnz. vom 29. Mai 1993, S. 4967, mit Beilagen)

[36] Seewald, S.: Rechnungshof: Biomüll ist teuer und unhygienisch. Berliner Morgenpost vom 22. Juni 1999

Rechnungshof von Berlin: Jahresbericht 1999. Drucksache 13/3649 des Abgeordnetenhauses von Berlin, S. 103-105

[37] Eigenbetrieb Abfallwirtschaft des Landkreises Lörrach (Hrsg.): Abfallgebühren Baden-Württemberg. Ergebnisse der Umfrage 1997. Lörrach, 1997

[38] Breining, T.: Müllentsorgung im Land selbst. Regierung: Zahl der Abfallöfen reicht aus – Kostensteigerung soll gestoppt werden. Stuttgarter Zeitung vom 10. Februar 1999, S. 6

[39] Duales System Deutschland AG (Hrsg.): Duales System gewinnt 1.800 neue Kunden – 1998 war erfolgreiches Geschäftsjahr. Pressemitteilung des DSD vom 23. Juni 1999

5 Abfallverwertung

Mit dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz [1] hat Verwertung nicht mehr allein das Ziel, die Abfallmengen zu verringern, sie soll außerdem einen möglichst hohen Anteil nutzbarer Stoffe aus dem Abfall in den Produktionsprozeß im Sinne einer Kreislaufwirtschaft zurückführen und so den Ressourcenbedarf verringern.

Um einen möglichst großen Verwertungsanteil beim Abfall zu erreichen, unterscheidet das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (§ 3 Abs. 1 KrW-/AbfG) zwischen Abfällen zur Verwertung und Abfällen zur Beseitigung (s. Kapitel 2.1) und läßt

- sowohl die stoffliche Verwertung, d.h. die Substitution von Rohstoffen durch das Gewinnen von Stoffen aus Abfällen (sekundäre Rohstoffe) oder die Nutzung der stofflichen Eigenschaften der Abfälle,
- als auch die energetische Verwertung, d.h. den Einsatz von Abfällen als Ersatzbrennstoff,

zu. Da vor allem eine weitgehende Kreislaufführung von Stoffen mit dem Ziel der Ressourcenschonung erreicht werden soll, müssen verwertbare Bestandteile im Abfall so weit wie möglich stofflich genutzt werden, d.h. eine stoffliche Verwertung muß Vorrang vor der energetischen Verwertung gewinnen (was auch durch die vier Randbedingungen zur energetischen Verwertung in § 6 Abs. 2 KrW-/AbfG unterstrichen wird).[1]

5.1 Abgrenzung von Verwertung und Beseitigung

Für die Abgrenzung von Abfallverwertung und Abfallbeseitigung ist der Hauptzweck der Abfallbehandlungsmaßnahme maßgeblich. Vor einer Beseitigung ist grundsätzlich zu prüfen, ob der Abfall ordnungsgemäß und schadlos verwertet werden kann und die Verwertung technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist. Dabei ist die Verwertung von Abfällen auch dann möglich, wenn hierzu eine Vorbehandlung (z.B. eine Sortierung) erforderlich ist.

[1] Prinzipiell wird die Gewinnung von Stoffen nur durch den dazu erforderlichen Energieaufwand begrenzt. Der limitierende Faktor ist daher nur die Energie in Form von verfügbaren Ressourcen.

Da das KrW-/AbfG u.a. nicht vorschreibt, welcher Anteil bei einem Abfall zur Verwertung tatsächlich verwertbar sein muß, kann *Abfall zur Verwertung* eigenverantwortlich in einem weiten Bereich frei definiert werden und unterliegt dann nicht der Überlassungspflicht (§ 13 KrW-/ AbfG). Damit haben Erzeuger und Besitzer von Gewerbeabfällen prinzipiell die Möglichkeit zu entscheiden, ob sie diese in eigenen Anlagen entsorgen, an private Verwerter übergeben oder den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassen wollen.

Diese unklare Abgrenzung führt auch zu Scheinverwertungen: Abfälle werden z.B. unter dem Vorwand der Verwertbarkeit in benachbarte Landkreise oder andere Bundesländer verbracht, um sie dort preisgünstig zu beseitigen [2], oder gewerbliche Abfälle werden nur pro forma sortiert, um sie der öffentlich-rechtlichen Entsorgung zu entziehen und andernorts zu günstigeren Konditionen deponieren zu lassen. Auch direkte Abfallverschiebung mit darauffolgender Ablagerung, wobei die angegebene Sortieranlage nur auf dem Papier existiert [3], sind nicht auszuschließen. Vor diesem Hintergrund läßt sich vermuten, daß unter den Entsorgern auch „schwarze Schafe“ den Abfall unter dem Deckmantel „Verwertung“ auf sogenannte Billigdeponien verbracht und dort beseitigt haben [4].

Um den Trend zur Billigdeponierung zu stoppen, fordern das Ministerium für Umwelt und Verkehr sowie etliche Stadt- und Landkreise in Baden-Württemberg die Einführung einer Gewerbeabfallgrundgebühr. Dadurch sollen auch die gewerblichen Abfallerzeuger an den Kosten beteiligt werden, die u.a. für die Vorhaltung von Beseitigungskapazitäten für Gewerbeabfälle entstehen.

Eine derartige Forderung ist sicherlich nicht unproblematisch, da der Rückgang der Gewerbeabfälle nicht nur „schwarzen Schafen“ angelastet werden kann, sondern zu einem erhebliche Teil darauf beruht, daß die Abfallerzeuger der Anforderung des KrW-/AbfG nach umfangreicher Verwertung gerecht werden, und daß – vor dem Hintergrund der vom KrW-/AbfG ausgelösten Entwicklung – zu große Beseitigungskapazitäten vorgehalten werden. Das Finanzierungsproblem der vorhandenen Beseitigungskapazitäten wird sich nicht dadurch lösen lassen, daß die gegebenen Kosten auf immer geringer werdende Abfallmengen umgelegt werden, zumal sich der Rückgang der Abfallmengen in Zukunft weiter fortsetzen wird und dies auch politisch gewünscht ist.

Die Diskussion über die Abgrenzung der Abfälle zur Verwertung von den Abfällen zur Beseitigung wird vorwiegend juristisch über die zweckmäßige Präzisierung der Definition der verschiedenen Abfallarten und die entsprechende Ausgestaltung von Verordnungen geführt; im Hintergrund stehen aber häufig die handfesten wirtschaftlichen Interessen der Länder am Bestand der kommunalen und landeseigenen Entsorgungsstrukturen.

Nach § 5 Abs. 3 KrW-/AbfG ist die ordnungsgemäße und schadlose Verwertung von Abfällen eine Grundpflicht der Kreislaufwirtschaft. Eine ordnungsgemäße Verwertung liegt dann vor, wenn die Anforderungen des KrW-/AbfG sowie aller anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften (z.B. BImSchG, stoffbezogene Verbote nach der Gefahrstoff- und Chemikalienverbotsverordnung) erfüllt sind. Eine schadlose Verwertung ist dann gewährleistet, wenn nach der Beschaffenheit der Abfälle, dem Ausmaß der Verunreinigungen und der Art der Verwertung keine Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit zu erwarten sind, keine schädlichen Auswirkungen auf die Umwelt hervorgerufen werden und keine Schadstoffanreicherung im Wertstoffkreislauf erfolgt.

An der Forderung nach ordnungsgemäßer Abfallentsorgung setzte ein von der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) im März 1997 verabschiedeter Vorschlag [5] zur Eingrenzung der Abfälle zur Verwertung an. Er setzte die Anforderungen an eine ordnungsgemäße Abfallentsorgung sehr hoch fest, um die eingetretene Entwicklung umzukehren und eine möglichst hohe Überlassung von Abfällen an den zuständigen öffentlich-rechtlichen Entsorger zu erreichen.

Nach heftiger Kritik, u.a. seitens des Bundesumweltministeriums [6], des Verbandes der Chemischen Industrie [7], und vor dem Hintergrund eines bei der EU-Kommission anhängigen Beschwerdeverfahrens [8] wurde der LAGA-Vorschlag überarbeitet und im November 1997 ein Bund-Länder-Papier von der Umweltministerkonferenz als sogenanntes Konsenspapier verabschiedet [9]. Danach soll eine Abfallverwertung als Hauptzweck voraussetzen, daß ein angemessenes Verhältnis zwischen dem ökonomischen und ökologischen Nutzen einerseits und den Aufwendungen für die Schadstoffbeseitigung andererseits besteht. Diese wertende Betrachtung ist jedoch sehr abstrakt, da sie sich auf reine Auslegungsfragen beschränkt und dadurch für den Vollzug schwer zu handhaben ist [10].
Aus diesem Grund versucht gegenwärtig ein Bund-Länder-Arbeitskreis auf der Grundlage des Bund-Länder-Papiers eine weitere Konkretisierung anhand von 38 aus methodischen oder wirtschaftlichen Gründen relevanten Fallbeispielen vorzunehmen [6]. Sollte der weitere Konsensprozeß durch Eigeninitiativen einzelner Länder gestört werden, behält sich das Umweltministerium entsprechende Maßnahmen (Verwaltungsvorschrift oder Rechtsverordnung) vor, um eine bundeseinheitliche Auslegung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes zu gewährleisten.

Inzwischen haben sich auch die Gerichte mit den komplexen Abgrenzungsfragen beschäftigt und zum Teil widersprüchliche Urteile gefällt. Bei den jüngsten Urteilen von höheren Instanzen ist jedoch ein Trend erkennbar, der einer zu restriktiven Einschränkung der Verwertungsmöglichkeit des Abfallbesitzers eine Absage erteilt [10]. So haben die Oberverwaltungsgerichte in Lüneburg und Münster 1998 entschieden, daß Mischabfälle (Bauschutt, Gewerbeabfälle), die beim Abfallerzeuger schon gemischt anfallen,

grundsätzlich verwertungsfähig sind. Für die Einordnung als Abfall zur Verwertung müsse der Abfallbesitzer allerdings konkrete Verwertungsmaßnahmen benennen und zumindest die Möglichkeit einer zeitnahen Verwertung aufzeigen. Dazu genüge auch ein entsprechender Vertrag mit einem privaten Entsorgungsunternehmen [11].

Da die Kommunen in der Durchsetzung der kommunalen Überlassungspflichten zunehmend an rechtliche Grenzen stoßen, versuchen sie neuerdings, die Überkapazitäten an Behandlungsanlagen durch Teilnahme am Wettbewerb um Entsorgungsdienstleistungen abzubauen [12]. In Betracht kommt dabei vor allem die Akquisition von Abfällen zur Verwertung. Hierfür bieten nicht nur kommunale Verwertungsanlagen, wie Recyclinghöfe oder Kompostwerke, ihre Dienste an, zunehmend werben auch Hausmüllverbrennungsanlagen mit Sonderkonditionen Abfälle zur energetischen Verwertung ein.

Der Druck zur Auslastung der Kapazitäten führt zu einem erstaunlichen Preisverfall: So müssen für die Verbrennung von Hausmüll als Beseitigung im Kraftwerk Münster in Stuttgart 580 DM pro Tonne gezahlt werden, für die energetische Verwertung von Gewerbemüll lediglich 180 DM [13]. Eine Beseitigung auf sogenannten Billigdeponien ist sogar schon ab ca. 50 DM/t möglich [14]. Offensichtlich kommen bei solchen Preisen nicht nur konkurrierende private Verwertungsunternehmen in Bedrängnis, sondern auch die an sich entsorgungspflichtigen Kommunen. Diese können zwar die Kosten in Form von Gebühren an die privaten Haushalte weitergeben, stoßen dabei aber immer stärker auf Widerstand, insbesondere wenn die Gebühren sowieso schon über dem Landesdurchschnitt liegen.

Die Teilnahme kommunaler Unternehmen am Wettbewerb stößt seitens der privaten Entsorger auf heftige Kritik, die dazu auf die kommunalverfassungsrechtlichen Grenzen verweisen [12]. Nach den im wesentlichen wortgleichen landesrechtlichen Vorschriften des Kommunalrechts dürfen Kommunen wirtschaftliche Unternehmen nur errichten, erweitern oder übernehmen, wenn diese Unternehmen durch einen öffentlichen Zweck gerechtfertigt sind, nach Art und Umfang in einem angemessenen Verhältnis zur Leistungsfähigkeit der Kommune und zum voraussichtlichen Bedarf stehen, und der Zweck nicht besser und wirtschaftlicher durch einen anderen erfüllt wird. Die einzelnen Voraussetzungen sind allerdings umstritten. Eine Ausweichmöglichkeit bietet hier z.B. die Ausgliederung der kommunalen Entsorgungsbetriebe und der Übergang in eine privatrechtliche Organisationsform unter Beteiligung privater Dritter.

Die schwierige Abgrenzung der Abfälle zur Verwertung von Abfällen zur Beseitigung und die komplizierten Regelungen über Andienungspflichten oder Sammel- und Verwertungsquoten waren für den Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) ein Anlaß, in seinen Umweltgutachten 1998 und 2000 [15] zu empfehlen, statt vieler Einzelregelungen verstärkt auf marktwirtschaftliche Lösungen zu setzen. Er befürwortet die

im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz angelegte Öffnung der Abfallwirtschaft für den Markt, betrachtet sie aber insgesamt als zu zaghaft. So seien z.B. die heutigen Abfälle zur Verwertung im alten Abfallgesetz aufgrund der engen Auslegung überhaupt nicht unter den Abfallbegriff gefallen und wurden also bereits früher privat bewirtschaftet. Auch das faktische Vetorecht der Gebietskörperschaften gegen das Eindringen privater Dienstleister in die Entsorgung von Hausmüll und die Aufrechterhaltung der bestehenden Entsorgungsmonopole für Sonderabfall lassen das Bekenntnis des Gesetzgebers zur Privatisierung aus der Sicht des SRU mehr als Lippenbekenntnis und nicht als eine ernsthaft verfolgte politische Strategie erscheinen. Aus seiner Sicht können Umweltziele auf Dauer zu akzeptablen Kosten nur dann erreicht werden, wenn Markt- und Wettbewerbsprozessen in der Abfallwirtschaft mehr Raum gegeben wird.

Der SRU regt ein System an, in dem allen mit dem Umgang von Abfällen verbundenen Emissionen und strukturellen Eingriffen in die natürliche Umwelt durch ordnungsrechtliche oder preispolitische Maßnahmen gegenüber den direkten Verursachern Grenzen gesetzt sind, und das dann keiner zusätzlichen Maßnahmen zur Förderung der Verwertung gegenüber der Beseitigung und keiner über die zur Sicherung der Größen- und Verbundvorteile bei der Sammlung von Hausmüll hinausgehenden Andienungspflichten bedarf.
Ökologisch entscheidend sind die von Behandlungsanlagen und Deponien ausgehenden Umwelteinwirkungen, und im Bereich der Verwertungs- und Beseitigungsanlagen sind keine besonderen umwelt- oder abfallpolitischen Eingriffe erforderlich, wenn durch eine geeignete Organisation der Abfallmärkte sicherstellt wird, daß Knappheiten in diesem Bereich preiswirksam werden.

In einem solchen System ist auch die umstrittene Unterscheidung zwischen „Abfall zur Verwertung“ und „Abfall zur Beseitigung“ überflüssig. Denn ob verwertet oder beseitigt wird, entscheidet jeder damit befaßte Akteur im Einzelfall unter den für ihn geltenden besonderen Bedingungen. Sofern den mit Verwertung und Beseitigung verbundenen Umweltbelastungen an der Quelle Grenzen gesetzt und Wirkungsbrüche mit den bestgeeigneten Instrumenten überbrückt sind, fällt jeder Akteur in der Abfallverursachungskette prinzipiell richtige Entscheidungen. Entscheidend für die Funktionsfähigkeit des Systems, insbesondere für die Kontrollierbarkeit illegaler Ausweichreaktionen, ist allerdings ein System von Nachweispflichten, das den Verbleib von Abfällen aller Art hinreichend genau nachzuvollziehen erlaubt.

5.2 Stoffliche Verwertung

Eine stoffliche Verwertung liegt dann vor, wenn eine Nutzung der stofflichen Eigenschaften der Abfälle angestrebt wird. Sie umfaßt die

- die werkstoffliche Verwertung,
- die rohstoffliche Verwertung,
- die biologische Verwertung (Kompostierung, Vergärung) und
- die Verfüllung von Hohlräumen in Bergwerken (bergbaulicher Versatz).

Eine Rangfolge innerhalb der stofflichen Verwertung ist nicht festgelegt. Sie läßt sich allenfalls aus der Forderung nach einer möglichst hochwertigen Verwertung ableiten, die in bestimmten Fällen auch eine Festlegung einer Verwertungsart über entsprechende Rechtsverordnungen (z.B. Verpackungsverordnung [16]) möglich macht [17].

- **Werkstoffliche Verwertung**

Die werkstoffliche Verwertung verändert die verwendeten Stoffe chemisch nicht. In den Bereichen Papier/Pappe, Glas und Metalle wird schon seit langem eine werkstoffliche Verwertung erfolgreich durchgeführt. Entsprechende Entsorgungsmärkte sind vorhanden und Altpapier, Altpappe und Altglas haben sich zu wichtigen Rohstoffen für die Industrie entwickelt. Für Weißblech und Aluminium wurden bestehende Verwertungskapazitäten erweitert, allerdings werden nicht immer kostendeckende Erlöse bei der Verwertung erzielt. Die rückgeführten Stoffe können in den etablierten Produktionsprozessen eingesetzt werden.

Ein Problem stellt die werkstoffliche Verwertung von Kunststoffen dar, sie hängt von der erreichbaren Sortenreinheit bei Sammlung und Sortierung ab.
Die bei Produktion und Verarbeitung anfallenden Kunststoffabfälle (1995 ca. 51 % der eingesammelten Kunststoffe), können weitgehend sortenrein erfaßt und in den Produktionsprozeß zurückgeführt werden. Eine Studie des Umweltbundesamtes zum Aufkommen und zur Verwertung von Kunststoffabfällen ermittelte in den untersuchten Industriebranchen sogar noch höhere Verwertungsquoten (Kunststofferzeugung 61 %, und -verarbeitung 79 %) [18]. Gleichzeitig offenbarte sie aber auch ungenutzte (werkstoffliche) Verwertungspotentiale insbesondere im gewerblichen Bereich von über 400.000 t gegenüber ca. 250.000 t beim privaten Endverbraucher (s. Tabelle 5.2–1).

Tabelle 5.2–1: Aufkommen, Verwertungsmenge und ungenutztes Verwertungspotential bei Kunststoffabfällen im Jahr 1994 nach [18]

Bereich [1]	Abfallaufkommen	Verwertungsmenge	Verwertungsquote	Ungenutztes Verwertungspotential
Kunststofferzeugung in t	54.500	33.428	61 %	0
Kunststoffverarbeitung in t	281.030	222.110	79 %	41.400
Gewerblicher Endverbrauch in t	818.459	177.970	22 %	384.300
Privater Endverbrauch in t	572.397	164.715 [2]	29 %	244.600

[1] ohne innerbetriebliche Verwertung und ohne Kunststoffverpackungsabfälle aus Privathaushalten
[2] fast ausschließlich Nichtverpackungskunststoffe, die durch Fehlwürfe in die DSD-Sammlung gelangen und mit den Verpackungskunststoffen zusammen werkstofflich oder rohstofflich verwertet werden

Die vom DSD erfaßten Kunststoffabfälle (Kunststoffverpackungen) aus Haushalten (1995 ca. 37 % der insgesamt eingesammelten Kunststoffabfälle), stellen ein Werkstoffgemisch dar, aus dem die werkstofflich verwertbaren Anteile abgetrennt werden müssen. Die erheblichen Aufwendungen für Trennung, Sortierung und Aufbereitung, die hohe Kosten verursachen, verhindern bislang eine Kostendeckung. Im Jahr 1996 wurden ca. 52 % der vom DSD eingesammelten Verpackungskunststoffe werkstofflich verwertet [19].

Wenn sortenreine Fraktionen in hoher Qualität vorliegen, dann lassen sich mit dem Primärprodukt vergleichbare Recyclingprodukte herzustellen und dann kann die werkstoffliche Verwertung auch einen ökologischen Vorteil gegenüber den anderen Verwertungsarten aufweisen [20]. Werkstoffliche Verfahren schneiden dann besonders günstig ab, wenn Neukunststoff nahezu vollständig durch Recyclingware substituiert werden kann [21]. Werden andere Werkstoffe bei der Herstellung von Recyclingprodukten ersetzt (z.B. Holz, Beton bei der Herstellung von Palisaden) schneiden Recyclingprodukte prinzipiell dann günstiger ab, wenn sich die Lebensdauer des Produktes dadurch erhöht.

Die aufwendige und teure Erfassung und Sortierung für die Gesamtheit der Verkaufsverpackungen wird von der Verpackungsverordnung mit den vorgeschriebenen Quoten für das werkstoffliche Recycling erzwungen. Würde man die werkstofflich besser verwertbaren großen Hohlkörper und Folien aus Kunststoff getrennt erfassen und die restlichen Kunststoffabfälle im Restabfall belassen und mit diesem verbrennen – wie auch von einigen Länderumweltministern [22] und vom Sachverständigenrat für Umweltfragen [15] gefordert –, wäre ein hochwertiges werkstoffliches Recycling mit einem vertretbaren Kosten-Nutzen-Verhältnis möglich. Der Sachverständigenrat weist in seinem Umweltgutachten 2000 außerdem darauf hin, daß durch die im Stoffkreislauf gehaltenen wiederverwertbaren Stoffe und den daraus entstehenden Produkten mögliche Langzeit-

wirkungen für Umwelt und Gesundheit resultieren könnten und empfiehlt, entsprechende Vorsorgemaßnahmen zu treffen.

- **Rohstoffliche Verwertung**

Bei der rohstofflichen Verwertung werden die zu verwertenden Stoffe einer chemischen Veränderung unterzogen (z.B. Altkunststoffe zu Syntheseöl umgewandelt). Sie gewann erst in Verbindung mit der Umsetzung der Bestimmungen des KrW-/AbfG und besonders der Anforderungen der Verpackungsverordnung an Bedeutung. Für die rohstoffliche Verwertung von Kunststoffen wurden völlig neue Verfahren entwickelt, um z.B. aus Kunststoffen wieder die Ausgangsstoffe (z.B. Öl, Gas) zurückzugewinnen, oder um neue Verwertungswege zu erschließen. Ein Teil der über das DSD erfaßten Kunststoffe (insbesondere Mischkunststoffe) werden auf diesem Wege in den Wertstoffkreislauf zurückgeführt, wobei der hohe industrielle Aufwand im Vergleich zu den Primärrohstoffpreisen zu deutlich höheren Recyclatpreisen führt.

Zur rohstofflichen Verwertung von Kunststoffen werden heute im wesentlichen drei Verfahren angewandt bzw. erprobt, bei denen die Gewinnung von Primärstoffen oder der Ersatz von Erdölprodukten im Vordergrund stehen [23]: der Einsatz als *Reduktionsmittel im Hochofen*, die *Festbettvergasung* zu Synthesegas bzw. Methanol und die *Herstellung von Paraffin* aus Kunststoff (s. Anhang B).[2]

Insgesamt weist das rohstoffliche Recycling von Kunststoffabfällen keinen wesentlichen ökologischen Vorteil gegenüber der energetischen Verwertung auf, sondern ist mit dieser weitgehend gleichwertig, wenn die beim Verbrennen freigesetzte Energie mit hohem Wirkungsgrad umgewandelt, die Wärme auch konsequent genutzt und dabei vorwiegend Kohle als Primärenergieträger ersetzt werden kann, wie dies z.B. bei (Müll-)Heizkraftwerken oder Zementwerken der Fall sein kann. [20][26].
Dies wird im Grunde auch durch die Studie der Arbeitsgemeinschaft Verpackung und Umwelt (AGVU) bestätigt [27], die aber zugleich einschränkt, daß bislang der Gesamtnutzungsgrad aller deutschen MVA nur bei 39 % liegt und nur wenige Anlagen (z.B. Hamburg Borsigstraße) die hohen Anforderungen erfüllen können.
Darüber hinaus ist die rohstoffliche Verwertung ohnehin in der Regel immer mit einer teilweisen energetischen Nutzung verbunden (z.B. Hochofen).
Die energetische Nutzung von Kunststoffabfällen außerhalb des DSD ist jedoch wesentlich kostengünstiger – auch dann, wenn die Abfälle erst zu einem geeigneten standardisierten Ersatzbrennstoff aufbereitet werden müssen [20][27]. Hinzu kommt, daß

[2] Die Duales System Deutschland AG hat den Vertrag mit der Kohleöl-Anlage in Bottrop aus Wirtschaftlichkeitsgründen zum 31. Dezember 1999 vorzeitig gekündigt [25].

Kunststoffe aus Erdöl gewonnen werden und nur einen sehr kleinen Teil des Erdölverbrauchs[3] darstellen. Erdöl und Erdölprodukte werden überwiegend energetisch genutzt[4] – d.h. verbrannt –, so daß die rohstoffliche Verwertung von Kunststoffen keinen nennenswerten Beitrag zur Ressourcenschonung liefert und ökologisch wenig sinnvoll ist.

- **Biologische Verwertung**

Bei der biologischen Verwertung wird durch den Ab- und Umbau organischer Substanz (z.B. getrennt gesammelter Bioabfall und Grünabfall) durch Mikroorganismen ein Kompost (und evtl. Biogas) erzeugt, der bei Einhaltung der Schadstoffgrenzwerte der Bioabfallverordnung (BioAbfV) [29] wieder direkt in den organischen Stoffkreislauf eingebracht werden kann. Erfahrungen mit der Kompostierung sind in vielfältiger Weise vorhanden und ein Markt zum Absatz des Kompostes ist im Prinzip vorhanden. Die Kosten hängen stark vom benötigtem Aufwand ab – Grünabfall ist verfahrenstechnisch einfacher als Bioabfall zu kompostieren – und gehen signifikant in die Gebührenkalkulation ein.
Um die Verwertbarkeit des Kompostes zu garantieren, muß aber darauf geachtet werden, daß nur geringe Schadstoffmengen in die Kompostierungsanlage eingetragen werden. Es kann daher erforderlich sein, bestimmte belastete Gebiete von der Bio- und Grünabfallsammlung auszuschließen, um die Schadstoffmengen gering zu halten.

Prinzipiell sind aerobe (Kompostierung) und anaerobe (Vergärung) Verfahren zu unterscheiden (Anhang B), die unterschiedliche Voraussetzungen für einen weitgehenden Organikabbau erfüllen müssen und die beide im jeweils verfügbaren Zeitrahmen des Verfahrensablauf nur solche Stoffe umsetzen können, die von Mikroorganismen leicht bis mittelschwer abgebaut werden; so sind z.B. Kohlenwasserstoffe, Lignin oder Keratine im zur Verfügung stehenden Zeitraum von biologischen Verfahren nur schwer bis praktisch nicht abbaubar [30].

Für die Kompostierung wird die offene oder geschlossene Mietenkompostierung mit Umsetzung (Quasidynamische Verfahren) am häufigsten eingesetzt, wobei allerdings offene Kompostierungsanlagen aufgrund von Geruchs- und anderen Emissionen nur noch bedingt genehmigungsfähig sind [31]. Der gewonnene Kompost kann vermarktet und in der Landwirtschaft oder im Gartenbau eingesetzt werden.

---

[3] Für Verpackungskunststoffe werden ca. 1,5 % des Jahresbedarfs in Deutschland eingesetzt [26]

[4] 1995 wurden ca. 85 % des Mineralölverbrauchs in Deutschland energetisch genutzt [28]

1998 wurden in Deutschland 539 Kompostierungsanlagen (Kapazität > 1000 t/a) mit einer Gesamtkapazität von über 6,5 Mio. t/a und 44 Vergärungsanlagen mit einer Gesamtkapazität von ca. 1 Mio. t/a betrieben [32]. Die Mehrzahl der Kompostierungsanlagen hat dabei eine Behandlungskapazität von weniger als 7.500 t/a (61 %) und wird in der Regel als offene Mietenkompostierung betrieben. Prinzipiell kann davon ausgegangen werden, daß die Kompostierung in kleinen Anlagen beherrscht wird, während insbesondere bei der Bioabfallkompostierung in größeren Anlagen noch Probleme auftreten können.

Bei der Vergärung erfolgt die Umsetzung organischer Substanzen unter Sauerstoffabschluß zu Kohlendioxid und Methan (und geringen Mengen anderer Gase), wobei die Gaserzeugung eine indirekte Nutzung des Energieinhaltes der organischen Abfälle bedeutet. Auf die Vergärung wirken z.B. Antibiotika, Desinfektionsmittel, Schwermetalle und Salze hemmend bzw. toxisch, d.h. die zu behandelnden Abfälle dürfen nur wenige dieser Hemmstoffe enthalten [30]. Da bei der Vergärung keine Wärme freigesetzt wird, muß die Reaktionstemperatur durch geeignete Heizungsverfahren von außen vorgegeben werden. Dafür kann das erzeugte Gas genutzt werden, so daß sich Vergärungsanlagen nicht nur energieautark betreiben lassen, sondern auch einen Überschuß in Form von Wärme, Strom oder Gas abgeben können. Die Gärreststoffe können entweder direkt als Dünger ausgebracht werden oder in einer belüfteten Nachrotte zu Kompost verarbeitet werden. Durch die geringeren Geruchs- und Schadgasemissionen der Vergärungsverfahren können im Gegensatz zu Kompostierungsanlagen auch Standorte mit angrenzender Bebauung genutzt werden.

In vielen Fällen lassen sich aerobe und anaerobe Verfahren kombinieren [33]. Da sowohl aerobe wie auch anaerobe Prozesse je nach Substrat Vorteile aufweisen, kann in einer Kombinationsanlage der eine oder der andere Abbauweg oder eine Kombination von beiden gewählt werden [34].

Bei der biologischen Verwertung wird die Produktion eines marktfähigen, hochwertigen Kompostes angestrebt. Wichtige, durch den biologischen Schritt zu erreichende Qualitätsmerkmale sind dabei die seuchenhygienische Unbedenklichkeit und der Rottegrad des Kompostes [35]. Den Schutz des Bodens vor Schadstoffeinträgen und -anreicherung soll die am 1. Oktober 1998 in Kraft getretene Bioabfallverordnung [29] gewährleisten, die nur bestimmte Materialien mit sehr niedrigen Schadstoffgehalten sowie hygienischer Unbedenklichkeit für die Verwertung zuläßt. Ende 1998 waren zwei Drittel aller Komposthersteller Inhaber des RAL-Gütezeichens der Bundesgütegemeinschaft Kompost [36].
Hauptabnehmer des Kompostes ist die Landwirtschaft (39 %), gefolgt vom Garten und Landschaftsbau (17 %), wobei der Landwirtschaft in der Regel sehr günstige Abnahmekonditionen eingeräumt werden. Die Herstellungskosten für Kompost (einschl. Betriebs-

aber ohne Vermarktungskosten bzw. -erlöse) betragen durchschnittlich 182-197 DM pro Tonne [36].

- **Verfüllung von Hohlräumen im Bergbau**

Einen Sonderfall der stofflichen Verwertung stellt die Verfüllung von Hohlräumen im Bergbau mit Abfällen (u.a. Rückstände aus der thermischen Abfallbehandlung) dar. Da die Abfälle dabei praktisch den gleichen Bedingungen ausgesetzt sind wie in einer Untertagedeponie, entspricht diese Verwertung weitgehend einer Deponierung. Allerdings gelten für Untertagedeponien die strengen Maßstäbe der Abfallgesetzgebung (Deponierung nach TA Abfall), während die Verwertung von Abfällen in Bergwerken dem Bergrecht unterliegt und dafür keine einheitliche und verbindliche, länderübergreifende Regelung existiert. Kritisch ist vor allem das Einbringen von Abfällen in Bergwerke, die nach der Verfüllung geflutet werden, so daß langfristig ein Kontakt der eingebrachten Abfälle mit dem Grundwasser nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann. Seit Oktober 1996 liegen Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen als Versatz unter Tage vom Länderausschuß Bergbau [37] vor, die zu einer bundesweiten Vereinheitlichung der untertägigen Verwertungspraxis führen sollen.

5.3 Energetische Verwertung

Nach Anhang II B (Punkt R1) des KrW-/AbfG umfaßt die energetische Verwertung die Verwendung des Abfalls als Brennstoff (außer Direktverbrennung) oder als Mittel der Energieerzeugung. Damit ist die Nutzung von Kraftwerken oder sonstigen Industriefeuerungen als Verwertungsanlage möglich. Für eine energetische Verwertung sind nach § 6 Abs. 2 KrW-/AbfG folgende Anforderungen zu erfüllen:

1. Der Abfall muß ohne Vermischung mit anderen Stoffen einen Heizwert von mind. 11.000 kJ/kg haben.
2. Bei der Verbrennung muß ein Feuerungswirkungsgrad von mindestens 75 % erreicht werden.
3. Die entstehende Wärme muß selbst genutzt oder an Dritte abgegeben werden.
4. Die bei der Verwertung anfallenden weiteren Abfälle müssen möglichst ohne weitere Behandlung abgelagert werden können.

Einen Sonderfall stellen Abfälle aus nachwachsenden Rohstoffen (Biomasse) dar, die nach § 6 Abs. 2 KrW-/AbfG energetisch verwertet werden können, ohne die Heizwertgrenze von 11.000 kJ/kg zu erreichen.

Die generelle Problematik der Abgrenzung zwischen Abfällen zur Verwertung und Abfällen zur Beseitigung wurde in Kapitel 5.1 diskutiert. Bei der energetischen Verwertung tritt noch eine anlagenbezogene Besonderheit hinzu. Anlagen zur thermischen Abfallbehandlung (Müllverbrennungsanlagen) sind – nach offizieller Lesart des KrW-/AbfG – auch dann nicht als Anlagen zur energetischen Verwertung von Abfall zugelassen, wenn sie Energie abgeben. Obwohl Abfälle sowohl bei der energetischen Verwertung als auch bei der thermischen Behandlung verbrannt werden, werden diese Verbrennungsprozesse vom Gesetzgeber nach ihrem Ziel – Energiegewinnung bzw. langfristige und mit geringen Umweltauswirkungen verbundene Beseitigung – unterschieden. Die thermische Abfallbehandlung zur Beseitigung soll zu Reststoffen führen, die mit geringen Umweltauswirkungen auf Deponien verbracht werden können und dort nur wenig oder überhaupt nicht mit anderen Stoffen reagieren, also weitgehend inert sind.

Gemessen an den Zielen des KrW-/AbfG ist diese Abgrenzung (nach § 4 Abs. 4) fragwürdig und sie wird mit dem Rückgang der Abfallmengen, die bei öffentlich-rechtlichen Abfallbehandlungsanlagen angeliefert werden, und der damit verbundenen verringerten Auslastung von Müllverbrennungsanlagen auch zunehmend in Frage gestellt bzw. aufgeweicht. So erhalten bayerische Müllverbrennungsanlagen die Zulassung als Verwertungsanlagen, während Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen dies offiziell verwehren, indirekt über Sondertarifregelungen der Anlagenbetreiber aber doch tolerieren. Außerdem haben Gerichte inzwischen ausgeführt, daß eine energetische Verwertung von Abfällen auch in Müllverbrennungsanlagen erfolgen kann, deren Hauptzweck in der Verbrennung von Abfällen zur Beseitigung besteht [10]. Der für den Verwertungscharakter erforderliche Ersatz von Primärenergie ist z.B. dann erfüllt, wenn die Anlage über eine Kraft-Wärme-Kopplung verfügt.

Der Einsatz von Abfällen zur Mitverbrennung oder energetischen Verwertung in Industriefeuerungen muß prinzipiell von der zuständigen Immissionsschutzbehörde genehmigt werden und die in Baden-Württemberg zur energetischen Verwertung in Industriefeuerungen bereits genehmigten bzw. in Genehmigung befindlichen oder geplanten Abfallarten und -mengen sind in Tabelle 5.3-1 zusammengestellt. Wie die Tabelle zeigt, handelt es sich bei den für eine energetische Verwertung in Frage kommenden Abfallarten, bis auf Klärschlämme, ausnahmslos um hochkalorische Produktions- und Gewerbeabfälle (z.T. auch Sonderabfälle), die den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern nicht angedient werden müssen und von den Abfallerzeugern als handelbares Gut selbst entsorgt werden können. Diese Abfallarten fallen in der Regel direkt an und werden ohne weitere Vorbehandlung einer energetischen Verwertung zugeführt.

Tabelle 5.3-1: Übersicht über die zur energetischen Verwertung genehmigten Mengen in Baden-Württemberg nach [38] (Stand 1997)

Regierungsbezirk	Industrie und Abfälle	genehmigte Einsatzmenge
Freiburg	**Ziegeleien**	
	Papierschlamm	15 Vol.-% der eingesetzten Tonmenge
	Altstyropor, Papierschlamm	15 Vol.-% der eingesetzten Tonmenge
	Eisen-/Stahlindustrie	
	Walzöl	1.688 t/a
	Altöl	max. 4.000 t/a (geplant)
	Sonstige Anlagen	
	Holzschnitzel (Q1-Q3) [1)]	max. 50 %ige Substitution des Gaseinsatzes
	Altöl	200 m³/a
	mineralölverunreinigte Böden	60 t/h
	Lösemittelgemische und Lösemittel/Wasser-Gemische	25 % der Feuerungswärmeleistung (max. 5 % Gehalt an halogenierten org. Verbindungen)
Karlsruhe	**Zementindustrie**	
	Altreifen	29.045 t/a
	Altöl	26.000 t/a
	Kunststoffabfälle	21.000 t/a
	Ziegeleien	
	chlorfreie Papierfangstoffe, Sägemehl	12 Vol.-% der eingesetzten Tonmenge
	Kraftwerke	
	Klärschlamm	noch in der Planung
	Altholz	noch in der Planung
	Sonstige Anlagen	
	Altholz	noch in der Planung
	flüssige organische Abfälle	1.400 t/a
	edelmetallhaltiges Gekrätz	ca. 600 t/a
	Ölfilter, Schrott und Metallabfälle mit Restanhaftungen	keine Begrenzung
Stuttgart	**Zementindustrie**	
	Altholz	8 t/h
	Kraftwerke	
	getrockneter Klärschlamm	40.000 t/a (beantragt)
Tübingen	**Zementindustrie**	
	Altreifen	25 % der Gesamtfeuerungswärmeleistung
	Altreifen, BPG [2)]	60 % der Gesamtfeuerungswärmeleistung
	Altreifen, Kohlengrobstäube, Wachse und Paraffine, Ölschlämme, Elektrodenkokse	25 % der Gesamtfeuerungswärmeleistung
	Gießereialtsande	8.670 kg/h
	Altsande	11.000 kg/h
	Ziegeleien	
	mineralölverunreinigte Böden, Altsande, Papierfangstoffe	keine pauschale Begrenzung, abhängig von den Eigenschaften der Abfälle
	Kraftwerke	
	Rinde, Schlämme aus der Zellstoff- und Kartonproduktion	max. 50.000 t/a

[1)] Q1 = (Qualitätsklasse 1) naturbelassenes Holz,
Q2 = unbehandeltes Holz, Sperrholz, Spanplatten, Faserplatten, verleimtes Holz (auch gestrichen)
Q3 = lackiertes und beschichtetes Holz sowie Holzreste (ohne halogenorganische Beschichtung)

[2)] BPG = Brennstoff aus produktionsspezifischen Gewerbeabfällen

Um eine einheitliche Bewertung von Abfällen für den Einsatz als Ersatzbrennstoffe in Industriefeuerungen zu gewährleisten, wurden vom Landesumweltamt Nordrhein-West-

falen nach § 4 Abs. 4 KrW-/AbfG Abgrenzungskriterien in Form von Richtwerten auf der Basis von Regelbrennstoffen (Kohlen unterschiedlicher Herkunft) abgeleitet [39] (s. Tabelle A–9). Die Richtwerte wurden in Bezug auf den die Verwertung bestimmenden Energieinhalt in mg/MJ berechnet und ermöglichen eine einheitliche Beurteilung unterschiedlichster Abfallarten hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte. Bei Unterschreitung dieser aus Maximalwerten eines „fiktiven Ersatzbrennstoffes" gebildeten Richtwerte, ist – bei Erfüllung der Kriterien Heizwert, Feuerungswirkungsgrad und Abwärmenutzung – eine energetische Verwertung grundsätzlich möglich.

Über die Gesamtmengen der in Industriefeuerungen mitverbrannten Abfälle – vor allem Altholz, Altreifen, Altöle, Kunststoffe, Kohlenstäube, Kokse, Papier- und Ölschlämme – und die Bedeutung der konkurrierenden Entsorgungspfade liegen keine genauen Angaben vor. Man muß aber vermuten, daß in den letzten Jahren ein wachsender Anteil gerade dieser Abfälle nicht mehr über das öffentlich-rechtliche Entsorgungssystem erfaßt wird und zum Rückgang der an den öffentlichen Abfallentsorgungsanlagen angelieferten Mengen geführt hat.

Aufgrund der geltenden Regelungen ist Hausmüll bislang weitgehend von der energetischen Verwertung ausgeschlossen. Die Abgrenzung der energetisch verwertbaren Abfälle über ihren Heizwert legt es nahe, nach Wegen zu suchen, um Hausmüll so zu behandeln, daß er die Heizwertanforderung für eine energetische Verwertung erfüllt. Dies kann durch einfache Trocknung oder aufwendigere mechanisch-biologische Behandlung mit anschließender Sortierung erfolgen und steht im Einklang mit der Idee früherer BRAM-Konzepte zur Erzeugung von **Br**ennstoff **a**us **M**üll. Das Schadstoffspektrum des Hausmülls bleibt dabei mehr oder weniger erhalten, Schwermetallgehalte lassen sich aber zum Teil durch Aussortieren von Metallen und Inertstoffen reduzieren [30][40].

Ein Beispiel für einen derartigen Weg ist das sogenannte Trockenstabilatverfahren [41], das inzwischen durch das Hessische Umweltministerium [42] zur energetischen Verwertung zugelassen ist und zusätzlich zu den hochkalorischen Gewerbeabfällen auch Abfälle aus Haushalten energetisch zu verwerten erlaubt [43].
Dabei werden leichtabbaubare organische Bestandteile im Restabfall aus Haushalten biologisch zersetzt und die entstehende Wärme – in Verbindung mit einer ausreichenden Belüftung – zur Trocknung des Abfalls genutzt, so daß eine Restfeuchte von < 15 % erreicht wird. Der Wasserentzug führt zu einem biologisch stabilen, homogenen Endprodukt (Trockenstabilat), das jetzt einen Heizwert über 11.000 kJ/kg besitzt, unbegrenzt lagerfähig ist und zudem eine gute Sortierbarkeit aufweist [41].
Das letztlich rechtlich nur auf die in § 6 KrW-/AbfG festgelegte Heizwertgrenze begründete Trockenstabilatverfahren macht die Fragwürdigkeit der im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz festgelegten Abgrenzung von thermischer Behandlung und

energetischer Verwertung deutlich, da sich durch den Trocknungsprozeß am Schadstoffpotential des Restabfalls nichts verändert hat.

Erfahrungen (bzw. Versuche) liegen zur Zeit vor allem für die Mitverbrennung von Abfällen in *Kraftwerken* zur Strom- und Wärmeerzeugung, für den Einsatz in *Zementwerken* und *Hochöfen* sowie in einigen speziellen *Industrieanlagen* (Ziegeleien, Asphaltmischanlagen etc.) vor [44] (s. Anlage B).

Die Verfahren zur energetischen Verwertung unterliegen unterschiedlichen Emissionsanforderungen (s. Tabelle A–10):

- Kraftwerke mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 50 MW unterliegen den Regelungen der 13. BImSchV [45], bei Leistungen unter 50 MW der TA Luft [46]. Für die Einhaltung der dort vorgegebenen Emissionsgrenzwerte ist neben einer Entstaubung in der Regel auch eine Rauchgasentschwefelungsanlage und ein Katalysator zur Entstickung notwendig. Vereinzelt finden sich auch adsorptive Rauchgasreinigungstufen [47].
- Zementwerke sind der Überwachung der TA Luft (Nr. 3.3.2.3.1 „Anlagen zur Herstellung von Zementen“) unterstellt, die spezielle Emissionsgrenzwerte für Zementwerke vorgibt (s. Tabelle A–10). Der Grenzwert für Stickoxide der TA Luft unterliegt dem fortschrittlichen Stand der Technik (Dynamisierungsklausel) und wurde zwischenzeitlich für Zementwerke durch den Länderausschuß für Immissionsschutz (LAI) auch gesenkt (von max. 1.800 mg/m^3 NO_X auf 500 mg/m^3 für Neuanlagen und 800 mg/m^3 für Altanlagen).
- Hochöfen sind der allgemeinen Überwachung der TA Luft (Nr. 3.3.3.2.1 „Anlagen zur Gewinnung von Roheisen“) unterstellt (s. Tabelle A–10).
- Ziegeleien und Asphaltmischanlagen unterliegen ebenfalls der Überwachung der TA Luft (Nr. 3.3.2.10.1 bzw. Nr. 3.3.2.15.1), die insbesondere für Schwefeloxide eine Emissionsbegrenzung vorschreibt.

Bei der Mitverbrennung von Abfällen zur Verwertung in Anlagen bis zu einem Anteil von 25 % der Feuerungswärmeleistung ist die 17. BImSchV [48] nur auf den Teil des Abgasstromes anzuwenden (d.h. Bildung von Mischgrenzwerten aus TA Luft bzw. 13. BImSchV und 17. BImSchV), der bei der Verbrennung des höchstzulässigen Anteils der Abfälle und des evtl. für die Verbrennung der Abfälle zusätzlich benötigten Brennstoffes entsteht [49].

Bei Anteilen über 25 % an der Feuerungswärmeleistung ist bei Großfeuerungsanlagen (gemäß Nr. 1.1 bis 1.3 und 8.1 der 4. BImSchV)[5] für Dioxine und Furane, Schwermetalle und Kohlenmonoxid ein Mischwert (aus 13. BImSchV und 17. BImSchV) zu ermitteln. Für die restlichen Emissionswerte (Staub, Gesamtkohlenstoffgehalt, HCl, HF, SO_2 und NO_X) ist die 17. BImSchV anzuwenden.
Für Emissionen, die nach 13. BImSchV nicht reglementiert, aber nach 17. BImSchV begrenzt sind, werden Betriebswerte gemessen und mit dem Grenzwert der 17. BImSchV zu einem „praktikablen" Mischwert verarbeitet.

Insgesamt betrachtet kommt es, je nach Anwendung der gültigen Emissionsgrenzwerte, zu ganz unterschiedlichen Schadstofffrachten, die legal emittiert werden können.
Im Hinblick auf das Emissionsverhalten werden auch sog. Monoverbrennungsanlagen zur Entsorgung einzelner Abfallarten – z.B. von Altholz oder Kunststoffabfällen – diskutiert. Monoverbrennungsanlagen für Abfälle unterliegen wie Müllverbrennungsanlagen vollständig der 17. BImSchV. Allerdings sind sie speziell für die Verbrennung einzelner Abfallarten ausgelegt bzw. optimiert und zielen z.B. auf einen vollständigen Ausbrand bei optimaler Energienutzung und minimalen Emissionen.

Zu den Monoverbrennungsanlagen kann auch die *Energetische Verwertungsanlage (EVA***)** gerechnet werden, die als Baustein im Entsorgungskonzept des Lahn-Dill-Kreises für die Verbrennung von Trockenstabilat gebaut wird und ca. 15.000 t Trockenstabilat (entspricht 25 % des erzeugten Trockenstabilats) in Strom und Wärme umwandeln soll [50]. Der erzeugte Strom (2 MW) wird zum netzunabhängigen Betrieb des benachbarten Trockenstabilatwerkes benutzt, das in den Wintermonaten auch seine Heizwärme von dort bezieht. Die verbleibende Wärmeenergie (ca. 5 MW) soll für die Trocknung von Biomasse zur Brennstofferzeugung (geplant) eingesetzt werden. Auch diese Anlage muß die Anforderungen der 17. BImSchV erfüllen [51]. Das restliche Trockenstabilat soll zwischengelagert und in industriellen Feuerungsanlagen (z.B. Zementwerken) energetisch verwertet werden. Dabei wird von einem negativen Marktwert der Abfälle bzw. von einer Zuzahlung von 150 DM/t Trockenstabilat für die Abnahme ausgegangen [52].

Die unterschiedlichen Anforderungen an die Emissionen der für eine energetische Abfallverwertung in Frage kommenden Anlagen haben auch Auswirkungen auf die Aufteilung der Abfallströme. Da die unterschiedlichen Emissionsanforderungen zu unterschiedlich hohen Investitionen für die Rauchgasreinigung führen, unterscheiden sich die verschiedenen Verwertungspfade in ihren Abfallbehandlungskosten und -preisen. Tendenziell werden Entsorgungspflichtige den preiswertesten Weg zur energetischen Verwertung suchen und damit Anlagen vermeiden, die der 17. BImSchV unterliegen, die

[5] d.h. bei festen Brennstoffen ab einer Leistung > 50 MW

zwar die höchsten Umweltschutzanforderungen erfüllen, aber gerade deswegen auch die höchsten Behandlungskosten aufweisen.

Hinsichtlich des Verbrennungsprozesses ist dabei die Mitverbrennung bzw. energetische Verwertung von Abfällen in Kraftwerken im Prinzip weitgehend identisch mit der ausschließlichen Verbrennung derartiger Abfälle in Müllheizkraftwerken, die auch Strom und Fernwärme erzeugen und zur Nutzung weitergeben. Im Hinblick auf die Umweltschutzziele des KrW-/AbfG wäre aber eine Verbrennung in Müllheizkraftwerken, die den strengeren Emissionsvorschriften der 17. BImSchV unterliegen, vorzuziehen.

Im Umweltgutachten 1998 und 2000 hat der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen [15] deshalb vorgeschlagen, das Ungleichgewicht in der Festlegung des Standes der Technik durch Angleichung der Großfeuerungsanlagen-Verordnung von 1983 (13. BImSchV) und der TA Luft von 1986 an die 17. BImSchV von 1990 aufzuheben.

Abhilfe könnte die in Vorbereitung befindliche neue EU-Verbrennungsrichtlinie [53] schaffen, die mit der 17. BImSchV vergleichbare Emissionsgrenzwerte enthalten soll und bei der Mitverbrennung von Abfällen in Kraftwerken, Zementwerken und sonstigen Industriefeuerungen für Dioxine/Furane und einen Teil der Schwermetalle[6] die Anwendung der gleichen Emissionsgrenzwerte vorsieht. Darüber hinaus muß auch sichergestellt werden, daß es nicht zu einer Schadstoffanreicherung in den entstehenden Produkten und damit zu möglichen Langzeitwirkungen für die Umwelt und die Gesundheit kommt.

Für die Umweltwirkungen der energetischen Verwertung sind vor allem die anorganischen Inhaltsstoffe der Abfälle von Bedeutung, da zum einen für die energetische Verwertung weniger strenge Emissionsgrenzwerte gelten, als für die thermische Abfallbehandlung und zum anderen sich Schadstoffe in Produkten anreichern können. Dabei sind die Elemente Schwefel, Stickstoff und insbesondere Chlor sowie die Schwermetalle Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Kupfer, Mangan, Nickel, Quecksilber, Thallium, Vanadium und Zinn zu nennen [54], die als Element oder in Verbindungen entweder toxisch sind oder ein kanzerogenes Potential besitzen.
Ein genereller Vorwurf, daß die Mitverbrennung von Abfällen in Industriefeuerungen immer unter schlechterem Emissionsniveau stattfände, ist jedoch – bei Betrachtung des Substitutionseffektes von z.B. Braunkohle oder Schweröl – pauschal nicht zutreffend (z.B. Klärschlamm-Mitverbrennung im Kohlekraftwerk Walheim [55] – s. Tabelle A-11). Allerdings wäre es im Interesse des Umweltschutzes wünschenswert, alle Verbrennungsanlagen gleichwertigen Anforderungen zu unterwerfen.

[6] u.a. Quecksilber, Cadmium, Thallium; in Kraftwerken und Zementwerken alle Schwermetalle

Derzeit zeichnen sich zwei Lösungen ab:

- Ein Ansatz geht von der Schadstoffbelastung im Abfall aus und erlaubt eine energetische Verwertung in Industriefeuerungen nur unterhalb einer maximal zulässigen Belastung. Abfälle, die mit Schadstoffen oberhalb dieser Grenze belastet sind, wären dann in dafür ausgelegten Müllverbrennungsanlagen zu verbrennen.
- Der zweite Ansatz sieht vor, daß die Mitverbrennung von Abfällen im wesentlichen der thermischen Abfallbehandlung gleichgestellt wird und für die kritischen Schadstoffe (z.B. Schwermetalle, Dioxine) die gleichen Emissionsgrenzwerte – ohne Anwendung der Anteilsregelung – gelten sollen, wie dies auch in der neuen EU-Verbrennungsrichtlinie vorgesehen ist [53].

5.4 Literaturverzeichnis zu Kapitel 5

[1] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG) vom 27. September 1994 (BGBl. I S. 2705), zuletzt geändert am 25. August 1998 (BGBl. I S. 2455)

[2] Bündnis 90/Die Grünen (Hrsg.): Gewerbeabfälle in Baden-Württemberg – Wege und Verbleib. Studie erstellt von BZL und DPU im Auftrag der Grünen im Landtag von Baden-Württemberg, Stuttgart, November 1997

[3] Garbe-Emden, J.: Ein Jahr Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – Fachaufsätze und Gerichtsentscheidungen zum Abfallrecht und verwandten Rechtsgebieten von Juli bis September 1997. Müllmagazin 10 (1997) Nr. 4, S. 67-69

[4] Forschungs- und Entwicklungsinstitut für Industrie- und Siedlungswasserwirtschaft sowie Abfallwirtschaft (FEI) e.V. (Hrsg.): Berichte aus der Praxis der Abfallwirtschaft. 75. Abfalltechnisches Kolloquium der Universität Stuttgart am 25. März 1999 in Stuttgart, Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft Nr. 71, Erich Schmidt Verlag, Bielefeld 1999

[5] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Definition und Abgrenzung von Abfallverwertung und Abfallbeseitigung sowie von Abfall und Produkt nach dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz. LAGA-Papier vom 17. März 1997

[6] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (WA II 1): Konsenssuche in der Abfallwirtschaft – Bund und Länder erarbeiten gemeinsame Auslegung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes. Umwelt (1998) Nr. 3, S. 119-120

[7] Mischer, G.; Bredereck, E.: Anderer Meinung – Der VCI nimmt Stellung zur Abgrenzungsfrage zwischen energetischer Verwertung und thermischer Behandlung. Müllmagazin 11 (1998) Nr. 1, S. 63-65

[8] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (WA II 1): Beschwerdeverfahren vor der EU-Kommission – Verbringung von deutschen Abfällen in belgische Zementwerke. Umwelt (1998) Nr. 3, S. 119-120

Anonym: EU-Kommission: Deutschland verstößt gegen Abfallrichtlinie. Müllmagazin 11 (1998) Nr. 4, S. 4

Holzapfel, A. M.: Rahmenbedingungen für konstante Planungs- und Investitionssicherheit. Rechtliche Aspekte der nationalen sowie europäischen Wasser- und Abfallwirtschaft. Umwelt 28 (1998) Nr. 5/6, S. 15-17

[9] Umweltministerien des Bundes und der Länder (Bund-Länder-AG): Abfallbegriff, Abfallverwertung und Abfallbeseitigung nach dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz. Bund-Länder-Konsenspapier vom 6. November 1997 (Beschluß der Umweltministerkonferenz)

[10] Potthast, W.: Die Abgrenzung von Abfällen zur Verwertung und Abfällen zur Beseitigung. Umwelt **28** (1998) Nr. 11/12, S. 22-23

[11] Anonym: Mischabfälle sind nicht generell Beseitigungsabfälle. Entsorgungspraxis 16 (1998) Nr. 12, S. 6

[12] Petersen, F.: Möglichkeiten und Grenzen des Wettbewerbs im Bereich der örtlichen Abfallwirtschaft nach dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz. Forum „Kommunen im wirtschaftlichen Wettbewerb“ der Deutschen Hochschule für Verwaltungswissenschaften Speyer vom 21.-22. September 1998

[13] Schunder, J.: Das Schrumpfen des Abfallberges verursacht Sorgen. Stuttgarts Müllmenge seit 1988 fast halbiert – Auslastung der Verbrennungsanlage immer schwieriger. Stuttgarter Nachrichten vom 15. April 1998, S. 16

[14] Anonym: Blick über den Rand der Deponie – Die derzeitige Situation in der Abfallentsorgung. BWK/TÜ/Umwelt-Special Oktober 1998, S. S1-S6

[15] Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU): Umweltgutachten 1998. Umweltschutz: Erreichtes sichern – Neue Wege gehen. Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart 1998

Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU): Umweltgutachten 2000. Schritte ins nächste Jahrtausend (Kurzfassung). http://www.umweltrat.de/gutach00.htm

[16] Verordnung über die Vermeidung und Verwertung von Verpackungsabfällen (Verpackungsverordnung – VerpackV) vom 27. August 1998 (BGBl. I. S. 2379)

[17] Jung, G.; Winter, S.: Erläuterungen zum KrW-/AbfG. In: Birn, H. (Hrsg.): Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz in der betrieblichen Praxis. WEKA Fachverlag für technische Führungskräfte GmbH, Teil 2.3 , Stand Oktober 1998

[18] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (WA II 4/UBA): Recycling von Kunststoffabfällen – umfassende Übersicht über Aufkommen und Verwertung von Kunststoffabfällen erstellt. Umwelt (1998) Nr. 1, S. 35-36

[19] Deutsche Gesellschaft für Kunststoff-Recycling mbH (DKR): Produkte aus recyceltem Kunststoff. DKR, Köln, Dezember 1997

[20] Holley, W.: Die Zukunft des Verpackungsrecyclings. Spektrum der Wissenschaft Nr. 9 (1998), S. 79-81

[21] Heyde, M.; Holley, W.; Kremer, M.: Ökobilanzen zur Verwertung von Kunststoffabfällen aus Sammlungen des Dualen Systems. In: VDI (Hrsg.): Verwertung von Kunststoffabfällen. VDI-Berichte Nr. 1288, S. 57-77, VDI-Verlag, Düsseldorf 1996

[22] Koch, W.: Müll verbrennen statt verwerten? Umweltminister kritisieren grünen Punkt: ökonomisch und ökologisch zweifelhaft. Stuttgarter Zeitung vom 9. März 1999, S. 1

[23] Deutsche Gesellschaft für Kunststoff-Recycling mbH (DKR): Wege des werkstofflichen Recyclings von gebrauchten Kunststoffverkaufsverpackungen aus den Sammlungen des Dualen Systems. DKR, Köln, November 1997

[24] Lahl, U.: Der Einsatz von Kunststoffen als Reduktionsmittel im Hochofen – ein Rückblick. Müll und Abfall **27** (1995) Nr. 5, S. 309-313

[25] Duales System Deutschland AG (Hrsg.): Vertrag mit Kohleöl-Anlage wird beendet. Pressemitteilung des DSD vom 24. August 1999

[26] Brandrup, J.: Ökologie und Ökonomie der Kunststoffverwertung. Müll und Abfall **30** (1998) Nr. 8, S. 492-501

[27] Dehoust, G.; Weinem, P.; Fritsche U.; Wollny, V.: Vergleich der rohstofflichen und energetischen Verwertung von Verpackungskunststoffen. Studie des Öko-Institut e.V. und der Deutschen Projekt Union im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Verpackung und Umwelt (AGVU), Darmstadt/Essen, November 1999

[28] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Energiebilanz Deutschlands für das Jahr 1995. Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke mbH – VWEW, Frankfurt am Main, 2000

[29] Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung – BioAbfV) vom 21. September 1998 (BGBl. I S. 2955)

[30] Bilitewski, B.; Härdtle, G.; Marek, K.: Abfallwirtschaft. 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 1994

[31] Detzer, R.: Wirbelstürme aus der Retorte. Umwelttechnik **21** (1998) Nr. 3, S. 20

[32] Wiemer, K., Kern, M.: Kompost-Atlas 1998/99. M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen 1998

[33] Bauer, W. P.; Groever, E.; Lipowsky, B.: Kombination von Kompostierung und Vergärung in Wertstoffzentren - Technik und Wirtschaftlichkeit. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Biologische Abfallbehandlung. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin 1995

[34] Edelmann, W.: Möglichkeiten und Grenzen der Anaerobtechnik aus der Sicht des Wissenschaftlers. In: Arbeitskreis für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfällen (ANS) e.V. (Hrsg.): Anaerobe Bioabfallbehandlung in der Praxis. 51. Informationsgespräch in Baden-Baden im März 1995, Schriftenreihe des ANS, Heft 30, Stuttgart 1995

[35] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Merkblatt M 10 über Qualitätskriterien und Anwendungsempfehlungen für Kompost. Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Nr. 21, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1995

[36] Bergs, C.-G.; Krebsbach, A.: Entwicklungschancen für die Verwertung von Bioabfällen nach Maßgabe der neuen Bioabfallverordnung. Wasser und Abfall **1** (1999) Nr. 4, S.8-10

[37] Länderausschuß Bergbau (LAB): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen als Versatz unter Tage – Technische Regeln für den Einsatz von bergbaufremden Abfällen als Versatz. Stand 22.10.1996

[38] Stellungnahme des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg: Müllverbrennung/ -verwertung in Zementfabriken, Ziegeleien und sonstigen Anlagen. Landtagsdrucksache 12/1787 vom 17. Juli 1997

[39] Winkler, H. D.: Verwertung von Altreifen und anderen Abfällen bei der Zementproduktion. In: Dohmann, M. (Hrsg.): Kreislaufwirtschaft und Abfallverwertung in thermischen Prozessen. Tagungsband des 9. Aachener Kolloquiums Abfallwirtschaft, Reihe „Abfall – Recycling – Altlasten“ Band 11, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, 1996

[40] Lahl, U.; Zeschmar-Lahl, B.; Dehoust, G.; Lohse, J.; Sander, K.: Zu kurz gedacht – Bei der Mitverbrennung von Restabfällen in Industrieanlagen überwiegen in der Regel die ökologischen Nachteile. Müllmagazin **10** (1997) Nr. 1, S. 78-84

[41] Wiemer, K.; Kern, M. (Hrsg.): Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung nach dem Trockenstabilatverfahren. M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen 1995

[42] Anonym: Trockenstabilat - Beobachtungen zum aktuellen Stand des Verfahrens. Umwelt **28** (1998) Nr. 9, S. 48-49

[43] Urteil des Hessischen Verwaltungsgerichtshofes vom 20. August 1999 (Az. 8 TG 3140/98)

[44] Roos, J.; Buer, T.: Abfallpotentiale in thermischen Prozessen. In: Dohmann, M. (Hrsg.): Kreislaufwirtschaft und Abfallverwertung in thermischen Prozessen. Tagungsband des 9. Aachener Kolloquiums Abfallwirtschaft, Reihe „Abfall – Recycling – Altlasten“ Band 11, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, 1996

[45] Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungsanlagen – 13. BImSchV) vom 22. Juni 1983 (BGBl. I S. 719)

[46] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 27. Februar 1986 (GMBl. S. 95) berichtigt am 4. April 1986 (GMBl. S. 202)

[47] Urban, A. I.; Friedel, M.: Kapazitäten thermischer Verfahren und Behandlungsanlagen. In: Urban, A. I.; Bilitewski, B.; Faulstich, M. (Hrsg.): Thermische Abfallbehandlung – Entwicklung von Technik und Kosten. Verein zur Förderung der Fachgebiete Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik an der Universität Gh Kassel e.V., Kassel 1997

[48] Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe – 17. BImSchV) vom 23. November 1990 (BGBl. I S. 2545, 2832), zuletzt geändert durch Verordnung vom 23. Februar 1999 (BGBl. I S. 186)

[49] Berghoff, R.: Kreislaufwirtschaft auf dem ökologischen Prüfstand – dargestellt am Beispiel der thermischen Abfallbehandlung. In: Dohmann, M. (Hrsg.): Kreislaufwirtschaft und Abfallverwertung in thermischen Prozessen. Tagungsband des 9. Aachener Kolloquiums Abfallwirtschaft, Reihe „Abfall – Recycling – Altlasten“ Band 11, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, 1996

[50] Anonym: Rückenwind für EVA aus Brüssel und Wiesbaden. Müll und Abfall **30** (1998) Nr. 11, S. 723

[51] Küffner, G.: Es kommt Konkurrenz auf für den gelben Sack. Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 7. April 1998, S. T1 ff.

[52] Herhof-Umwelttechnik GmbH: Schriftliche Auskunft auf eine Anfrage vom 6. Mai 1998

[53] Kommission der europäischen Gemeinschaft: Geänderter Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Verbrennung von Abfällen. KOM (1999) 105 endg. vom 12. Juli 1999

[54] Lahl, U.; Zeschmar-Lahl, B.: Energetische Verwertung nach KrW-/AbfG – ein Ausblick. Umwelt **27** (1997), Nr. 3, S. 44-48

[55] Stellungnahme des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg: Klärschlammverbrennung im Kohlekraftwerk Walheim. Landtagsdrucksache 12/1328 vom 16. April 1997

6 Abfallbehandlung und Abfallbeseitigung

Der nach Sammlung, Sortierung und Verwertung verbleibende Restabfall muß so beseitigt werden, daß auch langfristig keine Umweltgefahren entstehen. Außerdem soll nach den Vorgaben des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) [1] die zu beseitigende Menge so gering wie möglich sein, um die benötigten Deponievolumina klein zu halten. Um diesen Forderungen zu genügen, muß der Abfall in der Regel einer geeigneten Behandlung unterzogen werden, bevor er abgelagert und damit endgültig beseitigt werden kann. Da der Restabfall häufig noch verwertbare Bestandteile enthält, umfassen die Behandlungsverfahren auch Schritte zur Abtrennung von Wertstoffen oder zur Gewinnung von Energie aus Abfall (s. Abb. 6.1–1). Behandlung und Beseitigung berühren den Bürger nicht direkt, beeinflussen aber die Entsorgungskosten und damit die Müllgebühren in erheblichem Umfang.

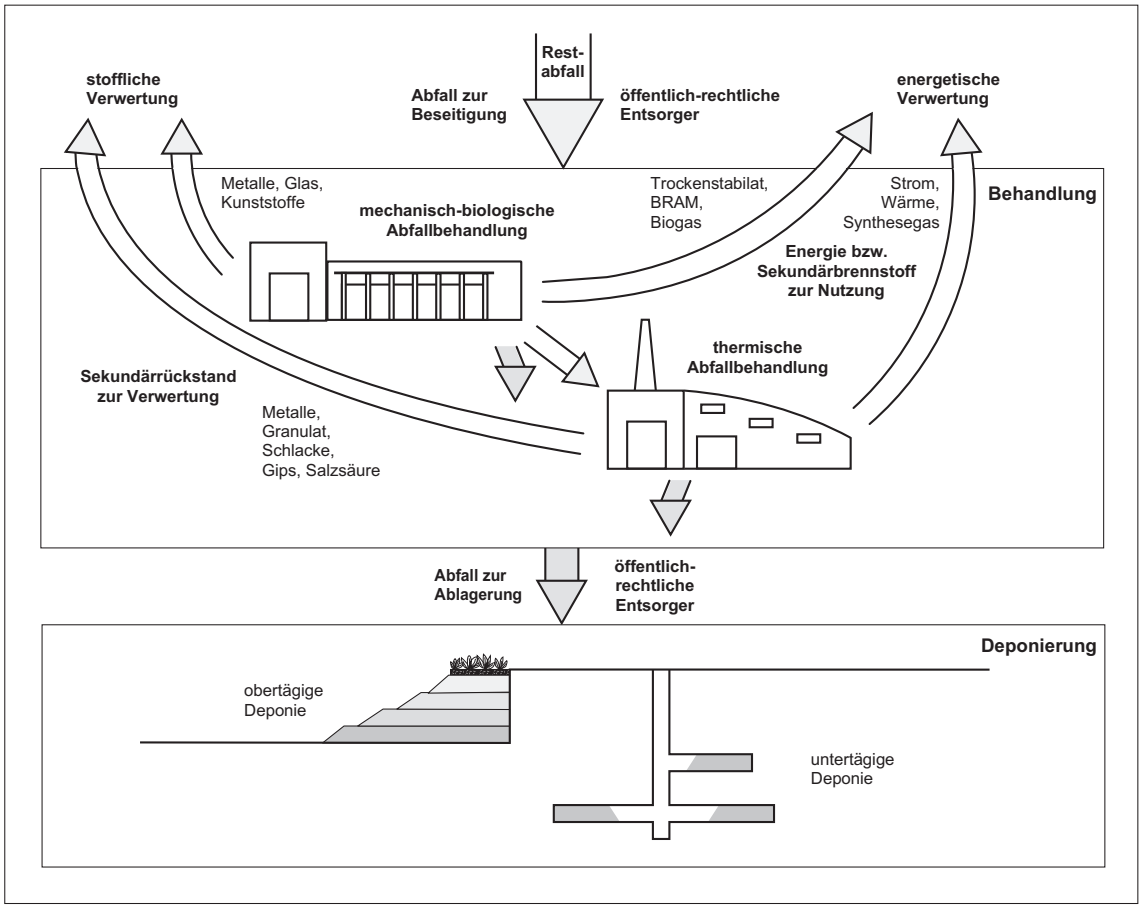

Abb. 6.1–1: Behandlung und Beseitigung von Restabfällen in der Kreislaufwirtschaft

6.1 Anforderungen an Behandlung und Beseitigung

Für Siedlungsabfälle wird die endgültige Ablagerung im wesentlichen durch die TA Siedlungsabfall [2] geregelt, die so den notwendigen Umfang einer vorangehenden Restabfallbehandlung bestimmt.[1]

Die endgültige Beseitigung der nach Verwertung und Behandlung verbleibenden Abfallbestandteile geschieht durch Ablagerung auf oberirdischen oder unterirdischen Deponien. Die Anforderungen an die oberirdische Ablagerung sind im Anhang B der TA Siedlungsabfall festgelegt (s. Tabelle 6.1–1). Die deponierten Stoffe müssen nach dem Jahr 2005[2] die in den Zuordnungskriterien festgelegten Grenzwerte für die Deponieklasse II einhalten, sollten aber nach Möglichkeit die anspruchsvolleren Kriterien für die Deponieklasse I (Inertstoffdeponie) erfüllen. Die Zuordnungskriterien betreffen die Festigkeit, den organischen Anteil des Trockenrückstandes der Originalsubstanz, extrahierbare lipophile Stoffe und Eluatkriterien. Mit ihnen soll erreicht werden, daß sich praktisch kein Deponiegas aus den abgelagerten Abfällen entwickelt, daß die Belastung des Sickerwassers mit Schadstoffen sehr gering ist und daß Setzungen als Folge eines biologischen Abbaus von organischen Teilen in den abgelagerten Abfällen weitgehend vermieden werden.
Damit sind nur solche Abfälle ablagerungsfähig, die weitgehend inert sind, d.h. als Trockenrückstand der Originalsubstanz den Grenzwert für den Restgehalt an organischen Bestandteilen von 5 Gew.-% – gemessen als Glühverlust – bzw. den Gesamtkohlenstoffgehalt (TOC) von 3 Gew.-% nicht übersteigen. Darüber hinaus müssen Grenzwerte für den Gehalt einer Reihe von Schwermetallen und sonstigen Schadstoffen unterschritten sowie ein Wert von ≤ 100 mg pro Liter für den Gesamtkohlenstoffgehalt (TOC) im Eluat eingehalten werden.

Die hohe Anforderung an den zulässigen Restgehalt an organischen Stoffen läßt sich nach derzeitigem Erkenntnisstand nur durch eine thermische Behandlung oder andere oxidierende Verfahren (z.B. Naßoxidation) nicht aber allein durch eine mechanisch-biologische Behandlung erfüllen. Durch die Bestimmungen der TA Siedlungsabfall werden somit thermische Abfallbehandlungsanlagen zum notwendigen Bestandteil einer Abfallwirtschaft. Nichtthermische Verfahren wie z.B. die mechanisch-biologische Abfallbehandlung können weiterhin eine Rolle spielen, sie haben aber in erster Linie die

---

[1] Die Beseitigung besonders überwachungsbedürftiger Abfälle (Sonderabfälle) regelt die TA Abfall [3]. Sonderabfälle, die aufgrund ihres Gehaltes an langlebigen oder bioakkumulierbaren toxischen Stoffen zu einer Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit führen können, dürfen z.B. grundsätzlich nicht auf einer oberirdischen Deponie abgelagert werden. Sie müssen durch Einbringen in geeignete Untertagedeponien von der Biosphäre ausgeschlossen werden.

[2] entsprechend der von der TA Siedlungsabfall vorgesehenen Übergangsfrist

Funktion, Volumen und Menge der Restabfälle zu reduzieren und deren Homogenität zu verbessern und so den Bedarf an Verbrennungsanlagen zu verringern bzw. den Ausbau der Kapazitäten zu begrenzen.

Tabelle 6.1–1: Zuordnungskriterien nach TA Siedlungsabfall bzw. TA Abfall

Parameter	TA Siedlungsabfall Deponieklasse I	TA Siedlungsabfall Deponieklasse II	TA Abfall oberirdische Ablagerung
Flügelscherfestigkeit	≥ 25 kN/m^2	≥ 25 kN/m^2	≥ 25 kN/m^2
Axiale Verformung	≤ 20 %	≤ 20 %	≤ 20 %
Einaxiale Druckfestigkeit	≥ 50 kN/m^2	≥ 50 kN/m^2	≥ 50 kN/m^2
Glühverlust des Trockenrückstandes der Originalsubstanz	≤ 3 Gew.-%	≤ 5 Gew.-%	≤ 10 Gew.-%
TOC (Trockenrückstand) [1)]	≤ 1 Gew.-%	≤ 3 Gew.-%	-
Extrahierbare lipophile Stoffe [1)]	≤ 0,4 Gew.-%	≤ 0,8 Gew.-%	≤ 4 Gew.-%
pH-Wert	5,5 - 13	5,5 - 13	4 - 13
Leitfähigkeit	≤ 10.000 µS/cm	≤ 50.000 µS/cm	≤ 100.000 µS/cm
TOC	≤ 20 mg/l	≤ 100 mg/l	≤ 200 mg/l
Phenole	≤ 0,2 mg/l	≤ 50 mg/l	≤ 100 mg/l
Arsen	≤ 0,2 mg/l	≤ 0,5 mg/l	≤ 1 mg/l
Blei	≤ 0,2 mg/l	≤ 1 mg/l	≤ 2 mg/l
Cadmium	≤ 0,05 mg/l	≤ 0,1 mg/l	≤ 0,5 mg/l
Chrom-VI	≤ 0,05 mg/l	≤ 0,1 mg/l	≤ 0,5 mg/l
Kupfer	≤ 1 mg/l	≤ 5 mg/l	≤ 10 mg/l
Nickel	≤ 0,2 mg/l	≤ 1 mg/l	≤ 2 mg/l
Quecksilber	≤ 0,005 mg/l	≤ 0,02 mg/l	≤ 0,1 mg/l
Zink	≤ 2 mg/l	≤ 5 mg/l	≤ 10 mg/l
Fluorid	≤ 5 mg/l	≤ 25 mg/l	≤ 50 mg/l
Ammonium-N	≤ 4 mg/l	≤ 200 mg/l	≤ 1.000 mg/l
Chlorid	-	-	≤ 10.000 mg/l
Cyanide (leicht freisetzbar)	≤ 0,1 mg/l	≤ 0,5 mg/l	≤ 1 mg/l
Sulfat	-	-	≤ 5.000 mg/l
Nitrit	-	-	≤ 30 mg/l
AOX	≤ 0,3 mg/l	≤ 1,5 mg/l	≤ 3 mg/l
Wasserlöslicher Anteil [2)]	≤ 3 Gew.-%	≤ 6 Gew.-%	≤ 10 Gew.-%

[1)] Originalsubstanz
[2)] Eindampfrückstand

Die durch die TA Siedlungsabfall künftig eingeschränkte Ablagerungsmöglichkeit von Abfällen auf Deponien und der in ihr implizit enthaltene Zwang zur thermischer Abfallbehandlung sind Gegenstand einer anhaltenden Diskussion. Vor dem Hintergrund der in der TA Siedlungsabfall verankerten Ausnahmeregelung[3] versuchen die Betreiber von Deponien, ihre Anlagen über das Jahr 2005 hinaus durch das Ablagern thermisch nicht behandelten Abfalls auszulasten, und die Gegner der Müllverbrennung, die dem Gesetzgeber unterstellen, die thermische Abfallbehandlung einseitig zu bevorzugen, wollen erreichen, daß auch die Ablagerungsfähigkeit allein mechanisch-biologisch behandelter Abfälle zulässig wird.
Unter dem Druck der vorhandenen Deponiekapazitäten konnte die Genehmigung zur Ablagerung von Abfällen über das Jahr 2005 hinaus inzwischen in einigen Fällen erreicht werden. Mindestens 15 Deponien (v.a. aus den Ländern Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Brandenburg) haben Ausnahmegenehmigungen für die Ablagerung nichtthermisch behandelter Abfälle über das Jahr 2005 hinaus erhalten bzw. beantragt [4] (s. Tabelle A–12).

Auch eine generelle Modifizierung der TA Siedlungsabfall ist weiterhin in der Diskussion. Die alte Bundesregierung hatte 1996 bei der Überprüfung der TA Siedlungsabfall eine Aufweichung der dort festgelegten Kriterien abgelehnt [5]. Die neue Bundesregierung hat jedoch in ihrer Koalitionsvereinbarung angekündigt, „ ... Wettbewerb, Vielfalt und Innovation zu stärken, um ökologische Ziele in der Abfallwirtschaft durchzusetzen, die mechanisch-biologische Verfahren einschließen“ [6] und inzwischen dazu auch fünf Eckpunkte vorgelegt [7].

Danach sollen die Ablagerung unbehandelter Siedlungsabfälle so schnell wie möglich beendet und zur Vorbehandlung der Siedlungsabfälle neben thermischen Verfahren auch hochwertige mechanisch-biologische Vorbehandlungsverfahren zugelassen werden. Die Anforderungen an derartige Anlagen und die bei der Ablagerung zu beachtenden Vorkehrungen sollen in einer Ergänzung der TA Siedlungsabfall sowie in einer Rechtsverordnung nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz in Anlehnung an die Anforderungen der 17. Bundes-Immissionsschutzverordnung für Verbrennungsanlagen [8] festgelegt werden.
Bei einer mechanisch-biologischen Vorbehandlung soll die heizwertreiche Teilfraktion energetisch genutzt, d.h. die im Restmüll enthaltenen Kunststoffe und andere Energieträger sollen abgetrennt und z.B. in Kraftwerken oder industriellen Anlagen, die die strengeren Abgasvorschriften der 17. BImSchV erfüllen, verbrannt werden.

[3] Der Gesetzgeber hat hier – wie in vielen anderen Regelwerken auch – die Möglichkeit eröffnet, von den Zuordnungswerten abzuweichen, solange die übergeordneten Ziele erfüllt werden. Die TA Siedlungsabfall enthält dementsprechend eine Ausnahmeregelung, die Abweichungen von den genannten Anforderungen zuläßt, wenn im Einzelfall der Nachweis erbracht wird, daß durch andere geeignete Maßnahmen das Wohl der Allgemeinheit (gemessen an den Anforderungen der TA Siedlungsabfall) nicht beeinträchtigt wird.

Nicht oder nur mit unverhältnismäßigem Aufwand nachrüstbare Deponien sollen schrittweise geschlossen werden, der Bau neuer Deponien für Siedlungsabfälle ist nicht mehr erforderlich und bis spätestens im Jahr 2020 sollen die Behandlungstechniken so weiterentwickelt und ausgebaut werden, daß alle Siedlungsabfälle in Deutschland vollständig und umweltverträglich verwertet werden.

Ein zentraler Punkt der Diskussion um die Abfallbehandlung ist die Frage, inwieweit die Zuordnungskriterien für das Erreichen der angestrebten Ziele wirklich geeignet sind. Von den Gegnern der thermischen Abfallbehandlung bzw. den Befürwortern einer mechanisch-biologischen Behandlung wird bestritten, daß die in Anhang B der TA Siedlungsabfall enthaltenen Parameter ausreichen, um die biologische Restaktivität und damit das mittel- bis langfristige Emissionsverhalten von Abfällen – vor allem der Reststoffe aus der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung – richtig zu beschreiben.

Unter Berufung auf die Ausnahmeregelung der TA Siedlungsabfall schlagen sie vor, die Rückstände aus der thermischen und der nichtthermischen Behandlung unterschiedlich zu bewerten (s. Tabelle 6.1–2). Dazu sollen die Anforderungen in Anhang B der TA Siedlungsabfall um gesonderte Kriterien für die Beurteilung von Rückständen der mechanisch-biologisch behandelten Abfälle ergänzt werden, um eine

- Anforderung an die biologischen Stabilität der behandelten Abfälle (gemessen als Atmungsaktivität AT_4[4]) anstelle des Glühverlustes und eine
- Anforderung an das Gasbildungspotential GB_{21}[5] (Gärtest) in Verbindung mit einer Änderung des TOC-Wertes im Eluat.

Nach derzeitigen Erkenntnissen bilden die Parameter AT_4 und GB_{21} den biologischen Stabilisierungsgrad am besten ab [9]. Die vorgeschlagenen Grenzwerte können nach einer Behandlungszeit von ca. 3 Monaten erreicht werden und führen zu vergleichbaren Minderungsraten für die organischen Bestandteile wie die bisherigen Anforderungen der TA Siedlungsabfall. Für die Atmungsaktivität AT_4 existiert eine abgestimmte Arbeitsmethodik, für den Gärtest wird derzeit eine einheitliche Methodik in Ringversuchen erarbeitet.

[4] Sauerstoffaufnahme innerhalb von 4 Tagen, gemessen in mg O_2 pro g Trockenmasse

[5] Im Gärtest innerhalb von 21 Tagen gebildete Gasmenge, gemessen in Litern pro kg Trockenmasse bezogen auf den Normzustand (0 °C bzw. 273,15 K und 1,013 bar)

Tabelle 6.1–2: Vorgeschlagene Ersatzparameter für MBA im Vergleich zu Zuordnungswerten der TA Siedlungsabfall nach [10]

	Unbehandelter Abfall	Grenzwert nach TA Siedlungsabfall	vorgeschlagene Grenzwerte für MBA	Minderung nach TA Siedlungsabfall	erreichte Minderung durch MBA
Glühverlust in % TS	65	5		92 %	
AT_4 in mg O_2/g TS	100		≤ 5		95 %
TOC_{Eluat} in mg/l	3.000	100	≤ 250	97 %	92 %
GB_{21} in Nl/kg TS [1)]	180		8 bis 20		89 bis 96 %

1) Nl = Normliter (Gas im Normzustand, d.h. bei 0 °C bzw. 273,15 K und 1,013 bar)

Der Versuch, die Gleichwertigkeit von thermischer und mechanisch-biologischer Behandlung über besser geeignete Zuordnungskriterien zu erreichen, ist jedoch problematisch, da – z.B. aus der Sicht des Umweltbundesamtes – ein Gleichwertigkeitsnachweis wegen prinzipieller Ungleichheiten der beiden Behandlungskonzepte unter wissenschaftlichen Aspekten nicht durchführbar ist [11]:

- Durch biologische Behandlungsanlagen kann zwar die Reaktionsfähigkeit der zu deponierenden Abfälle vermindert werden; langlebige organische Stoffe können jedoch prinzipiell nicht abgebaut werden und müssen durch geschlossene Deponien mit Deponieabdichtung, Deponiegas- und Sickerwasserbehandlung von der Biosphäre ausgeschlossen werden (passive Gefährdungsminimierung).
- Die technische Entwicklung bei den thermischen Abfallbehandlungsanlagen läßt erkennen, daß vollständig inhärente Stoffe durch schmelzflüssige Schlackeabzug- bzw. Hochtemperaturverfahren erreichbar sind, die ohne Nachsorgemaßnahmen stofflich verwertet oder abgelagert werden können (aktive Gefährdungsminimierung).

Beide Wege führen so zu unterschiedlichen Anforderungen an die Deponien. Bei der biologisch-mechanischen Behandlung von Restabfällen für eine Ablagerung wird das passive Sicherheitselement (Deponieabdichtung)[6] mit den daraus folgenden Anforderungen an Nachsorge und Überwachung auch in Zukunft – selbst bei einem weiterentwickelten Stand der Technik – die Deponie und den Deponiebetrieb bestimmen müssen.

6 Die Deponieabdichtung konserviert zwar für lange Zeit die noch reaktionsfähigen, d.h. abbaubaren bzw. auslaugbaren Abfälle, doch kann bei Versagen dieser Sicherung das nach wie vor vorhandene Gefährdungspotential wieder aktiviert werden.

Für die Beurteilung der Gleichwertigkeit von thermischer und mechanisch-biologischer Abfallbehandlung ist es daher – nicht zuletzt im Interesse der Kostenbelastung der Bürger – unerläßlich, Behandlung und Deponierung zusammen als Gesamtprozeß zu beurteilen [10][9]. In diese Richtung zielt auch die Deponierichtlinie der EU [12], die u.a. fordert, die Kosten für Mülldeponien umfassend (einschließlich Unterhalt und Nachsorgekosten für einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren) zu berücksichtigen, um so eine bessere Kostenabwägung zwischen der Deponierung und anderen Verfahren zu ermöglichen.

Untersuchungen des Umweltbundesamtes zur ökologischen Vertretbarkeit der mechanisch-biologischen Vorbehandlung (MBA) von Restabfall einschließlich deren Ablagerung im Vergleich mit der thermischen Vorbehandlung (MVA)[7] [11] und zur Kostenstruktur von Abfallbeseitigungsverfahren [13] kommen u.a. zu dem Ergebnis,

- daß die Emissionen von MBA an Staub und anorganischen Komponenten unkritisch sind, die Frachten organischer Stoffe (TOC) der biologisch gereinigten MBA-Abluft aber um den Faktor 5-6 über den nach der 17. BImSchV berechneten Frachten liegen können (s. Tabelle A-13) [14], und daß die Regelungen für die Abluft im Hinblick auf den Immissionsschutz ergänzungsbedürftig sind,[8]
- daß MBA-Rückstände dem erwarteten umweltverträglichen Deponieverhalten TA Siedlungsabfall-konformer Abfälle nahekommen können, daß die Rückstände der thermischen Abfallbehandlung die Zuordnungswerte aber vielfach erheblich unterschreiten (s. Tabelle A-14) [11],
- daß die benötigten Deponievolumina bei MBA größer sind als bei MVA: Nach Berücksichtigung der Faktoren Masseabbau, Rückstandsdichte und Verwertbarkeit wird für MBA-Rückstände ein Deponievolumen von ca. 0,25 m^3 und für MVA-Rückstände von ca. 0,06-0,08 m^3 pro Tonne behandelter Abfälle benötigt (s. Tabelle A-15) [11], und
- daß sich die Entsorgungskosten der unterschiedlichen Konzepte – aufgrund der sich inzwischen abzeichnenden oder aber bereits eingetretenen Entwicklungen – immer mehr angleichen (s. Tabelle 6.1–3) [13].

---

[7] Als Rahmenbedingung ist für mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen aufgrund des Platzbedarfs eine maximale Größe von 200.000 t/a anzunehmen. Rückstände der MBA sind auf Deponien der Klasse II (mit Gasfassung) abzulagern, während Schlacken aus MVA auch auf Deponien der Klasse I abgelagert werden können.

[8] Derzeit werden nur die allgemeinen Anforderungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und der TA Luft – gegenüber 17. BImSchV bei thermischer Abfallbehandlung – angewandt, z.T. wurden in bestehenden Anlagen nur die Geruchs- und Staubemissionen durch Genehmigungsbescheid begrenzt [11].

Für die thermische Abfallbehandlung haben sich die Behandlungskosten inzwischen deutlich nach unten entwickelt (ca. 200-250 DM/t), durch die erforderlichen Anpassungen zur Emissionsminderung auf der Abluftseite von mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen werden sich die (reinen) Behandlungskosten der MBA von derzeit ca. 80-90 DM/t noch um ca. 30-50 DM/t erhöhen und bei den Deponiekosten dürften sich die gegenwärtigen Preise noch nach oben entwickeln (ca. 150-250 DM/t), da die Rückstellungskosten für die Deponieschließung und die -nachsorge vielfach noch nicht eingerechnet sind. Welche Zusatzkosten durch die deponietechnischen Maßnahmen bei der Ablagerung von mechanisch-biologisch behandelten Abfällen im Zuge des Gleichwertigkeitsnachweises nach Ziffer 2.4 der TA Siedlungsabfall entstehen würden, läßt sich derzeit noch nicht genau abschätzen. Insgesamt läßt sich die häufig vertretene Ansicht, daß den Kommunen durch den Einsatz der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung geringere Kostenbelastungen entstehen, künftig nicht mehr aufrechterhalten, wenn der Standard der TA Siedlungsabfall eingehalten werden muß.

Tabelle 6.1–3: Spezifische Kosten verschiedener Restabfallbehandlungssysteme

Spezifische Behandlungskosten pro Tonne Restabfall			
Behandlungs-kombinationen	**UBA-Studie [1] (250.000 E)**	**UBA-Studie [1] (500.000 E)**	**aktuelle Entwicklung [2]**
MVA [3] + Deponie	269 DM	217 DM	245-325 DM
Trockenstabilisierung [4] + MVA/energ. Verwertung + Deponie	300 DM	240 DM	312-396 DM
MBE [5] + Deponie	136 DM	109 DM	226-333 DM
MBA [6] + MVA/energ. Verwertung + Deponie	318 DM	217 DM	268-358 DM

[1] nach bundesweiter Mengenprognose für 2005 [13]: Bioabfälle 88 kg/E·a, Wertstoffe 271 kg/E·a, Restabfälle 363 kg/E·a, Sortierrückstände 63 kg/E·a

[2] Annahme (ohne Degression): Behandlungskosten für MVA ca. 200-250 DM/t, für MBE/MBA bzw. Trockenstabilat ca. 110-140 DM/t, Deponiekosten (kostendeckend) ca. 150-250 DM/t, Kosten für energetische Verwertung in MVA ca. 180-210 DM/t

[3] der gesamte Restabfall (incl. Sortierrückstände) wird verbrannt; zu deponieren sind max. 30 % (bei Schlackeverwertung weniger)

[4] nur ein Teilstrom wird biologisch getrocknet (Massenverlust 20 %); ca. 88 % des Inputs und die Sortierrückstände werden einer MVA zugeführt, zu deponieren sind max. 30 % (bei Schlackeverwertung weniger)

[5] Mechanisch-biologische Endrotte (MBE): Der gesamte Restabfall (incl. Sortierrückstände) wird in der Anlage mechanisch behandelt (sortiert), aber nur der kohlenstoffreiche Teilstrom wird einer Endrotte unterzogen (Massenverlust ca. 35 %); zu deponieren sind ca. 77 % (erfüllt nicht TASi-Kriterien)

[6] nur Teilstrom (heizwertarm) wird einer Rotte unterzogen (Massenverlust ca. 35 %), zu deponieren sind ca. 36 % (erfüllt nicht TASi-Kriterien), heizwertreiche Fraktion von ca. 41 % und Sortierrückstände werden in MVA verbrannt, davon sind max. 30 % (bei Schlackeverwertung weniger) zu deponieren

6.2 Restabfallbehandlung

Als Verfahren für die Vorbehandlung der Restabfälle werden derzeit nur die thermische und die mechanisch-biologische Abfallbehandlung in Betracht gezogen.

6.2.1 Thermische Abfallbehandlung[9]

Die thermische Abfallbehandlung stellt derzeit das einzige erprobte Behandlungskonzept dar, das die Ablagerungskriterien der TA Siedlungsabfall in allen Punkten erfüllen kann. Als Verfahren sind zu nennen die Müllverbrennung, als klassische Rostfeuerung oder Wirbelschichtverbrennung, sowie neuere Kombinationsverfahren, wie z.B. Thermoselect-, Schwel-Brenn-, RCP-Verfahren etc. (s. Anhang B), die alle darauf ausgelegt sind, ein breites Spektrum an Abfällen unter Nutzung der Energie als Strom oder Wärme auf möglichst niedrigem Emissionsniveau zu entsorgen und zu einem großen Teil wieder in verwertbare Rückstände zu überführen.

Anlagen zur thermischen Abfallbehandlung – ihre Errichtung, ihr Betrieb ebenso wie wesentliche Änderungen – sind als ortsfeste Abfallbeseitigungsanlagen grundsätzlich genehmigungsbedürftig (nach 4. BImSchV [16]) und unterliegen dem förmlichen Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) [17], das die Pflichten der Betreiber derartiger genehmigungsbedürftiger Anlagen festlegt.

Für die Begrenzung der Emissionen von Abfallverbrennungsanlagen ist neben den allgemeinen Bestimmungen des BImSchG insbesondere die 17. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (17. BImSchV) [8] relevant.[10] Seit dem 1. Dezember 1996 müssen alle Anlagen die Anforderungen der 17. BImSchV (s. Tabelle A-10) grundsätzlich erfüllen (§ 17 Abs. 2) und alle in Deutschland eingesetzten Verfahren zur thermischen Abfallbehandlung können die vorgeschriebenen Emissionsgrenzwerte einhalten bzw. zum Teil auch deutlich unterschreiten.

---

[9] Eine umfassende Betrachtung der thermischen Abfallbehandlung wurde in der Studie „Bewerten von thermischen Abfallbehandlungsanlagen – Planung, Genehmigung, Konzept und Betrieb“ vorgenommen [15]

[10] Darüber hinaus sind sowohl für bestehende als auch für neue Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle EG-Richtlinien in Kraft (89/369/EWG [18], 89/429/EWG [19]), die derzeit überarbeitet werden. Der aktuelle Entwurf der EU-Richtlinie über die Verbrennung von Abfällen [20], die auch die Verbrennung von gefährlichen Abfällen einschließen soll, orientiert sich bei den Emissionsgrenzwerten weitgehend an der 17. BImSchV.

Für eine Bewertung der Anlagenkonzepte sind aber nicht nur die Schadstoffkonzentrationen in der Abluft, sondern auch die Abgasvolumenströme (s. Tabelle 6.2–1) wichtig, da zum einen mit steigender Abgasmenge der Reinigungsaufwand größer und damit auch kostenträchtiger wird und zum anderen die Umweltwirkungen von den Gesamtemissionen (Frachten) bestimmt werden. Hinsichtlich der Abgasvolumenströme sind Kombinationsverfahren tendenziell günstiger.

Tabelle 6.2–1: Spezifische Abgasvolumenströme von verschiedenen thermischen Abfallbehandlungsverfahren nach [15]

	Rost-feuerung	Wirbelschicht (ZWS) [3]	Schwel-Brenn-Verfahren	Thermoselect-Verfahren	RCP-Verfahren
Synthesegas [1] in m³/t (i. N.) [2]	-	-	-	1.350 (890)	-
spezifisches Abgasvolumen in m³/t (i. N.) [2]	4.000 - 5.500	ca. 4.000	3.500 - 4.200	2.400 - 3.450 [4]	ca. 3.100

[1] Syntheserohgas (in Klammern Synthesereingas)
[2] i. N. = im Normzustand, d.h. bei 0 °C bzw. 273,15 K und 1,013 bar
[3] Zirkulierende Wirbelschicht der Lurgi Umwelt GmbH
[4] unter Berücksichtigung des Luftvolumens für die Synthesegasverbrennung (Rostfeuerung ohne bzw. mit Einschmelzung: 5.100 bzw. 5.300 m³/t Abfall)

In der 17. BImSchV sind neben den zulässigen Emissionsgrenzwerten auch Anforderungen an die Feuerung[11] definiert. Ein weiterer Rückgang der Abfallmengen, insbesondere durch die energetische Verwertung von heizwertreichen Abfallfraktionen, könnte den Heizwert des Restabfalls so stark absinken lassen, daß der Einsatz von Stützfeuerungen notwendig wird, um die vorgeschriebene Verbrennungstemperatur einzuhalten. Ein zu starkes Umlenken heizwertreicher Abfallbestandteile in andere Verwertungspfade könnte so den verstärkten Einsatz anderer Primärbrennstoffe (Erdöl, Erdgas) in Müllverbrennungsanlagen erforderlich machen und die Ziele der Kreislaufwirtschaft konterkarieren.

Auch für die Rückstände aus der thermischen Abfallbehandlung gilt der im KrW-/AbfG festgelegte Vorrang der Verwertung vor der Beseitigung (§ 5 BImSchG [17]). Für die Verwertung von Schlacken gibt es wichtige Merkblätter und Richtlinien von der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen und von einzelnen Bundesländern. Allerdings existiert bislang noch keine verbindliche, länderübergreifende Regelung. Umstritten, obwohl immer häufiger praktiziert, ist die Verwertung der Rückstände im Bergbau (s. Kapitel 5.2).

[11] Mindesttemperatur 850 °C und 2 Sekunden Verweilzeit bei einem Sauerstoffgehalt von mindestens 6 Vol.-%

Tabelle 6.2–2: Menge und Entsorgungsmöglichkeiten von festen Prozeßrückständen und Rückständen der Abgasreinigung nach [15]

	Rostfeuerung	Wirbelschicht (ZWS) [1]	Schwel-Brenn-Verfahren	Thermoselect-Verfahren	RCP-Verfahren
Rückstand [2]	ca. 29-35 Gew.-%	ca. 30-37 Gew.-%	ca. 30 Gew.-%	ca. 30 Gew.-%	ca. 26 Gew.-%
Rückstandsart	Schlacke (trocken)	Grob- und Feinasche	Granulat; Inertien (Glas, Steine)	Granulat	Granulat
Menge	220-250 kg/t	250-300 kg/t	170 + 50 kg/t	230 kg/t	205 kg/t
Entsorgung	nach Aufbereitung verwertbar	direkt verwertbar	direkt verwertbar	direkt verwertbar	direkt verwertbar
Rückstandsart	Kessel- und Filterstaub; Schlamm	Flugasche	Kessel- und Filterstaub	-	Kessel- und Filterstaub
Menge	17-32 + 3 kg/t	3-8 kg/t	-	-	-
Entsorgung	Sonderabfall	Sonderabfall	prozeßinterne Einschmelzung	-	saure Extraktion (intern)
Rückstandsart	FE- und NE-Metalle	FE- und NE-Metalle	FE- und NE-Metalle	Metallegierung	Metallegierung
Menge	30-35 kg/t	30-35 kg/t	45 kg/t	30 kg/t	6 kg/t
Entsorgung	direkt verwertbar	direkt verwertbar	direkt verwertbar	metallurgisch verwertbar	direkt verwertbar
Rückstandsart	-	-	Schwermetallkonzentrat	Metallfällungsprodukt; Mischsalz	Schwermetallkonzentrat
Menge	-	-	1-3 kg/t	8 + 12 kg/t	18 kg/t
Entsorgung	-	-	Sonderabfall	Sonderabfall	direkt verwertbar
Rückstandsart	Salze der Rauchgasreinigung bzw. Salzsäure, Gips [3]	Salze der Rauchgasreinigung bzw. Salzsäure, Gips [3]	Salzsäure, Gips	Schwefelkuchen; Mineralstoff/Quench- und Kohlenstoffschlamm	Filterkuchen (aus saurer Extraktion und Rauchgaswäsche)
Menge	15-30 kg/t	15-30 kg/t	27-33 kg/t	2 + 20 kg/t	35 kg/t
Entsorgung	Sonderabfall bzw. direkt verwertbar	Sonderabfall bzw. direkt verwertbar	direkt verwertbar	aufbereitungsfähig bzw. intern verwertbar	Deponie der Klasse II

[1] Lurgi Umwelt GmbH [2] einschl. Rauchgasreinigungsrückstand [3] nur bei wenigen Anlagen realisiert

Prinzipiell erzeugen sämtliche thermische Verfahren zur Restabfallbehandlung Rückstände in etwa der gleichen Menge. Dabei handelt es sich einerseits um die inerten festen Rückstände, die direkt aus dem Prozeß anfallen, und zum anderen um Stoffe, die im Rahmen der nachgeschalteten Prozeßstufen, wie der Rauchgas- bzw. Gasreinigung und der Prozeßwasseraufbereitung, als in der Regel feste Rückstände (abwasserfreier Betrieb) entstehen. Bei den neuen thermischen Behandlungsverfahren und insbesondere bei den Vergasungsverfahren fallen infolge des unterstöchiometrischen Sauerstoffeintrags weitere verschiedene Reststoffe wie Salze, Schlämme und Schwefel an.

Die verschiedenen Rückstände, Rückstandsmengen und entsprechende Verwertungspfade sind gemäß Angaben der Systemanbieter in Tabelle 6.2–2 aufgezeigt, die dort angegebenen Werte beruhen zum Teil auf den bisherigen Erfahrungen mit Pilot- bzw. Versuchsanlagen.
Der mengenmäßig größte Anteil am Rückstand (Schlacke) kann – nach einer künstlichen Alterung – zu einem Großteil z.B. im Straßenbau verwertet werden und muß daher nicht deponiert werden. Allerdings muß ein – wenn auch kleiner – Teil der Rückstände (z.B. Filterstäube, Salze, Reaktionsprodukte) als Sonderabfall untertägig entsorgt werden. Beispielhaft werden in Tabelle 6.2–3 Aufkommen und Entsorgungswege von Schlacke, Filterstäuben und Reaktionsprodukten der Müllverbrennungsanlage in Stuttgart aufgezeigt.

Tabelle 6.2–3: Sekundärrückstände und Entsorgungswege der Abfallverbrennungsanlage (AVA) Stuttgart-Münster im Jahr 1995 [21]

Sekundärrückstände	Aufkommen 1995 [1)]	Entsorgungswege 1995
Schlacke	56.150 t (ca. 23,5 %)	Ca. 97 % der Schlacke wurden per Schiff nach Nordrhein-Westfalen transportiert, dort aufbereitet und – bis auf ca. 1.620 t (2,9 %) – als Baustoff im Straßen-, Tief- und Deponiebau verwertet. Aus der Schlacke wurden außerdem ca. 4.210 t Schrott (7,5 %) einer Verwertung zugeführt. Die restlichen 3 % wurden im Deponiebau in Baden-Württemberg eingesetzt.
Filterstaub (Flugasche)	5.700 t (ca. 2,4 %)	Verwertung unter Tage im Salzbergwerk Kochendorf/Bad Friedrichshall [2)]
Reaktionsprodukte aus der Rauchgaswäsche (RWA-Salz)	2.700 t (ca. 1,1 %)	Verwertung unter Tage im Salzbergwerk Kochendorf/Bad Friedrichshall [2)]

1) In Klammern: prozentualer Anteil an der verbrannten Restabfallmenge (1995: 239.390 t)
2) Filterstaub, RWA-Salz und Zement werden im Verhältnis 2:1:1 mit Sole aus dem Bergwerk angerührt und in sogenannte Big Bags (ca. 1,5 m^3 Fassungsvermögen) gefüllt, wo sie aushärten und anschließend in die durch Abbau entstandenen Hohlräume eingebaut werden.

Die Behandlungskosten der thermischen Abfallbehandlung konnten in neu errichteten Anlagen durch den Preisverfall und die konsequente Auslegung auf die Energienutzung im Durchschnitt auf Werte um ca. 300 DM/t und darunter gesenkt werden [22]. Allerdings birgt der hohe Fixkostenanteil von über 50 % das Risiko, daß bei einer Minderauslastung die Behandlungskosten sehr schnell ansteigen.

Insgesamt sind die heute eingesetzten Anlagenkonzepte im wesentlichen vergleichbar. Die Rückstandsmengen an mineralischen Reststoffen sind bei allen Verbrennungsverfahren in etwa gleich, die Menge und die Zusammensetzung der Reststoffe aus der Rauchgas- bzw. Gasreinigung hängen vom gewählten Reinigungsverfahren und nicht von der Verbrennungstechnologie ab. Die größten Unterschiede existieren derzeit in der fehlenden Erfahrung mit den neuen Kombinationsverfahren, die ihre Verfügbarkeit und Dauerbetriebsfähigkeit noch unter Beweis stellen müssen.

6.2.2 Mechanisch-biologische Abfallbehandlung

Bei mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen (MBA) wird eine biologische Behandlung mit weiteren Verfahrungsschritten kombiniert. Je nach Abfallzusammensetzung (insbesondere bei Sperrmüll und Gewerbeabfällen) muß vor der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung eine Störstoffauslese (ca. 3–5 Gew.-%) und eine Vorzerkleinerung erfolgen, bei der sperrige Abfälle oder den Verfahrensablauf behindernde Gegenstände zerkleinert bzw. aussortiert werden.
Der Aufbau der Anlagen hängt weniger von der biologischen Behandlungstechnik ab, als von der mit den Anlagen verfolgten Zwecken, die unter drei wichtige Ziele zusammenfassen lassen (s. Anhang B):

- MBA zur Ablagerung,
- MBA mit stoffstromspezifischer Vorbehandlung und
- MBA zur Heizwertsteigerung (für eine anschließende energetische Verwertung).

Bei MBA lassen sich offene und geschlossene Anlagen unterscheiden. Die ersten MBA wurden bereits in den 70er Jahren zur Vorbehandlung bzw. Verringerung der zu deponierenden Abfallmengen in Betrieb genommen, allerdings noch mit einem geringen technischen Standard. Auch die derzeit großtechnisch betriebenen mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen besitzen noch überwiegend einen niedrigen technischen Stand. 11 der 19 betriebenen Anlagen sind eingehaust bzw. gekapselt, aber ledig-

lich sieben Anlagen verfügen über eine entsprechende Abluftfassung und -reinigung (s. Tabelle A–16).

Die verfahrenstechnisch hochentwickelte, gekapselte MBA mit Abluftreinigung hat sich erst in den letzten 5 Jahren durchgesetzt, gilt heute aber als Standard. Es ist davon auszugehen, daß nur geschlossene Anlagen, bei denen die geruchsintensiven Stufen – die mechanische Aufbereitung und mindestens die 1. Stufe der biologischen Behandlung – eingehaust bzw. gekapselt sind, eine Zukunft haben [23].

Auch Anlagen zur mechanisch-biologischen Behandlung von Abfällen müssen die Regelungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [17] einhalten. Umweltbeeinträchtigungen sind zu vermeiden; dies hat durch verfahrenstechnische Umsetzung der Ziele und Anforderungen aus dem KrW-/AbfG [1], der TA Siedlungsabfall [2] und der TA Luft [24] zu geschehen. Die vom KrW-/AbfG verlangte Genehmigung muß nach den Regelungen des BImSchG bzw. der 4. BImSchV erteilt werden.
Für die Zuordnung zum anzuwendenden Genehmigungsverfahren kommt es auf den Durchsatz der Behandlungsanlage an:

- Durchsatzleistung von mehr als 10 t/h bzw. 87.600 t/a – Genehmigungsverfahren nach § 10 BImSchG mit Öffentlichkeitsbeteiligung,
- Durchsatzleistung von 0,75 t/h bis weniger als 10 t/h – vereinfachtes Genehmigungsverfahren nach § 19 BImSchG,
- Durchsatzleistung kleiner als 0,75 t/h bzw. 6.570 t/a – kein Genehmigungsverfahren erforderlich.

Durch eine mechanisch-biologische Behandlung werden der Wassergehalt und die organische Trockensubstanz im Restabfall reduziert und die Abfallmenge verringert (s. Tabelle 6.2–4).

Tabelle 6.2–4: Biologischer Abbau und Mengenreduzierung durch mechanisch-biologische Restabfallbehandlung nach [25]

Behandlungsziel	Behandlungs-dauer	Wasser-gehalt	Abbau organ. TS	TS-Reduktion	Mengen-reduktion [1)]
unbehandelter Abfall	-	28-40 %	-	-	-
MBA zur Ablagerung	9-16 Wochen	25-35 %	20-40 %	12-28 %	12-43 %
stoffstromspezifische MBA	3-4 Wochen	15-18 %	20-35 %	15-25 %	25-47 %
MBA zur Heizwert-steigerung	7-10 Tage	10-15 %	2-5 %	1-4 %	14-33 %

[1)] durch Abbau organischer Stoffe und Wasseraustrag (TS = Trockensubstanz)

Die Anforderung der TA Siedlungsabfall an den Restgehalt an organischen Bestandteilen ist jedoch – gemessen als Glühverlust – nicht bzw. – gemessen als Gesamtkohlenstoffgehalt (TOC) des Trockenrückstandes – nur nach Rottezeiten von mehr als 6 Monaten einzuhalten.

Emissionspfade innerhalb der Anlagen sind der Luftpfad mit Geruchs-, Keim-, Staub- und Lärmemissionen und der Wasserpfad mit Preß-/Sickerwässern und Kondenswässern aus der Abluftbehandlung (s. Tabelle 6.2–5). Bei der Vergärung kommt zusätzlich noch Prozeßwasser dazu.

Tabelle 6.2–5: Emissionsrelevante Verfahrensschritte bei der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung nach [25]

Verfahrensschritt	Aggregat/Bauteil	Emissionen über	
		Wasser	Luft
Anlieferung	Bunker	Preß-/Sickerwasser	Geruch, Keime, Lärm, Staub
Vorbehandlung	Aufbereitung (Zerkleinerung, Siebung, Entschrottung, Mischung etc.)	Preß-/Sickerwasser, Kondenswasser aus Abluftbehandlung	Geruch, Keime, Lärm, Staub
Intensivrotte (aerob)	Reaktor, Trommel (Mieten)	Preß-/Sickerwasser, Kondenswasser	Geruch, Keime, Lärm, Staub
Intensivrotte (anaerob)	Reaktor	Überschußwasser	evtl. Geruch
Nachrotte	Mieten (evtl. eingehaust, Reaktor)	Preß-/Sickerwasser (Kondenswasser)	Geruch
Konfektionierung	Sieb, Hartstoffabscheider	keine	Geruch, Keime, Lärm, Staub
Endprodukt Kompost	Kompostlager	keine [1)]	Geruch, Staub
Endprodukt Biogas	Blockheizkraftwerk	keine	Verbrennungsabgase

[1)] sinnvollerweise überdacht zur Vermeidung von Vernässung

Durch das breite Spektrum an Stoffen in den Restabfällen ist bei der MBA eine Vielzahl von Spurenstoffen in der Abluft zu finden. Aus Screening-Untersuchungen in der Abluft von geschlossenen anaeroben und aeroben MBA's wurden über 300 organische und anorganische Substanzen identifiziert [26]. In Tabelle 6.2–6 sind die Schadgaskonzentrationen und -frachten im Rohgas einer MBA im Vergleich zu ausgewählten Grenzwerten der TA Luft aufgeführt. Dabei wird deutlich, daß die Grenzwerte der TA Luft zwar im 14-tägigen Durchschnitt eingehalten werden, jedoch aufgrund der Rohgasmaximalwerte eine Abluftreinigung unerläßlich ist. Problematisch sind dabei insbesondere die

Emissionen von organischen Stoffen sowie der flüchtigen Stickstoffverbindungen bzw. Ammoniak[12].

Tabelle 6.2–6: Mittlere Schadgaskonzentrationen im Rohgas der MBA nach [25]

	Grenzwerte der TA Luft in [mg/m³]	Durchschnittskonzentration in 2 Wochen in [mg/m³]	Ausschöpfung der Grenzwerte in [%]	ermittelte [1] Frachten in [g/t TS]
Summe Organik Anhang E	150	79 [2]	52	236
Krebserzeugende Stoffe Summe der Klassen 1-3	5	0,316	6,3	0,9
Schwefeldioxid	500	80	16	241
staubf. Anorganik Kl. 1 (Cd, Hg, Tl)	0,2	0,0025	1,2	0,01
staubf. Anorganik Kl. 2 (As, Co, Ni)	1,0	0,0153	1,5	0,05
staubf. Anorganik Kl. 3 (Cr, Cu, Mn, Pb, Sb, V)	5,0	0,0088	0,2	0,03
PCDD/PCDF	-	0,00000000047	-	<< 0,01
PCB (DIN)	-	0,0006	-	< 0,01
Ammoniak	-	57	-	172

[1] in Versuchen ermittelt (TS = Trockensubstanz)
[2] Konzentrationen im Rohgas (erste 14 Tage): Minimum 1,39 bis Maximum 463 mg/m³

Alle gekapselten biologischen Behandlungsanlagen verwenden zur Reinigung der Abgase in der Regel einen biologischer Flächenfilter (Biofilter), der in bestehenden Anlagen einen durchschnittlichen Wirkungsgrad von ca. 50 % erreicht [11]. Zur Erhöhung der Reinigungsleistung und Anfeuchtung des Abgases kann ein Biowäscher vorgeschaltet werden. Dieses System erreicht nach [25] Wirkungsgrade zwischen 80 bis 99 % (s. Tabelle 6.2–7).

Zur Bewertung der luftseitigen Emissionen sind nicht nur die Emissionskonzentrationen sondern auch die durchsatzabhängigen Frachten zu betrachten (s. Tabelle 6.2–8). Je nach eingesetztem Rotteverfahren und Belüftungstechnik sind die auf den Durchsatz bezogenen Abluftmengen der MBA, die – im Gegensatz zur Müllverbrennungsanlage – nicht über einen Schornstein sondern bodennah abgeführt werden, unterschiedlich.

[12] Bei der Beratung der TA Luft (1986) war im Bundesrat eine Begrenzung der Ammoniakemissionen auf 30 mg/m³ gefordert worden. Diese Forderung wurde zunächst mit dem Auftrag an die Bundesregierung abgewehrt, Minderungstechniken zu prüfen und nach zwei Jahren Grenzwertvorschläge vorzulegen. Dieser Zeitraum ist jedoch ohne eine dementsprechende Vorlage verstrichen.

Tabelle 6.2–7: Wirkungsgrad für eine 2-stufige Abgasreinigung mit Biofilter [25]

Stoffgruppen	Filterwirkungsgrad [%]
Summe organischer Kohlenstoff (TOC)	> 85
Alkane / Terpene / Alkylacetate / Ketone	95
Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe [1)]	80-85
Geruch	95-99

[1)] z.B. BTEX-Aromaten (Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylole)

Bei der gekapselten Tafelmietenkompostierung mit Saug-/Druckbelüftung, die beispielsweise bei der MBA Lüneburg, Bassum und Wangerland/Wiefels anzutreffen ist, entstehen bis zu 20.000 m^3 Abluft pro Tonne eingesetztem Restabfall [11], bei intensiv belüfteter Rotte können es im Extremfall sogar bis zu 90.000 m^3/t sein [27].
Bei optimierten Belüftungsverfahren mit mehrfacher Kreislaufführung und Kühlung der Luft (z.B. Trockenstabilatanlage Aßlar) können die Abluftmengen auf 6.600-8.000 m^3 pro Tonne Restabfall reduziert werden [11].

Tabelle 6.2–8: Spezifische Abgasvolumenströme bei mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsverfahren nach [11][27]

	MBA zur Ablagerung	Stoffstromspezifische MBA	MBA zur Heizwertsteigerung
spezifisches Abgasvolumen	≤ 20.000 m^3/t	10.000-20.000 m^3/t	6.600-8.000 m^3/t

Hinsichtlich der Emissionsminderung auf der Abluftseite sieht das Umweltbundesamt bei den bestehenden mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen noch Optimierungsbedarf, um auch bei der Emission organischer Stoffe die Grenzwerte einhalten zu können [11]. Die bestehenden rechtlichen Anforderungen der TA Luft sind nur begrenzt auf mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen anwendbar und liegen im Anforderungsniveau deutlich unter den für Abfallverbrennungsanlagen in der 17. BImSchV geforderten Standards.

Bei biologischen Behandlungsanlagen werden in der Bevölkerung vor allem Gerüche heftig kritisiert und deshalb verstärkt in den Genehmigungsverfahren beachtet. In der intensiven Rottephase treten Geruchsemissionen mit bis zu 15.000 GE/m³ auf. Aber auch bei der Anlieferung (bis zu 8.500 GE/m³) und während der Nachrotte (500-5.800 GE/m³) werden beachtliche Geruchsemissionen freigesetzt [28]. Häufig werden im Genehmigungsverfahren von behördlicher Seite Emissionsauflagen für den Biofilter erlas-

sen. Diese schreiben einen bestimmten Grenzwert an Geruchseinheiten (GE) vor (z.B. < 200 GE), der jedoch aufgrund der Meßmethodik schwierig umzusetzen ist.

Problematisch bleibt dabei die Festlegung von Geruchsschwellenwerten in den betroffenen Gebieten, da die belästigende Wirkung von Geruchsimmissionen sehr stark von der Sensibilität und der subjektiven Einstellung der Betroffenen abhängt. Die Frage, ob derartige Belästigungen als erhebliche oder gar als schädliche Umwelteinwirkung anzusehen ist, hängt u.a. von der Immissionskonzentration, der Geruchsart, der tages- und jahreszeitlichen Verteilung, der Häufigkeit der Belästigungen und der Nutzung des beeinträchtigten Gebietes ab [29].

Zur Begrenzung der Geruchsemissionen hat der Länderausschuß für Immissionsschutz aufgrund mangelnder Regelungen in der TA Luft und sonstiger Bundesvorschriften die Anwendung der Geruchsimmissionsrichtlinie (GIRL) empfohlen. Diese enthält von der Wohnbebauung abhängige Grenzwerte (s. Tabelle 6.2–9) für die Anzahl der Geruchsstunden, die einer Anlage zweifelsfrei zuzurechnen sind [29]. Geruchsimmissionen, die nach GIRL (Nr. 4.6) ermittelt wurden und die diese Grenzwerte überschreiten, sind als erhebliche Belästigungen zu werten.

Tabelle 6.2–9: Geruchsimmissionswerte für verschiedene Baugebiete nach GIRL

Wohn-/Mischgebiete	Gewerbe-/Industriegebiete
0,10 *	0,15 *

* relative Häufigkeiten der Geruchsstunden

Je nach Zielstellung der mechanisch-biologische Abfallbehandlung verbleibt eine unterschiedliche Menge an Rotterückstand bzw. Restschlamm, der deponiert wird (s. Tabelle 6.2–10). Durch mechanische Aufbereitung des Restabfalls bzw. des Rotterückstands läßt sich eine hochkalorische Fraktion (ca. 20-35 Gew.-% [30]) mit einem Heizwert H_u von ca. 20.000-30.000 kJ/kg [11] abtrennen, die damit im Bereich von Braunkohlenbriketts liegt und energetisch verwertet werden kann [31].

Bei der Trockenstabilisierung von Restabfall wird durch biologischen Abbau und Entzug von Wasser (ca. 30 Gew.-% [37]) der Heizwert auf ca. 15.000-18.000 kJ/kg [37] erhöht, wodurch auch die energetische Verwertung des resultierenden Trockenstabilats (ca. 50 Gew.-%) zulässig wird [32].

Tabelle 6.2–10: Menge und Entsorgung von MBA-Rückständen nach [33][34]

	MBA zur Ablagerung [1)]	Stoffstromspezifische MBA [2)]	MBA zur Heizwertsteigerung [3)]
Verfahrensziel	Biologische Stabilisierung zur Deponierung	stoffstromspezifische Behandlung	Heizwertsteigerung durch biologische Trocknung
Reduzierung der zu deponierenden Menge	ca. 20 %	ca. 66 %	ca. 99 %
Rückstandsart	-	Leichtfraktion> 80 mm (hs. Kunststoffe, PPK, Textilien)	hochkalorische Fraktion (Trockenstabilat, Wassergehalt < 15 %)
Menge	-	ca. 330 kg/t	ca. 500 kg/t
Entsorgung	-	stoffliche bzw. energetische Verwertung oder thermische Behandlung	energetische Verwertung
Rückstandsart	Eisenmetalle	Eisenmetalle	Eisen- und NE-Metalle
Menge	ca. 10 kg/t	ca. 10 kg/t	ca. 50 kg/t
Entsorgung	stoffliche Verwertung	stoffliche Verwertung	stoffliche Verwertung
Rückstandsart	-	Leichtfraktion> 40 mm (hs. Kunststoffe, PPK, Textilien)	gereinigtes Schwergut (hs. Steine, Glas, Keramik)
Menge	-	ca. 50 kg/t	ca. 140 kg/t
Entsorgung	-	stoffliche bzw. energetische Verwertung oder thermische Behandlung	stoffliche Verwertung als Bauzuschlagsstoff oder im Straßenbau
Rückstandsart	Rotterückstand	Rotterückstand (< 40 mm)	Restschlamm
Menge	ca. 800 kg/t	ca. 340 kg/t	ca. 0,5-1 kg/t
Entsorgung	Deponierung	Deponierung	thermische Behandlung, Deponierung

1) am Bsp. MBA Friesland/Wittmund nach [33]
2) am Bsp. MBA Diepholz (RABA Bassum) nach [33]
3) am Bsp. Trockenstabilatanlage Aßlar nach [34]

In der Studie „Kostenstrukturuntersuchung von Abfallbeseitigungsverfahren“ im Auftrag des Umweltbundesamtes [13] werden für die mechanisch-biologische Behandlung von Abfällen Behandlungskosten (ohne Entsorgung der Behandlungsrückstände) – abhängig vom Behandlungsziel und der Anlagengröße – in der Höhe von 54-103 DM/t

angegeben (s. Tabelle A–17). Das Umweltbundesamt nennt im sogenannten MBA-Bericht [11] geringfügig höhere Behandlungskosten für verfahrenstechnisch aufwendigere MBA-Konzepte, bei denen die emissionsrelevanten Anlagenbereiche gekapselt bzw. eingehaust sind und die Abluft mittels Biofilter gereinigt wird (s. Tabelle 6.2–11). Bei diesen Anlagen liegt der Anteil der Fixkosten – ähnlich wie bei den Müllverbrennungsanlagen – bei ca. 80 %. Minderauslastungen führen daher auch hier zu einem signifikanten Anstieg der spezifischen Behandlungskosten.

Tabelle 6.2–11: Kosten der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung (ohne Kosten/Erlöse der Teilströme) nach [35][36][37]

Durchsatz	Investition	Jährliche Gesamtkosten	Fixkostenanteil	Spezifische Behandlungskosten
Bsp. für MBA zur Ablagerung (MBA Friesland/Wittmund) [1]				
61.000 t/a	16 Mio. DM	3.020.000 DM	ca. 57 %	50 DM/t
Kostenschätzung für stoffstromspezifische MBA (Neuanlage) [2]				
100.000 t/a	43,5 Mio. DM	8.967.000 DM	80 %	90 DM/t
150.000 t/a	60,2 Mio. DM	12.503.000 DM	79 %	83 DM/t
200.000 t/a	77,3 Mio. DM	16.080.000 DM	78 %	80 DM/t
Bsp. für stoffstromspezifische MBA (MBA Lüneburg) [3]				
29.000 t/a	22 Mio. DM	4.872.000 DM	ca. 66 %	168 DM/t
Kostenschätzung für MBA zur Heizwertsteigerung (Neuanlage) [4]				
100.000 t/a	14,7 Mio. DM	4.443.000 DM	60 %	44 DM/t
150.000 t/a	17,0 Mio. DM	5.718.000 DM	54 %	38 DM/t
200.000 t/a	19,7 Mio. DM	7.032.000 DM	51 %	35 DM/t
Bsp. für MBA zur Heizwertsteigerung (Trockenstabilatanlage Aßlar) [5]				
120.000 t/a	55 Mio. DM	13.320.000 DM	k. A.	111 DM/t

[1] Eingehauste mechanische Aufbereitung und Intensivrotte (Dauer 14 Tage) mit Abluftreinigung (Wäscher/Biofilter), offene Nachrotte (Mieten) auf der Deponie (Dauer bis 30 Wochen) nach [35]
[2] Rottezeit 12 Wochen, Einhausung der emissionsrelevanten Anlagenbereiche mit Abluftreinigung nach [36]
[3] Eingehauste mechan. Aufbereitung und Rotte (Dauer 16 Wochen) mit Abluftreinigung (Wäscher/Biofilter), Abtrennung einer heizwertreichen Fraktion (> 100 mm) zur therm. Behandlung oder energ. Verwertung nach [35]
[4] Rottezeit 10 Tage, Einhausung der emissionsrelevanten Anlagenbereiche mit Abluftreinigung nach [36]
[5] Eingehauste Aufbereitung und biologische Trocknung (Dauer 7 Tage) mit Abluftreinigung (Umluftbetrieb mit Kondensatabscheidung und –aufbereitung, Biofilter) nach [37]

Die spezifischen Gesamtkosten, d.h. die Behandlungskosten einschl. Ablagerung und Entsorgung der heizwertreichen Fraktion, werden für bestehende mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen mit 210-250 DM/t angegeben. Wenn erhöhte Anforderungen an die Emission von mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen gestellt werden, was z.B. eine Ausstattung mit Wäscher, Biofilter und nachgeschalteter

Aktivkohleadsorption erfordern könnte, dann würden sich die Behandlungskosten nach grober Schätzung um ca. 30-50 DM/t erhöhen.

Insgesamt läßt sich feststellen, daß künftig nur noch technisch anspruchsvolle Anlagenkonzepte mit eingehauster Aufbereitungs- und Rottetechnik sowie einer entsprechenden Abluftreinigung genehmigungsfähig sein werden, d.h. MBA-Konzepte müssen sich auf eine stoffstromspezifische Behandlung oder eine Heizwertsteigerung zur energetischen Verwertung ausrichten.
Defizite existieren derzeit noch bei der großtechnischen Erfahrung mit großdimensionierten technisch anspruchsvolleren Anlagenkonzepten, die ihre Verfügbarkeit und Dauerbetriebsfähigkeit noch unter Beweis stellen müssen. Inwieweit sich dabei die biologische Trocknung etablieren kann, bleibt nach wie vor offen, da aufgrund des derzeit niedrigeren Umweltstandards bei der energetischen Verwertung in Industrieanlagen und der entstehenden Kosten für eine künftig notwendige Nachrüstung zur Einhaltung der 17. BImSchV – wie vom BMU gefordert [7] – keine deutlichen Vorteile erkennbar sind. Die Chancen könnten jedoch steigen, wenn das Verfahren mit den neuen Möglichkeiten automatischer Sortierverfahren kombiniert werden kann und dann die Vorteile der besseren Sortierbarkeit des Trockenstabilats in Verbindung mit einer Vereinfachung der Getrenntsammlung ausspielen kann.

6.3 Deponierung von Abfällen

Bis in die 60er Jahre wurden Abfälle im wesentlichen auf ungeordneten Deponien – Müllkippen – beseitigt. Da die möglichen Umweltauswirkungen einer unsachgemäßen Ablagerung von Abfällen inzwischen bekannt geworden waren, wurde mit dem 1972 in Kraft getretenen Abfallgesetz angestrebt, die zahlreichen Müllkippen durch geordnete Deponien zu ersetzen. In der Folgezeit wurden die Anforderungen an Deponien zunehmend detailliert und verschärft. Wichtige Schritte stellten das Deponiemerkblatt M3 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) [38] im Jahr 1979 oder die Richtlinie zur Deponiebasisabdichtung mit Kunststoffdichtungsbahnen des Landesamtes für Wasser und Abfall in Nordrhein-Westfalen [39] im Jahr 1985 dar.

Seit 1991 ist für die Deponierung von Abfällen bundesweit die TA Siedlungsabfall [2] als Prüfungs- und Entscheidungsgrundlage für die Vollzugsbehörden maßgebend. Sie fordert für die bestehenden Deponien nachträgliche Maßnahmen zur Anpassung an die neuen Anforderungen bezüglich Stabilität, Betrieb, Deponiegas- und Sickerwassererfas-

sung, die bis zum Jahr 1995 umgesetzt werden mußten und sie verlangt, daß nach dem Jahr 2005 Abfälle nur noch dann abgelagert werden dürfen, wenn sie im Anhang B die festgelegten Zuordnungskriterien (s. Kapitel 6.1) erfüllen.
Für Einrichtung und Bau von Deponien schreibt die TA Siedlungsabfall das sogenannte Multibarrierenkonzept [40] fest, mit dessen Hilfe das Erreichen der Schutzziele nach § 10 Abs. 4 KrW-/AbfG-/AbfG sichergestellt werden soll.

Dieses Multibarrierenkonzept umfaßt Anforderungen an die Abfallvorbehandlung, an die Geologie und Hydrogeologie des Standortes, an die Deponiebasisabdichtung mit Sickerwassererfassung und -behandlung, an den Deponiekörper, an die Oberflächenabdichtung und die Erfassung des Niederschlagswassers sowie an die Nachsorge, Kontrollierbarkeit und Reparierbarkeit der Barrieren [41].

Mit in Kraft treten der TA Abfall und der TA Siedlungsabfall wurden eine einheitliche Klassifizierung für Deponien und die zugeordneten Anforderungen an die deponierbaren Stoffe (s. Tabelle 6.1–1 in Kapitel 6.1) verbindlich festgelegt, die nach Ablauf der Übergangsfrist bis zum Jahr 2005 zu einer Reduzierung auf künftig sechs Deponiearten führen werden. Für Siedlungsabfälle sind dies Deponien der Deponieklasse I der Deponieklasse II und Monodeponien für Siedlungsabfälle.[13]
Zum gegenwärtigen Zeitpunkt existiert noch eine Vielzahl von Deponiearten, die sich anhand der abzulagernden Abfälle und deren Gefährdungspotential einteilen lassen. Die Einteilung ist dabei von Bundesland zu Bundesland unterschiedlich.

Seit dem Inkrafttreten der TA Siedlungsabfall wurden nur wenig neue Deponien eingerichtet; es wurden vor allem Altdeponien erweitert (s. Tabelle 6.3–1).

Tabelle 6.3–1: Neue Deponien oder Deponieerweiterungen in Deutschland seit Inkrafttreten der TA Siedlungsabfall (Stand 1995 [23])

	neue Deponien		**Erweiterung von Altdeponien**	
	Deponieklasse I	Deponieklasse II	Deponieklasse I	Deponieklasse II
Planung	7 (5)	10 (6)	1 (1)	10 (3)
Bau	2 (2)	2 (2)	0	5 (1)
Betrieb	2 (2)	1 (1)	0	11 (7)

(in Klammern: Anteil in den neuen Bundesländern)

[13] Weitere Deponiearten sind die Obertägige Sonderabfalldeponie, Obertägige Monodeponie für Sonderabfälle und die Untertagedeponie für Sonderabfälle

Für den künftigen Ausbau von Deponien sind das Ende der Übergangsfrist nach der TA Siedlungsabfall und Länderregelungen bestimmend. Planungen zur Erweiterung einer bestehenden bzw. zum Neubau einer Deponie werden erforderlich, wenn das Deponierestvolumen nur noch für einen Ablagerungszeitraum von 6 bis 10 Jahren (abhängig von Länderregelungen) ausreicht und damit die Entsorgungssicherheit nicht mehr gewährleistet ist [42].
Wenn man zur Berechnung der Restlaufzeiten die Entsorgungssituation im Jahr 1993 zugrundelegt und annimmt, daß die Menge der abzulagernden Abfälle und die Deponiekapazität konstant bleiben, so ergeben sich die in Tabelle 6.3–2 geschätzten Restlaufzeiten für die bestehenden Deponien in den einzelnen Bundesländern.

Tabelle 6.3–2: Anzahl der Hausmülldeponien differenziert nach Restlaufzeiten (bei gleichbleibenden abzulagernden Abfallmengen) nach [42]

Stand 1995	unter 3 Jahre	3 bis 5 Jahre	6 bis 10 Jahre	11 bis 20 Jahre	über 20 Jahre	Gesamt
Baden-Württemberg	10	15	17	14	7	63
Bayern	13	18	15	4	5	55
Brandenburg	14	28	14	3	2	61
Hessen	5	2	4	4	4	19
Mecklenburg-Vorpommern	10	27	13	3	2	55
Niedersachsen	7	4	6	13	16	46
Nordrhein-Westfalen	11	6	6	14	6	43
Rheinland Pfalz	6	2	5	6	8	27
Saarland	0	0	1	1	1	3
Sachsen	29	20	9	7	0	65
Sachsen-Anhalt	12	28	8	3	3	54
Schleswig-Holstein	0	3	2	3	1	9
Thüringen	16	14	11	5	3	49
Gesamt	133 24 %	167 30 %	111 20 %	80 15 %	58 11 %	549 100 %

Demnach befanden sich 1995 über 50 % der Deponien im kritischen Bereich der Entsorgungsicherheit, in dem Planungen für die Deponieerweiterung oder einen Deponieneubau erforderlich werden.
Vor dem Hintergrund der rückläufigen Deponiemengen (s. Kapitel 1) zeigt das die bestehende Planungsunsicherheit, die auch vom Umweltbundesamt [23] kritisch gesehen wird: „Der Weiterbetrieb von Altdeponien und die Erfüllung der Anforderungen für die Nachrüstung der Altdeponien sowie die Ausnutzung der Übergangsfristen für die Abla-

gerung von Abfällen, die nicht den Zuordnungskriterien des Anhanges B (der TA Siedlungsabfall) entsprechen, erscheint den meisten entsorgungspflichtigen Körperschaften offenbar vorteilhafter und einfacher als die Planfeststellungsverfahren für neue Deponien. Wenn man die betriebswirtschaftlichen Konsequenzen für einen Deponiebetreiber bzw. eine entsorgungspflichtige Körperschaft bedenkt, die ihre Altdeponie halbleer stillegen sollen, obwohl sie die Verfüllung in der Gebührenrechnung zur Grundlage gemacht haben, ist das verständlich. Es ist darüber hinaus verständlich, wenn man berücksichtigt, daß die Bürger auch die Errichtung neuer Deponien mit allen ihnen zur Verfügung stehenden Mitteln verhindern wollen, weil sie Beeinträchtigungen durch die Deponien und den Anlieferverkehr annehmen. Es ist zu befürchten, daß auch die Planfeststellungsverfahren für neue Deponien nach den Anforderungen der TA Siedlungsabfall nicht einfach werden. Deshalb ist der Umgang mit dem verfügbaren, geeigneten Deponievolumen von größter Bedeutung."

Kosten für die Deponierung von thermisch und mechanisch-biologisch behandelten Abfälle werden in der Studie „Kostenstrukturuntersuchung von Abfallbeseitigungsverfahren" im Auftrag des Umweltbundesamtes [13] angegeben (s. Tabelle 6.3–3).
Bei dieser modellhaften Betrachtung wird von einer Neuanlage ausgegangen, die 20 Jahre lang betrieben und für die für weitere 20 Jahre die behördlich geforderte Nachsorge geleistet wird. Allerdings weichen diese Zahlen erheblich von Angaben zu Kosten bestehender Deponien ab. Mit dem Hinweis auf kostendeckenden Betrieb werden für bestehende Deponien Kosten in der Höhe von durchschnittlich 200 DM/t [22] bzw. 150-250 DM/t [43] angeben.

Tabelle 6.3–3: Spezifische Kosten der Deponierung (Neuanlagen) in Abhängigkeit von Ablagerungsmenge, Basis- und Oberflächenabdichtung [30]

Deponie	50.000 t/a	100.000 t/a	150.000 t/a	300.000 t/a
Klasse I				
mit geol. Barriere	93 DM/t	-	49 DM/t	-
unzureich. geol. Barriere [1]	105 DM/t	-	55 DM/t	-
Klasse II (o. Gasfassung) [2]				
mit geol. Barriere	105 DM/t	-	56 DM/t	-
unzureich. geol. Barriere [1]	128 DM/t	-	67 DM/t	-
Klasse II (mit Gasfassung) [2]				
mit geol. Barriere	99 DM/t	66 DM/t	54 DM/t	40 DM/t
unzureich. geol. Barriere [1]	121 DM/t	78 DM/t	65 DM/t	47 DM/t

[1] zur Verbesserung der geologischer Barriere wird eine homogene Ausgleichsschicht aufgebracht
[2] ohne/mit Gasfassung: unterschiedliche Sickerwasserbehandlung und Entsorgung der Rückstände

6.4 Literaturverzeichnis zu Kapitel 6

[1] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG) vom 27. September 1994 (BGBl. I S. 2705), zuletzt geändert am 25. August 1998 (BGBl. I S. 2455)

[2] Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall). Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen vom 14. Mai 1993 (BAnz. vom 29. Mai 1993, S. 4967, mit Beilagen)

[3] Zweite Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall) Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen, biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen vom 12. März 1991 (GMBl S. 138)

[4] Friedrich, R.; Fricke, K.: Gleichwertigkeitsnachweis nach Ziffer 2.4 TA Siedlungsabfall für die Ablagerung mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen. Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 110, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1998

[5] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (WA II 6): Bericht der Bundesregierung zur TA Siedlungsabfall – Bundesregierung lehnt Aufweichung der Umweltstandards ab. Umwelt (1996) Nr. 2, S. 74-75

[6] Text der Koalitionsvereinbarung zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands und Bündnis 90/Die GRÜNEN vom 20. Oktober 1998

[7] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): BMU legt Eckpunkte für die Zukunft der Entsorgung von Siedlungsabfällen vor. Pressemeldung vom 20. August 1999

[8] Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe – 17. BImSchV) vom 23. November 1990 (BGBl. I S. 2545, 2832), zuletzt geändert durch Verordnung vom 23. Februar 1999 (BGBl. I S. 186)

[9] Müller, W.; Fricke, K.; Lechner, P.; Doedens, H.: Prüfmethoden zur Beschreibung der biologischen Stabilität. In: BWK-Arbeitsgruppe „Restabfallbehandlung“ Bilitewski, B.; Stegmann, R. et al. (Hrsg.): Mechanisch-biologische Verfahren zur stoffspezifischen Abfallbeseitigung. Beihefte zu Müll und Abfall Nr. 33, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1997

[10] Fricke, K.; Müller, W.; Bidlingmaier, W.; Stegmann, R.; Friedrich, R.: Methodische Ansätze zum Gleichwertigkeitsnachweis nach Ziffer 2.4 TASi für den KAEV Niederlausitz. In: Stegmann, R.; Rettenberger, G. (Hrsg.): Entwicklungstendenzen in der Deponietechnik. Hamburger Berichte Nr. 12 „Abfallwirtschaft“, Technische Universität Hamburg-Harburg, Economica Verlag, Bonn 1998

[11] Umweltbundesamt (Hrsg.): Bericht zur Ökologischen Vertretbarkeit der mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen einschließlich deren Ablagerung. UBA, Berlin, Juli 1999

[12] Richtlinie 1999/31/EG des Rates vom 26. April 1999 über Abfalldeponien (ABl. Nr. L 182 vom 16. Juli 1999, S. 1)

[13] Auksutat, M.; Löffler, R.: Kostenstrukturuntersuchung von Abfallbeseitigungsverfahren. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Reihe Texte 30/98, Berlin 1998

[14] Doedens, H.; Cuhls, C.: Emissionen bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung – Parameter, Meßtechnik und Bewertung. In: Wiemer, K.; Kern, M. (Hrsg.): Bio- und Restabfallbehandlung III – biologisch, mechanisch, thermisch. M. I. C. Baeza-Verlag, Witzenhausen, 1999

[15] Kaimer, M.; Schade, D. (Hrsg.): Bewerten von thermischen Abfallbehandlungsanlagen – Planung, Genehmigung, Konzept und Betrieb. Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 111, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1998

[16] Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. März 1997 (BGBl. I S. 504), zuletzt geändert durch Verordnung vom 19. März 1997 (BGBl. I S. 545)

[17] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Mai 1990 (BGBl. I S. 880), zuletzt geändert am 17. März 1998 (BGBl. I S. 502)

[18] Richtlinie 89/369/EWG des Rates über die Verhütung der Luftverunreinigung durch neue Verbrennungsanlagen für Siedlungsmüll vom 8. Juni 1989 (ABl. Nr. L 163 vom 14. Juni 1989, S. 32)

[19] Richtlinie 89/429/EWG des Rates über die Verringerung der Luftverunreinigung durch bestehende Verbrennungsanlagen für Siedlungsmüll vom 21. Juni 1989 (ABl. Nr. L 203 vom 15. Juli 1989, S. 50)

[20] Kommission der europäischen Gemeinschaft: Geänderter Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Verbrennung von Abfällen. KOM (1999) 105 endg. vom 12. Juli 1999

[21] Landeshauptstadt Stuttgart (Hrsg.): Abfallwirtschaftskonzept 1996 der Landeshauptstadt Stuttgart. Stuttgart, November 1996

[22] Anonym: Blick über den Rand der Deponie – Die derzeitige Situation in der Abfallentsorgung. BWK/TÜ/Umwelt-Special Oktober 1998, S. S1-S6

[23] Umweltbundesamt (Hrsg.): Jahresbericht 1995. UBA, Berlin 1996

[24] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 27. Februar 1986 (GMBl. S. 95), berichtigt am 4. April 1986 (GMBl. S. 202)

[25] Fricke, K.; Müller, W.; Turk, M.; Wallmann, R.: Stand der Technik der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung. In: BWK-Arbeitsgruppe „Restabfallbehandlung“ Bilitewski, B.; Stegmann, R. et al. (Hrsg.): Mechanisch-biologische Verfahren zur stoffspezifischen Abfallbeseitigung. Beihefte zu Müll und Abfall Nr. 33, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1997

[26] Doedens, H.; Grieße, A.; Düllmann, H.: Technische Mindestanforderungen an mechanisch-biologische Anlagen sowie an zugehörige Ablagerung unter Einhaltung der Schutzziele der TASi. In: Dohmann, M. (Hrsg.): Verwertung organischer Abfälle - Mode oder nachhaltige Lösung? Tagungsband des 10. Aachener Kolloquiums Abfallwirtschaft, Reihe Abfall - Recycling - Altlasten Band 14, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, 1997

[27] Zeschmar-Lahl, B; Lahl, U.: Behandlung von Restabfällen umstritten. Plädoyer für eine Rückbesinnung auf die Schutzziele der TA Siedlungsabfall. Umwelt **26** (1996) Nr. 3, S. 38-41

[28] Tabasaran, O. (Hrsg.): Abfallwirtschaft, Abfalltechnik: Siedlungsabfälle. Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1994

[29] Jost, D.: Die neue TA Luft (Loseblattsammlung). WEKA Fachverlag für technische Führungskräfte GmbH, Augsburg, Stand Dez. 1997

[30] Fricke, K.; Müller, W.; Kölbl, R.; Turk, T.; Gauser, G.: Mechanisch-biologische Restmüllbehandlung am Beispiel der Anlage Quarzbichel. Entsorgungspraxis **13** (1995) Nr. 10, S. 28- 37

[31] Franke, J.; Fricke, K.: Möglichkeiten der energetischen und stofflichen Verwertung von heizwertreichen Reststoffen aus der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung im Rahmen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes. In: Verein zur Förderung des Institutes WAR e.V. (Hrsg.): Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung unter Einbindung thermischer Verfahren für Teilfraktionen. 54. Darmstädter Seminar „Abfalltechnik“ am 6. Februar 1998, Schriftenreihe WAR Nr. 105, TU Darmstadt 1998

[32] Oest, W.: Die Bedeutung der Deponie in der Abfallwirtschaft des Bundeslandes Niedersachsen In: Stegmann, R.; Rettenberger, G. (Hrsg.): Entwicklungstendenzen in der Deponietechnik. Hamburger Berichte Nr. 12 – Abfallwirtschaft der Technischen Universität Hamburg-Harburg, Economica Verlag, Bonn 1998

[33] Bröker, E.; Giebel, B.: Vergleich und Betriebserfahrungen der drei Niedersächsischen Demonstrationsanlagen zur mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung. Tagungsband zum BMBF-Statusseminar „Verbundvorhaben mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ vom 17.-19 März 1998 in Potsdam, 2. Auflage, S. 45-57

[34] Puchelt, A.: Herhof-Trockenstabilatverfahren – Restabfallverwertung im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes. In: Wiemer, K.; Kern, M. (Hrsg.): Bio- und Restabfallbehandlung III – biologisch, mechanisch, thermisch. M. I. C. Baeza-Verlag, Witzenhausen, 1999

[35] Oest, W.; Doedens, H.; Bogon, H.; Rospunt, J.: Entwicklungsstand der mechanisch-biologischen Vorbehandlung (MBV) von Restabfällen. Müll und Abfall **8** (1995) Nr. 6, S. 423-437

[36] Bilitewski, B; Heilmann, A.: Kosten der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung im Vergleich zur thermischen Behandlung. Entsorgungspraxis **16** (1998) Nr. 10, S. 26-31

[37] Herhof-Umwelttechnik GmbH (Hrsg.): Herstellerangaben zum Trockenstabilatverfahren. Persönliche Mitteilung und Broschüren der Herhof-Umwelttechnik GmbH, 1998

[38] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Merkblatt M 3 über die geordnete Ablagerung von Abfällen. Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Nr. 2, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1980

[39] Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Richtlinie über Deponiebasisabdichtungen aus Dichtungsbahnen. Düsseldorf, 1985

[40] Stief, K.: Das Multibarrierenkonzept als Grundlage von Planungen, Bau, Betrieb und Nachsorge von Deponien. Müll und Abfall **18** (1986) Nr. 1, S. 15-20

[41] Bilitewski, B.; Härdtle, G.; Marek, K.: Abfallwirtschaft. 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 1994

[42] Umweltbundesamt (Hrsg.): Jahresbericht 1994. UBA, Berlin 1995

[43] Zeschmar-Lahl, B; Lahl, U.: Mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlagen (MBA) – ein status-quo-Bericht (Stand 1/1996). Studie im Auftrag des Thüringer Ministeriums für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Erfurt, März 1996

7 Zusammenfassung und Empfehlungen

Das heutige Abfallentsorgungssystem und die ihm zugrunde liegenden gesetzlichen Regelungen haben eine lange Vorgeschichte und beruhen auf unterschiedlichen Zielsetzungen. Im Ergebnis haben die daraus folgenden Anforderungen zu teilweise fragwürdigen Entsorgungspfaden, zu einem komplizierten Nebeneinander privater und öffentlich-rechtlicher Entsorger und vor allem zu höheren Müllgebühren für die Bürger geführt.

Ausgehend von den Wirkungen, die mit der Umsetzung der gesetzlichen Regelungen erreicht wurden bzw. in deren Folge eintraten, ist es daher notwendig, nach Wegen zu suchen, die einerseits die zentralen Ziele einer Kreislaufwirtschaft beibehalten und andererseits helfen können, das Abfallentsorgungssystem zu vereinfachen und die Belastungen für die Bürger zu verringern.

Im Hinblick auf die Siedlungsabfälle hat das heutige Entsorgungssystem zu folgenden Konsequenzen geführt:

- Die Verminderung der Abfallmengen und eine erhöhte Abfallverwertung wurden mit der Umsetzung der geltenden gesetzlichen Regelungen erreicht.
- Eine „absolute Abfallvermeidung“ wurde bei den Haushalten nicht erreicht.
- Die Verringerung der Abfallmengen führt zu erhöhten Kosten bei den Entsorgern und Problemen bei der Kostendeckung.
- Mit der Umsetzung der Regelungen zur Abfallentsorgung sind die Müllgebühren für die Bürger deutlich gestiegen.
- Einen hohen Einfluß auf Entsorgungskosten und Müllgebühren haben die Anforderungen an das Getrenntsammeln und die vorhandenen Beseitigungsanlagen.
- Die Getrenntsammlung belastet den Bürger mit zusätzlichen Aufgaben und orientiert sich stark an den Interessen der Entsorger.

Maßnahmen zur Veränderung des bestehenden Abfallentsorgungssystems müssen das Erreichen der zentralen Ziele der Kreislaufwirtschaft,

- das Verringern der endgültig zu beseitigenden Abfallmengen,
- das Sicherstellen einer umweltschonenden Abfallentsorgung und
- die Rückführung eines möglichst hohen Anteils der im Abfall enthaltenen nutzbaren Bestandteile als Sekundärrohstoff oder Energieträger in den Wirtschaftskreislauf,

sicherstellen und sollten dabei auch verstärkt die Bedürfnisse des Endverbrauchers berücksichtigen.

Für den Endverbraucher erstrebenswert wäre eine Vereinfachung der Abfallentsorgung und insbesondere der Getrenntsammlung, die sich als transparente und kostenbewußte Dienstleistung an den Bedürfnissen der Bürger orientieren sollte, die ja bereit sind Abfälle für eine Verwertung zu trennen und zur Abholung bereit zu stellen oder in bestimmten Fällen auch zu einem Sammelplatz zu bringen.
Auf die Ausweitung der separaten Bioabfallsammlung sollte verzichtet werden, während die Getrenntsammlung der mit geringem Aufwand kompostierbaren Grünabfälle beizubehalten ist.

Die Getrenntsammlung von Wertstoffen sollte sich auf solche Stoffe beschränken, die vom Abfallerzeuger eindeutig zuzuordnen und leicht zu sortieren sind und vom Abfallentsorger automatisiert in sortenreine, werkstofflich wiederverwertbare Fraktionen aufgetrennt werden können. Dann sollte es ausreichen, neben der Restabfalltonne eine zusätzliche Wertstofftonne einzurichten, in der alle Wertstoffe erfaßt werden können, unabhängig davon, ob es Verpackungen sind oder nicht. Daneben könnten die bewährten Sammelsysteme wie Sperrmüll-, Grünschnitt- und Bündelsammlung sowie die Erfassung von Glas und Papier mittels Depotcontainer beibehalten werden.

Gleichzeitig sollte bei Vorhandensein einer thermischen Behandlungsanlage – was zukünftig die Regel sein wird – die Problemstoffsammlung vereinfacht und bestimmte Problemstoffe in haushaltsüblichen Kleinmengen (z.B. Farben, Lacke, Lösungsmittel etc.) auch zusammen mit dem Restabfall eingesammelt und verbrannt werden. Viele Problemstoffe werden deshalb getrennt gesammelt, um eine langfristige Gefahr für die Deponie bzw. für das Grundwasser auszuschließen. Durch die zwingend notwendige Behandlung vor einer Deponierung verliert die Getrenntsammlung jedoch für viele sogenannte Problemstoffe an Bedeutung, da sie durch eine thermische Behandlung unschädlich gemacht werden können.

Primär sollte eine Reduzierung der Lasten für die Bürger im Vordergrund stehen. Dazu könnten die folgenden Maßnahmen beitragen:

1. Das Ziel der „absoluten Abfallvermeidung“ sollte als primäres Ziel der Kreislaufwirtschaft aufgegeben werden, da der Umgang mit Abfällen kein geeigneter Ansatzpunkt ist, um Verhaltensweisen der Bürger zu beeinflussen.

2. Die hohen Anforderungen an die getrennte Erfassung von Wertstoffen oder Problemabfällen in Haushalten sollten verringert und an die Möglichkeiten der Sortier- sowie der angestrebten Verwertungsverfahren angepaßt werden.

3. Die getrennte Bioabfallsammlung sollte zugunsten der Erfassung von Grüngut eingeschränkt werden und das generelle Getrenntsammlungsgebot für Bioabfälle im Landesabfallgesetz aufgehoben werden, um die Kostenbelastung der Bürger zu senken.

4. Die Aufgaben privater Entsorger sollten erweitert werden, um durch mehr Konkurrenz geringere Kosten für die Bürger zu erreichen.

5. Für die Abfallverwertung sollten stoffliche und energetische Verwertung gleichrangig zugelassen sein, um fragwürdige und für die Bürger teure stoffliche Verwertungen zu verhindern.

6. Siedlungsabfälle sollten in geeigneten Verwertungsanlagen – auch Müllverbrennungsanlagen – generell energetisch verwertet werden können, um die Kostenbelastungen der Haushalte zu verringern.

7. Die Errichtung neuer Abfallbehandlungs- und Abfallbeseitigungsanlagen muß unter Berücksichtigung der gesamten Kosten für Behandlung und Deponierung erfolgen, um die Kostenbelastung der Bürger möglichst gering zu halten.

8. Die regional stark unterschiedlichen Müllgebühren erfordern zusätzliche Maßnahmen, um ein vergleichbares Gebührenniveau zu erreichen.

Anhang A – Tabellen

Tabelle A–1: Entwicklung der an öffentlichen Entsorgungsanlagen angelieferten Abfallmengen in Baden-Württemberg von 1990 bis 1998

in 1.000 t	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Haus- und Geschäftsmüll	2.309,2	2.117,8	2.038,3	1.814,6	1.705,5	1.583,7	1.525,1	1.491,2	1.396,1
Sperrmüll	309,4	268,9	240,4	228,0	237,8	196,9	201,6	214,0	209,1
Bioabfälle	17,2	27,4	57,3	127,2	178,2	267,8	348,7	367,4	395,9
Grünabfälle	302,7	346,1	441,3	529,7	613,0	626,9	694,6	739,1	776,8
Wertstoffe	849,3	1.093,2	1.224,8	1.422,4	1.506,7	1.542,8	1.555,9	1.599,2	1.654,3
davon getrennt erfaßt [1]	572,4	754,9	828,8	1.028,8	1.082,5	1.130,8	1.165,7	1.205,1	1.253,8
Wertstoffgemische aus Haushalten	218,9	233,8	278,6	299,0	324,8	338,8	348,7	364,8	384,9
Wertstoffgemische aus Gewerbebetrieb	58,0	104,5	117,4	94,6	99,4	73,2	41,5	29,3	15,6
kommunale Klärschlämme [2]	735,0	693,2	752,9	763,2	648,3	413,1	133,4 (trocken)	120,5 (trocken)	103,6 (trocken)
Gewerbe- und Baustellenabfälle	2.526,1	2.370,7	1.901,5	1.392,0	1.166,4	870,4	663,3	551,1	533,9
Produktionsspezifische Abfälle [3]	682,9	598,0	452,7	265,9	228,7	204,3	124,0	122,4	151,8
Bauschutt, Straßenaufbruch	5.783,8	6.602,2	6.210,6	3.444,6	2.893,0	2.211,0	1.834,5	1.523,1	1.652,4
Bodenaushub	17.182,2	15.239,6	15.556,3	13.340,9	12.240,9	10.275,3	8.894,2	8.055,7	7.457,8
davon verunreinigt	213,0	311,2	199.7	124,9	82,0	126,2	63,6	118,8	430,5
nicht verunreinigt	16.969,2	14.928,4	15.356,6	13.216,0	12.159,9	10.149,1	8.830,6	7.936,9	7.027,3
Sonstige Abfälle [4]	158,5	203,7	168,0	164,6	145,5	142,3	127,2	111,7	96,5
Primärabfälle insgesamt [5]	**30.856,3**	**29.560,8**	**29.044,1**	**23.493,1**	**21.564,0**	**18.334,5**	**16.102,5**	**14.895,4**	**14.428,2**

[1] mittels Einstoffbehälter, Depotcontainer, zentralen Sammelstellen, Vereinssammlungen, getrennter Anlieferung durch Gewerbebetriebe
[2] einschließlich Sinkkastenschlamm (ab 1996 Mengenangaben in Tonnen Trockenmasse)
[3] einschließlich Produktionsschlämme, Formsande aus Gießereien, Shredderrückstände
[4] Straßenkehricht, Aschen und Schlacken aus Feuerungsanlagen, Abfälle von Stationierungsstreitkräften
[5] alle Siedlungsabfälle (kommunale Abfälle), die den entsorgungspflichtigen Körperschaften zur Entsorgung überlassen wurden

Tabelle A–2: Mengen- und Gebührenentwicklung für Gewerbe- und Baustellenabfälle ausgewählter Stadt- und Landkreise [1)]

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Landkreis Böblingen	1.000 t	96,9	91,9	63,1	47,2	34,8	28,5	24,3	24,6	22,2
	kg/B·a	627	570	390	307	240	198	171	173	155
	DM/t	76	111	315	412	691	626	607	370	370
Landkreis Göppingen	1.000 t	50,5	50,4	43,6	41,4	40,2	38,7	28,2	24,5	26,8
	kg/B·a	575	563	486	479	479	462	340	305	338
	DM/t	-	154	154	194	242	293	402	378	-
Rems-Murr-Kreis	1.000 t	84,5	108,0	100,6	94,9	82,8	40,6	28,3	20,1	21,6
	kg/B·a	652	807	736	718	638	317	225	161	173
	DM/t	-	55	70	110	210	310	410	410	360
Main-Tauber-Kreis	1.000 t	27,5	25,2	15,7	14,3	14,5	14,1	10,5	7,8	7,1
	kg/B·a	626	551	342	319	327	318	238	178	162
	DM/t	-	60	60	96	96	140	206	229	-
Neckar-Odenwald-Kreis	1.000 t	27,8	30,6	22,1	19,6	18,6	17,0	17,4	15,5	15,7
	kg/B·a	680	723	518	470	449	411	424	384	393
	DM/t	-	60	60	90	110	110	110	-	-
Ortenaukreis	1.000 t	92,8	83,8	83,7	65,0	59,5	48,9	43,3	32,7	29,5
	kg/B·a	666	579	568	441	416	342	302	232	210
	DM/t	-	80	108	212	216	222	222	248	248
Schwarzwald-Baar-Kreis	1.000 t	52,7	64,1	46,0	43,1	40,5	32,1	29,4	24,3	23,7
	kg/B·a	644	769	548	543	524	421	389	330	319
	DM/t	-	45	57	98	98	92	120	161	-
Stadt Stuttgart	1.000 t	122,5	100,9	95,0	73,9	46,1	34,1	26,9	20,7	17,4
	kg/B·a	323	263	247	200	129	99	79	61	51
	DM/t	-	261	334	507	780	665	687	687	687
Baden-Württemberg	**Mio. t**	**2,58**	**2,49**	**2,00**	**1,48**	**1,25**	**0,93**	**0,73**	**0,63**	**0,605**
	kg/B·a	**667**	**607**	**481**	**362**	**310**	**233**	**179**	**151**	**146**
	kg/E·a	**266**	**252**	**199**	**145**	**121**	**90**	**71**	**60**	**58**

[1)] Gewerbe- und Baustellenabfälle ohne Rückstände aus Sortieranlagen
kg/B·a = Aufkommen in kg pro versicherungspflichtig Beschäftigten Arbeitnehmer am Arbeitsort im Jahr
DM/t = Kosten pro Tonne für die Beseitigung der Abfälle in kommunalen Entsorgungsanlagen des Kreises
kg/E·a = Aufkommen in kg pro Einwohner und Jahr

Tabelle A–3: Abfallmengenprognose Baden-Württemberg für Abfälle aus Haushaltungen, Produktion und Gewerbe bis zum Jahr 2008

in 1.000 t	1994	1995	1996	1997	1998	2005/2008
Haus- und Geschäftsmüll	1.705	1.584	1.525	1.491	1.396	1.070
Sperrmüll [1]	238	193	202	203	209	210
Bioabfälle	178	268	349	367	396	540
Grünabfälle	613	627	695	739	777	1.000
Wertstoffe [2]	1.466	1.490	1.480	1.539	1.599	1.800
davon						
aus Haushalten	1.308	1.355	1.390	1.472	1.529	1.700
aus Gewerbebetrieben	158	135	90	67	70	100
kommunale Klärschlämme [3]	648	413	133 (trocken)	121 (trocken)	104 (trocken)	120 (trocken)
hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	926	717	552	470	453	300
Baustellenabfälle	240	153	111	81	80	200
Bauschutt	2.516	1.933	1.576	1.373	1.449	1.250
Straßenaufbruch	378	278	259	151	204	250
Bodenaushub [4]	12.159	10.149	8.831	7.937	7.027	6.000
Rückstände aus Sortieranlagen	120	123	100	116	94	140
Summe [5]	**21.187**	**17.928**	**15.813**	**14.588**	**13.788**	**12.880**

[1] ohne verwertete Sperrmüllmenge
[2] ohne Rückstände aus der Sortierung
[3] einschließlich Sinkkastenschlamm (ab 1996 Mengenangaben in Tonnen Trockenmasse)
[4] ohne verunreinigten Bodenaushub
[5] Siedlungsabfälle, die den entsorgungspflichtigen Körperschaften zur Entsorgung überlassen wurden/werden

Tabelle A–4: Entwicklung der Müllgebühren und der Getrenntsammlung von Abfällen aus Haushalten im Rems-Murr-Kreis von 1990 bis 1998

Abfallmengen	**1990**	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**
Haus- und Sperrmüll in kg/E·a	230	-	203	174	171	163	168	170	144
Bio- und Grünabfälle in kg/E·a [1)]	16	-	45	70	55	78	82	84	96
Wertstoffe aus Haushalten in kg/E·a [2)]	64	-	78	115	121	122	127	125	129
Summe in kg/E·a	310		326	359	347	363	377	379	369
Müllgebühren [3)]									
Restmüllabfuhr wöchentlich 14-tägig	85 DM	92 DM	120 DM	130 DM	158 DM 129 DM	188 DM 154 DM	225 DM 190 DM	236 DM 199 DM	246 DM 204 DM
Biomüll [4)]	-	-	-	-	-	-	-	20 DM	20 DM
Sperrmüll [5)]	-	-	-	-	-	-	-	-	15 DM
4-köpfige Modellfamilie [4)]					183 DM	218 DM	255 DM	272 DM	301 DM

[1)] ab 1995 separate Bioabfallsammlung in Teilgebiet des Rems-Murr-Kreises, ab 1997 separate Abrechnung
[2)] Papier/Pappe, Glas, Metalle, Kunststoffe, Flüssigkartons und Verbunde, Textilien, Holz, Altfette, Kabel (einschl. der über das DSD erfaßten Mengen sowie aus der Sperrmüllsortierung stammende Wertstoffe)
[3)] für Zweipersonenhaushalt mit 35 Liter Mülleimer (ab 1993 Grundgebühr plus volumenbezogene Gebührenmarke)
[4)] mit wöchentlicher Restmüllabholung (50 l Tonne) und ohne Bioabfalltrennung (incl. einer Sperrmüllabholung)
[4)] für 80 l Tonne bei 14-tägiger Leerung (nur Juni bis August wöchentliche Leerung), für Restmüll erfolgt gleichzeitig nur noch eine 14-tägige Abfuhr
[5)] ab 1993 Sperrmüll auf Abruf (zweimal im Jahr kostenlos), ab 1998 gegen Gebühr

Tabelle A–5: Entwicklung der Müllgebühren und der Getrenntsammlung von Abfällen aus Haushalten in Stuttgart von 1990 bis 1998

Abfallmengen	**1990**	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**
Haus- und Sperrmüll in kg/E·a	298	287	285	280	279	280	276	271	258
Bio- und Grünabfälle in kg/E·a [1)]	1	2	3	5	6	6	7	16	23
Wertstoffe aus Haushalten in kg/E·a [2)]	87	96	100	110	122	127	134	140	145
Summe in kg/E·a	386	385	388	395	407	413	417	427	426
Müllgebühren									
Restmüllabfuhr [3)] wöchentlich 14-tägig (in DM)		399 199,80	456 228	662,40 331,20	763,20 381,60	654,60 360	808,20 444,60	841,20 467,40	841,20 467,40
Biomüll [4)] (in DM)	-	-	-	-	-	-	44,40	46,80	46,80
4-köpfige Modellfamilie [5)]		399	456	331,20	381,60	360	489	514,20	514,20

[1)] ab 1992 probeweise Bioabfallsammlung, 1998 zu ca. 70 % im Stadtgebiet umgesetzt, erst im Jahr 2000 alle Haushalte angeschlossen, für Grüngut jährlich nur 2 Abholtermine aus Haushalten (April und November), ansonsten Anlieferung im Garten- und Friedhofsamt möglich (in der Statistik dann unter kommunale Grünabfälle erfaßt)

[2)] Papier, Glas, Schrott, Aluminium, Kunststoffe, Flüssigkartons und Verbunde (einschl. Sammlung mit Gelbem Sack)

[3)] für 120 Liter Restmülltonne

[4)] für 60 Liter Biotonne bei wöchentliche Leerung (kein Anschlußzwang), für Restmüll erfolgt gleichzeitig nur noch eine 14-tägige Abfuhr

[5)] 120 l Tonne (wöchentliche Leerung), ab 1993 mit Bioabfalltonne (60 l) und 14-tägiger Restmüllabholung (120 l Tonne)

Tabelle A–6: Verbrauch und Verwertung von Verkaufsverpackungen aus Privathaushalten und Kleingewerbe in Deutschland

in 1.000 t	1991 [1]	1993	1994	1995	1996	1997	1998 [2]
Glas	3.812,8	3.585,7	3.504,1	3.289,4	3.148,7	3.087,4	2.965,6
davon DSD verwertet	-	67 %	71 %	78 %	85 %	89 %	91 %
Papier, Pappe, Karton	1.728,2	1.609,2	1608,5	1.449,4	1.402,3	1.480,8	843,1
davon DSD verwertet	-	60 %	73 %	87 %	94 %	93 %	168 %
Kunststoffe	955,3	856,7	875,9	875,0	791,8	822,2	516,9
davon DSD verwertet	-	33 %	53 %	58 %	68 %	69 %	116 %
Weißblech	703,4	638,4	641,2	426,6	374,6	369,6	324,9
davon DSD verwertet	-	39 %	55 %	61 %	81 %	84 %	115 %
Verbunde [3]	198,2	203,5	201,5	604,7	560,9	540,2	575,5
davon DSD verwertet	-	25 %	39 %	49 %	79 %	78 %	60 %
Aluminium	129,4	67,9	69,3	47,2	44,4	46,2	37,5
davon DSD verwertet	-	13 %	42 %	67 %	81 %	86 %	116 %
Summe	**7.527,3**	**6.961,4**	**6.900,5**	**6.692,3**	**6.322,7**	**6.346,4**	**5.263,4**
davon DSD verwertet	**-**	**52 %**	**66 %**	**77 %**	**84 %**	**86 %**	**104 %**

[1] Verpackungsverordnung tritt am 1. Dezember 1991 in Kraft
[2] ab 1998 nur vom DSD lizenzierte Menge
[3] 1991 bis 1994 nur Getränkeverbunde, ab 1995 alle Verbunde mit einem Hauptmaterialanteil < 95 %

Tabelle A–7: Entsorgungswege der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger in Baden-Württemberg

in 1.000 t	1980	1984	1987	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Primärabfälle insgesamt [1)]	21.372,9	22.275,7	27.557,3	30.856,3	29.560,8	29.044,1	23.493,1	21.564	18.334,5	16.102,5	14.895,4	14.428,2
Stoffliche Verwertung [2)]	k. A.	k. A.	1.465,5	2.881,6	5.419,2	5.707,5	4.404,2	4.674,7	3.957,8	3.813,5	5.330,5	5.022,3
Biologische Behandlung	58,8	136,8	124,8	419,2	470,8	553,2	645,2	773,5	807,4	878,6	964,7	1009,0
Thermische Behandlung	599,0	659,1	664,7	632,1	577,8	740,1	802,9	742,5	643,9	532,9	626,4	633,9
Deponierung	20.565,0	21.265,8	24.947,4	26.286,9	21.770,1	20.677,0	17.259,8	14.942,7	12.554,3	10.516,6	7.582,8	7.344,5
Sonstige Entsorgung [3)]	150,1	214,0	354,9	636,5	1.322,9	1.366,3	381,0	430,6	371,1	360,9	391,0	418,5
Sekundär-rückstände [4)]	232,0	243,8	279,3	430,8	503,2	431,8	382,4	367,9	345,5	368,8	306,9	299,7

1) alle Siedlungsabfälle, die den entsorgungspflichtigen Körperschaften zur Entsorgung überlassen wurden (ohne Sekundärrückstände)
2) Erfassung mittels Einstoffbehälter, Depotcontainer, zentralen Sammelstellen und durch Vereinssammlungen
3) z.B. Problemabfälle, Abfälle die außerhalb Baden-Württembergs entsorgt werden etc.
4) aus der stofflichen Verwertung bzw. Sortierung, der biologischen und der thermischen Behandlung

Tabelle A–8: Siedlungsabfallentsorgung in Baden-Württemberg (gerundet, Stand 1996)

Herkunft der Abfälle	Im Vorspann definierte Abfallsorten	In der Statistik verwendete Abfallsorten	In 1.000 t	Stoffliche Verwertung [1]	Biologische Behandlung	Thermische Behandlung	Hausmülldeponie	Bodenaushubdeponie	Sonstige Entsorgung [2]
Abfälle aus Haushalten	Hausmüll (incl. Geschäftsmüll)	Hausmüll	1.525			333	1.158		34
	Sperrmüll	Sperrmüll	202	24		45	131		2
	Bioabfälle, Gartenabfälle	Bioabfälle	349		220		14		115
	Wertstoffe	Wertstoffe getrennt erfaßt	1.166	1.166					
		Wertstoffe als Gemisch	349	349					
	Problemabfälle [3]	Problemstoffe	9						9
		Summe	**3.600**	**1.539**	**220**	**378**	**1.303**		**160**
Kommunale Abfälle	Straßenkehricht	Straßenkehricht	88			10	75		3
	Grün-, Marktabfälle	Grünabfälle	660	1	619		16		24
	Klärschlamm	kommun. Klärschlamm	133	2	7	33	56		35
	Krankenhausabfälle	nicht separat ausgewiesen [4]							
		Summe	**881**	**3**	**626**	**43**	**147**		**62**
Abfälle aus dem Gewerbe	Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	Gewerbeabfälle, Baustellenabfälle	663	31		95	528	2	7
	Baustellenabfälle	Wertstoffe aus Gewerbe	41	42					
	Grünabfälle	Grünabfälle	35		33		1		1
	Produktionsabfälle	produktionsspez. Abfälle	124	30			86	8	
	Sekundärrückstände	Aschen, Stäube, Schlakken aus Feuerungsanlag.	17				17		
	Bodenaushub	Bodenaushub und	8.831	1.237		1	288	7.167	138
		Bodenaushub verunrein.	64	1			60	3	
	Straßenaufbruch	Straßenaufbruch	259	121			36	102	
	Bauschutt	Bauschutt	1.575	812			85	677	2
		Summe	**11.611**	**2.274**	**33**	**96**	**1.101**	**7.959**	**148**
Sonstige Abfälle		incl. Abfälle der Stationierungsstreitkräfte	22			15	8		
Siedlungsabfälle [3]		**Insgesamt**	**16.113**	**3.816**	**879**	**532**	**2.559**	**7.959**	**370**

[1] einschließlich Behandlung in Sortieranlagen
[2] z.B. Export außerhalb Baden-Württemberg, Sonderabfallentsorgung etc.
[3] einschließlich Problemabfälle (normalerweise nicht in Statistik für Siedlungsabfälle enthalten)
[4] abhängig vom Entsorgungsweg als Hausmüll oder Gewerbeabfall erfaßt

Tabelle A–9: Schwermetallgehalte von Regel- und Ersatzbrennstoffen sowie Übergangs- und Emissionsraten in Zementklinker

Element	Regelbrennstoffe max. [mg/MJ]	Richtwerte [1] für Ersatzbrennstoffe max. [mg/MJ]	Übergang [2] in Klinker [%]	Emission [2] [mg/t Klinker]
Arsen	1,9	25	83-91	0-5
Antimon	0,07	10	83-91	k. A.
Beryllium	0,13	3	ca. 99	k. A.
Blei	10	80	72-96	0-33
Cadmium	0,3	6	74-88	0-1
Chrom	3,7	60	91-97	10-11
Kobalt	1,2	20	ca. 93	k. A.
Kupfer	3,7	80	ca. 88	k. A.
Nickel	3,5	40	83-97	3-20
Quecksilber	0,06	0,6	0-40	k. A.
Selen	0,2	2	ca. 0	k. A.
Tellur	0,04	2,5	ca. 80	k. A.
Thallium	0,15	5	0	0-228
Vanadium	6,7	70	90-95	1-20
Zinn	0,4	30	ca. 80	k. A.
Zink	8,0	800	80-99	3-47
Schwefel Chlor Fluor	740 60 14	1.500 2.500 2.500	67-94 14-33 88-95	k. A.

[1] Richtwerte des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen (LUA) für die energetische Verwertung von Abfällen in Zementwerken (Jahresbericht LUA 1995)

[2] für Zementwerke mit Zyklonvorwärmeröfen

Tabelle A–10: Vergleich der Emissionsgrenzwerte der TA Luft, der 13. BImSchV und der 17. BImSchV

Emissionsgrenzwerte [1] in mg/m³	**TA Luft 1986** genehmigungsbedürftige Anlagen		**13. BImSchV 1983** Großfeuerungsanlagen		**17. BImSchV 1990** Abfallverbrennungsanlagen	
	Hochöfen	**Zementwerke**	**Holz oder Kohle**	**andere feste Brennstoffe**	**Mitverbrennung** [2]	**MVA etc.**
Staub	50	50	50	50	Mischgrenzwert	10
Kohlenmonoxid (CO)	-	-	250	250	Misch-(grenz)wert	50
Chlorwasserstoff (HCl)	30	30	100 (200) [4]	100 (200) [4]	Mischgrenzwert	10
Fluorwasserstoff (HF)	5	5	15 (30) [4]	15 (30) [4]	Mischgrenzwert	1
Schwefeldioxid u. -trioxid (als SO_2)	500	400	400 / 650 [5] (2000) [4]	400 / 650 [5]	Mischgrenzwert	50
Stickstoffmonoxid u. -dioxid (als NO_2)	500	500 / 800 [3]	800 / 1800 [6]	800	Mischgrenzwert	200
org. Stoffe (als Gesamtkohlenstoff)	150	150	-	-	Misch-(grenz)wert	10
Dioxine und Furane (PCDD, PCDF)	-	-	-	-	Mischwert	insg. 0,1 ng TE [7]
Schwermetalle	Cd, Hg, Tl insg. 0,2		-	As, Cd, Co, Cr, Ni, Pb insg. 0,5	Misch-(grenz)wert	Hg 0,03
	As, Co, Ni, Se, Te insg. 1,0				Misch-(grenz)wert	Cd, Tl insg. 0,05
	Cr, Cu, Mn, Pb, Pd, Pt, Rh, Sb, Sn, V insg. 5,0				Misch-(grenz)wert	As, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, V insg. 0,5

[1] Tagesmittelwerte bezogen auf 11 Vol.-% O_2 (17. BImSchV) bzw. 7 Vol.-% O_2 (13. BImSchV) und Abgas im Normzustand (0 °C, 1013 mbar)
[2] in Feuerungsanlagen (13. BImSchV) oder sonstigen genehmigungsbedürftigen Anlagen (TA-Luft)
[3] Neufestlegung nach Stand der Technik durch LAI: Neuanlagen bzw. Altanlagen (bezogen auf 10 Vol.-% O_2)
[4] Feuerungsanlagen für Kohle mit einer Feuerungswärmeleistung bis einschließlich 300 MW
[5] beim Einsatz von Brennstoffen mit besonders hohem oder stark schwankendem Schwefelgehalt
[6] Feuerungsanlagen mit Staubfeuerungen für Steinkohle und flüssigem Ascheabzug (Schmelzkammerfeuerung)
[7] Summenwert der toxischen Äquivalenzwerte (I-TE), Äquivalenzfaktoren im Anhang der 17. BImSchV

Tabelle A–11: Emissionswerte des Steinkohlekraftwerkes Walheim bei der Verbrennung von Kohle bzw. Kohle/Klärschlamm-Gemischen

	Klärschlamm [1]	Emissionen Rohgas [mg/m³]		Emissionen Abgas [mg/m³]	
	[mg/kg]	ohne KS	mit SK/KS [2]	ohne KS	mit SK/KS [2]
C_{gesamt}	k. A.	k. A.	k. A.	0,4	0,6
Benzol	k. A.	k. A.	k. A.	< 0,003	< 0,003
PCB	0,57-1,74	k. A.	k. A.	9,8 ng/m³	8,25 ng/m³
PCDD/F (i-TE)	0,004-0,009 µg/kg	k. A.	k. A.	0,002 ng/m³	< 0,001 ng/m³
Chlor bzw. HCl	819-1.0383	k. A.	k. A.	4,5	4,5
Fluor bzw. HF	326-388	k. A.	k. A.	< 0,02	< 0,02
Schwefel bzw. SO_2	8.700-9.300	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Staub	-	19,9	13,2	1,5	1,0
Antimon	0,149-0,227	0,00097	0,00114	0,00002	< 0,00003
Arsen	0,04-0,12	0,02494	0,01704	0,00006	< 0,00003
Blei	51,7-63,2	0,02716	0,02520	0,00003	0,00003
Cadmium	1,12-1,33	0,00034	0,00037	< 0,00001	< 0,00001
Chrom	45,8-59,4	0,00986	0,01117	0,00068	0,00031
Kobalt	6,06-7,96	0,00382	0,00216	0,00005	0,00003
Kupfer	249-303	0,01330	0,01429	0,00043	0,00023
Mangan	40,3-51,0	0,02191	0,01296	0,00201	0,00140
Nickel	17,9-21,4	0,00802	0,00479	0,00033	0,00015
Quecksilber	0,404-0,566	0,00930	0,01296	0,00814	0,00861
Thallium	0,030-0,034	0,00008	0,00002	< 0,00003	< 0,00003
Vanadium	21,9-25,7	0,02337	0,00954	0,00137	0,00076
Zinn	0,297-0,346	< 0,00002	0,00007	< 0,00002	< 0,00002
Zink	799-1.015	0,04252	0,05758	0,00215	0,00140

Emissionswerte sind Mittelwerte einer 3-tägigen Versuchsreihe (bezogen auf 5 % Sauerstoffgehalt)

[1] Klärschlamm (KS) mit mittlerem Gehalt an organischem Kohlenstoff von 54,9 %, Wassergehalt 10,3 %

[2] SK/KS = Steinkohle/Klärschlammgemisch mit einem Klärschlammanteil von 4,9 % an der Feuerungswärmeleistung

Tabelle A–12: Genehmigungssituation für die Ablagerung nichtthermisch behandelter Abfälle über das Jahr 2005 hinaus (Stand 1998)

Land		Begründung	Genehmigung bis
	Genehmigung liegt vor		
Nds	Landkreis Lüneburg	TASi 1.2 (Forschung)	2020
Nds	Landkreis Diepholz (Bassum)	TASi 1.2 (Forschung)	2020
Nds	Landkreis Friesland/Wittmund	TASi 1.2 (Forschung)	2020
Nds	Landkreis Ammerland	TASi 12 (Übergang)	2020
Nds	Landkreis Grafschaft Bentheim	TASi 12 (Übergang)	2020
Nds	Stadt Hannover	TASi 12 (Übergang)	2020
Nds	Landkreis Cloppenburg	TASi 12 (Übergang)	2020
Nds	Stadt Oldenburg	?	2011
RP	Rhein-Lahn-Kreis	TASi 2.4 (Gleichwertigkeit)	2010
RP	Lkr. Altenkirchen/Neuwied	TASi 12 (Übergang)	2007
Bb	KAEV Niederlausitz	TASi 2.4 (Gleichwertigkeit)	2055
	Genehmigung im Antragsverfahren		
NRW	Landkreis Düren	TASi 2.4 (Gleichwertigkeit)	
Bb	Märkische Entsorgungsanlagen-betriebsgesellschaft (MEAB)	TASi 2.4 (Gleichwertigkeit)	
RP	Lkr. Altenkirchen/Neuwied	TASi 2.4 (Gleichwertigkeit)	

Tabelle A–13: Vergleich der Emissionswerte und -frachten der MBA- und MVA-Abluft mit den Grenzwerten der 17. BImSchV

Parameter	17. BImSchV		MBA mit Biofilter		MVA (Rostfeuerung)	
	Konzentration [mg/m³]	Fracht [1)] [g/t]	Konzentration [mg/m³]	Fracht [g/t]	Konzentration [mg/m³]	Fracht [g/t]
Gesamtstaub	10	55	<< 20	gering	0,2-1,1	ca. 5,5
TOC	10	55	20-60	ca. 300	< 1	ca. 5,5
davon						
TA Luft Klasse I	-	-	*2-6*	*ca. 30*	*k. A.*	*k. A.*
TA Luft Klasse II	-	-	*12-36*	*ca. 180*	*k. A.*	*k. A.*
TA Luft Klasse III	-	-	*6-18*	*ca. 90*	*k. A.*	*k. A.*
Methan	-	-	*10-20*	*ca. 150*	*k. A.*	*k. A.*
Dioxine u. Furane	0,1 ng/m³	550 ng/m³	ca. 0,001 ng/m³	ca. 1,3 ng/m³	ca. 0,01 ng/m³	ca. 55 ng/m³
HCl	10	55	k. A.	k. A.	1-6	ca. 1,1
HF	1	5,5	k. A.	k. A.	< 0,2	ca. 16,5
SO_2	50	275	k. A.	k. A.	0,5-13	ca. 33
NO_2	200	1.100	< 8	< 160	60-180	ca. 550
NH_3-N, org-N	-	-	*5-20*	*ca. 150*	*1-10*	*ca. 22*
Schwermetalle						
Summe Cd, Tl	0,05	0,275	n. b.	n. b.	0,001-0,004	ca. 0,014
Hg	0,05	0,275	< 0,001	n. b.	0,001-0,005	ca. 0,016
Summe As, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, V	0,5	2,75	n. b.	n. b.	0,001-0,065	ca. 0,180

kursiv = kein Parameter der 17. BImSchV (n. b. = nicht bestimmbar, da unterhalb der Nachweisgrenze)

[1)] bezogen auf 5.500 m³ gereinigtes Abgas pro Tonne behandelter Restabfall und Tagesmittelwerte

Tabelle A–14: Vergleich der Eigenschaften und möglichen Emissionen von MBA-Rückständen und MVA-Schlacken mit den Zuordnungskriterien der TA Siedlungsabfall

Parameter	TA Siedlungsabfall	Rückstand aus MBA		MVA-Schlacke
	Deponieklasse II	zur Ablagerung	stoffstromspez.	
Glühverlust	5 %	40-60 %	30 %	1,3-5,2 %
TOC (Feststoff)	3 %	30-42 %	18 %	0,4-1,7 %
TOC (Eluat)	100 mg/l	100 mg/l	250 mg/l	10-25 mg/l
AT_4	-	5 mg O_2/g	5 mg O_2/g	0,5 mg O_2/g
GB_{21}	-	10-20 ml/g	10-20 ml/g	überwiegend H_2, keine Mengenangabe
Gasbildungs-potential	max. 53 m^3/t	15-45 m^3/t	15-45 m^3/t	3-12 m^3/t

Tabelle A–15: Erforderliches Deponievolumen für die Ablagerung der Behandlungsrückstände aus MBA und MVA

	Stoffstromspezifische MBA	MVA (Rostfeuerung)
Behandlungsrückstand	ca. 340 kg	Schlacke ca. 250 kg RGR-Rückstande ca. 30 kg
Dichte	ca. 1,6 t/m^3	ca. 2,0 t/m^3
Rückstandsvolumen	ca. 0,25 m^3	Schlacke ca. 0,13 m^3 RGR-Rückstande ca. 0,03 m^3
Verwertung	keine	Schlacke ca. 60-80 % RGR-Rückstande keine
Deponievolumen	ca. 0,25 m^3 (Deponieklasse II)	Schlacke ca. 0,03-0,05 m^3 RGR-Rückstande (Untertagedeponie) ca. 0,03 m^3

Angaben pro Tonne behandelten Restabfall (RGR = Rauchgasreinigung)

Tabelle A–16: Großtechnisch betriebene, mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlagen in Deutschland (Stand 1/1998)

Standorte	Inbetrieb-nahme	Kapazität [t/a]	MBA-Ziel	Technische Details
Baden-Württemberg				
Hasenbühl/Schwäbisch Hall	1976	42.000	A	offenes Kaminzugverfahren
Waldorf/Lkr. Calw	1994	40.000	A	offenes Kaminzugverfahren
Ochsenhausen/Lkr. Biberach	1998	40.000	B	Rotteboxen (Biodegma), Einhausung
Bayern				
Quarzbichl/Eurasburg, Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen	1995	35.000	B	Einhausung, Rottetrommel, überdachte Intensiv- (Druckbel.) und Nachrotte
Erbenschwang/Ingenried, Lkr. Weilheim-Schongau	1997	22.000	B	Gekapselte Tunnelintensivrotte mit Saugbel. (Sutco), Wäscher/Biofilter
Hessen				
Aßlar/Lahn-Dill-Kreis	1997	120.000	C	Gekapselte Rotteboxen (Herhof) mit Biofilter, Kreislaufführung der Abluft
Niedersachsen				
Oldenburg	1975 Umbau 1998	86.000	A	Einhausung, überdachte Intensivrotte mit Saugbelüftung
Wilhelmshafen	1993	72.000	A	offenes Kaminzugverfahren
Sedelsberg/Lkr. Cloppenburg	1995	60.000	A	offenes Kaminzugverfahren
Lüneburg	1996	29.000	B	Gekapselte Tafelmietenkompostierung mit Saug-/Druckbel., Wäscher/Biofilter
Piesberg/Osnabrück	1996	65.000	A	offenes Kaminzugverfahren
Bassum/Lkr. Diepholz	1997	65.000	B	Gekapselte Tafelmietenkompostierung mit Saug-/Druckbel., Wäscher/Biofilter
Wiefels/Wangerland, ZVA Friesland-Wittmund	1997	61.000	A	Gekapselte Tafelmietenkompostierung mit Saugbel., Wäscher/Biofilter
Nordrhein-Westfalen				
Neuss	1982	77.000	A	offene Tunnelrotte
Haus Forst/Kerpen, Erftkreis	1986 Umbau 1997	115.000	A	Tunnelrotte, Einhausung
Horm/Lkr. Düren	1995	150.000	A	Gekapselte Tunnelintensivrotte mit Druckbel., Biofilter, offene Nachrotte
Rheinland-Pfalz				
Meisenheim/Lkr. Bad Kreuznach	1994	53.000	A	offenes Kaminzugverfahren
Kirchberg/Rhein-Hunsrück-Kreis	1995	40.000	A	offenes Kaminzugverfahren
Schleswig-Holstein				
Flensburg	1973 Umbau 1998	100.000	A (B) [2)]	Gekapselte Tafelmietenkompostierung mit Saugbel., Tropfkörperwäscher

[1)] A = MBA zur Deponierung, B = Stoffstromspezifische MBA, C = MBA zur Heizwertsteigerung
[2)] nach Umbau: Kapazität 130.000 t/a, Ausschleusung einer heizwertreichen Fraktion

Tabelle A–17: Spezifische Kosten der MBA (mit Erlösen für Metalle, ohne energetische Verwertung oder Deponierung) in Abhängigkeit von der Verfahrensvariante und der Anlagengröße

Mechanisch-biologische Behandlung	50.000 t/a	100.000 t/a	200.000 t/a
MBE (Endrotte für Deponie)	103 DM/t	80 DM/t	62 DM/t
MBA (Splitting in heizwertreich und heizwertarm)	103 DM/t	80 DM/t	62 DM/t
Trockenstabilat (biologische Trocknung)	95 DM/t	70 DM/t	54 DM/t

Anhang B – Verfahren zur Abfallbehandlung

Energetische Abfallverwertung im Hochofen: Beim Einsatz von Abfällen im Hochofen kann die Zugabe mit dem Erz von oben oder direkt in die Vergasungszone erfolgen (s. Abb. B–1). Während bei der Zugabe von oben die Gefahr einer unvollständigen Verbrennung besteht, sind bei der Einbringung in die Vergasungszone keine Probleme zu erwarten [1]. Prinzipiell könnten synthetisch reine Kohlenwasserstoffe das häufig verwendete Schweröl im Verhältnis 1:1 ersetzen, allerdings sind beispielsweise Kunststoffe in der Regel verunreinigt und mit Additiven versetzt. Während der größte Teil der Verschmutzungen durch einfaches Waschen entfernt werden kann, sind Additive im Kunststoff selbst enthalten und beeinflussen dadurch die Produktqualität und auch die Verwertbarkeit [2].

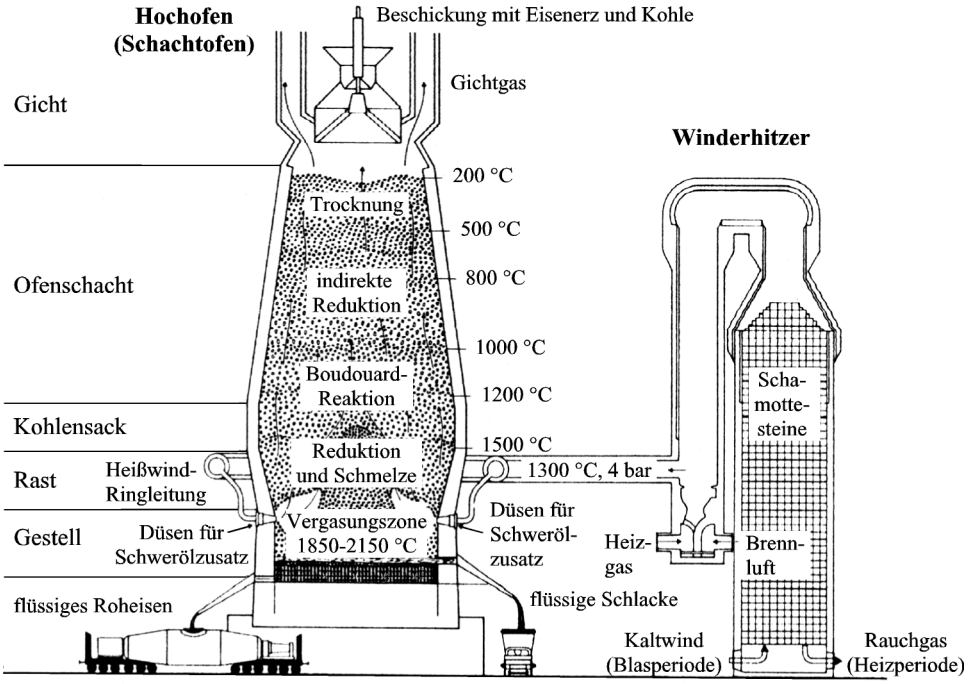

Abb. B–1 Querschnitt durch einen Schachtofen mit Winderhitzer nach [3]

Der Hochofenprozeß ist vergleichsweise empfindlich gegenüber dem Eintrag bestimmter Schadstoffe (z.B. Chlor, Kupfer, Blei, Zink [4]), weshalb auch der Chloreintrag zur Vermeidung von Salzsäure- und Dioxinemissionen für das Stahlwerk Bremen (hauptsächlich stoffliche Verwertung von Kunststoffen als Reduktionsmittel) behördlicherseits auf 1,5 % begrenzt wurde [5][3].

PCDD/F-Messungen im Abgas der Winderhitzeranlage ergaben ohne bzw. mit Kunststoffeinsatz im Mittel Werte von < 0,0005 ng/m^3 bzw. 0,0012 ng/m^3 I-TE (i. N.[1]). Bei Erhöhung des Chloreintrags steigen zugleich die Emissionen von Salzsäure, Blei und Cadmium an [3], da die Gichtgasreinigung keinen besonders hohen Wirkungsgrad zur Rückhaltung von Säurebildnern (insbesondere Schwefel) und leichtflüchtigen Verbindungen aufweist.

Bei der Mitverbrennung von entsprechend schadstoffhaltigen Abfällen ist daher mit höheren Emissionen von Salzsäure, Schwefeldioxid/-trioxid und auch von leichtflüchtigen Schwermetallen (u.a. Quecksilber) zu rechnen. Die Abscheideleistung für den gesamten Hochofenprozeß liegt für Zink bei ca. 97 %. Während für Cadmium vergleichbare Werte anzunehmen sind, dürfte die Abscheideleistung für Quecksilber oberhalb von 90 % liegen. Wie bei Zementwerken gilt auch hier, daß für die Mitverbrennung von Abfällen im Hochofen die Datenlage bezüglich der entstehenden Emissionen eher als dürftig anzusehen ist [1]. *(s. auch Stoffliche Verwertung von Kunststoffen als Reduktionsmittel im Hochofen)*

Energetische Abfallverwertung in Kraftwerken: Kohlekraftwerke besitzen einen Feuerungswirkungsgrad von > 90 % und sind damit nach § 6 KrW-/AbfG als Verwertungsanlage zugelassen [6]. Die Rostfeuerung kommt nur noch in wenigen Einzelfällen bzw. Altanlagen (Industriekraftwerke, Fernwärmeheizwerke) zum Einsatz, eignet sich aber insbesondere für die Verbrennung von Altholz. Bei neueren Kraftwerken mit Wirbelschichtverbrennung und insbesondere mit Schmelzkammer- bzw. Staubfeuerung muß ein relativ großer Aufwand für die Konditionierung der Abfälle betrieben werden, damit diese bei hinreichender Anlagenverfügbarkeit einsetzbar sind [7][1].

Durch den Einsatz des Klärschlamms, mit einem Anteil von 5-25 % an der Feuerungswärmeleistung erhöht sich der Ascheanfall um das zwei bis fünffache, wobei die Qualität der anfallenden Aschen nicht nachteilig beeinflußt werden [8]. Vergleichsmessungen in Steinkohlekraftwerken (Düsseldorf Lauswald [9], Walheim bei Heilbronn [10]) ergaben, daß bei der Mitverbrennung von Klärschlamm in Kraftwerken mit Schmelzkammerfeuerung mit einem Anteil von 5 bis 10 % an der Feuerungswärmeleistung – trotz zum Teil erhöhter Schwermetallgehalte gegenüber der Kohle – bei Verwendung einer modernen Rauchgasreinigung[2] keine signifikant erhöhten Schwermetallemissionen auftreten.

Energetische Abfallverwertung in Zementwerken: Zementwerke besitzen einen Feuerungswirkungsgrad von 80-90 % [11] und sind damit nach § 6 KrW-/AbfG als Ver-

[1] i. N. = im Normzustand bzw. bei 0 °C (273 K) und 1013 hPa im trockenen Zustand

[2] Elektrofilter, Rauchgasentschwefelung mit einer Kalksteinsuspension, katalytische Entstickung

wertungsanlage zugelassen. Zement[3] besteht aus feingemahlenen anorganischen Verbindungen und ist ein hydraulisches Bindemittel, das mit Wasser sowohl an der Luft als auch unter Wasser selbstständig erhärtet und dauerhaft fest bleibt. Das Zwischenprodukt Zementklinker, das durch Brennen bzw. Sintern eines Rohstoffgemisches aus Kalk, Ton, Mergel und ggf. Sekundärrohstoffen bei über 1400 °C entsteht, besteht hauptsächlich aus Calciumoxid (CaO), Siliciumdioxid (SiO_2), Aluminiumoxid (Al_2O_3), Eisenoxid (Fe_2O_3) und geringen Mengen von Magnesiumoxid (MgO) [12]. Als Regelbrennstoffe werden dabei überwiegend Stein- (ca. 50 %) und Braunkohle (ca. 32 %) und in geringen Mengen auch Heizöl (ca. 5 %) und Erdgas (< 1 %) verwendet, den restlichen Anteil von ca. 13 % stellen Ersatzbrennstoffe dar [11].

Die Zementproduktion ist ein Stoffumwandlungsverfahren, das keine festen Rückstände aufweist. Alle festen Bestandteile dieses Prozesses werden in das Zwischenprodukt Zementklinker mit eingebunden und tragen zu seinen wertgebenden Eigenschaften bei. Auch die Aschen der Primär- und Sekundärbrennstoffe werden nach ihrem Ausbrand in das Produkt mit eingebunden. Damit der Zement der Zementnorm (DIN 1164) entspricht, darf die Rohmaterialzusammensetzung (einschließlich der verwendeten Brennstoffe) nur geringe Schwankungen aufweisen [11].

Zementklinker werden heute überwiegend nach dem Trockenverfahren in Drehrohröfen mit Zyklonvorwärmern (sog. Wärmetauscheröfen) gebrannt [11]. Der energieintensive Zementbrennprozeß erfolgt dabei in zwei Stufen (s. Abb. B–2):

- Die Entsäuerung (Calcinierung) des Kalks zu Calciumoxid bzw. das Austreiben von Kohlendioxid im Calcinator bei ca. 850 °C (Sekundärfeuerung) und
- die Sinterung des Klinkers im Drehrohrofen bei Temperaturen um 1450 °C (Primärfeuerung),

wobei – je nach Anlage – bis zu 60 % des gesamten Brennstoffenergiebedarfs für die Sekundärfeuerung verbraucht wird [11].

Die Rauchgasreinigung selbst erfolgt in einem Zementwerk im Prozeß durch den Kontakt der Rauchgase mit dem Rohmehl, wobei saure Gasbestandteile und weniger flüchtige Schwermetalle angelagert und zum größten Teil in den Zement eingebunden werden, sowie durch einen nachgeschalteten Elektrofilter zur Staubabscheidung [13]. Der Filterstaub enthält ebenfalls angelagerte Reststoffkomponenten (allerdings auch Schadstoffe insbesondere Schwermetalle) und wird dem Rohmehl oder dem Zementklinker bei der Mahlung zugemischt.

[3] In Deutschland sind derzeit 12 Zementarten zugelassen; der am häufigsten verwendete Zement ist der sog. Portlandzement (4-8% Al_2O_3, 61-69 % CaO, 1-8 % Fe_2O_3, < 5 % MgO, 18-24 % SiO_2) [12]

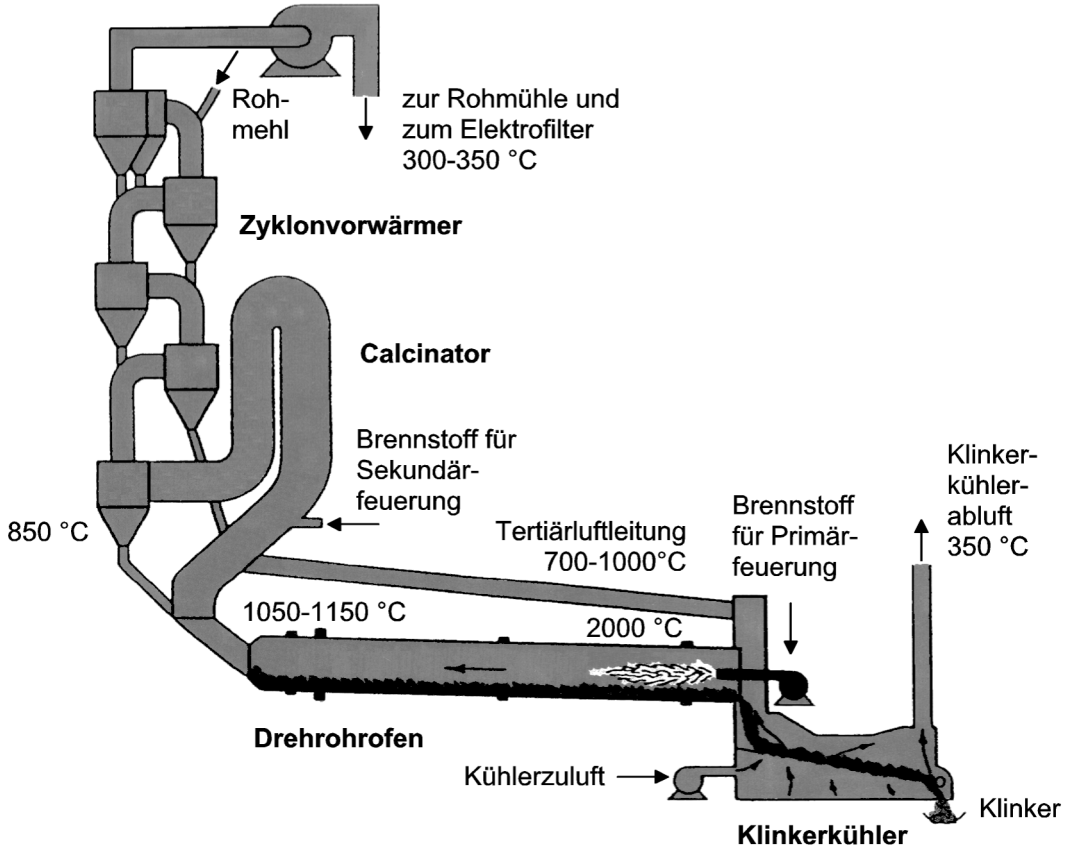

Abb. B–2: Zementherstellung im Drehrohrofen mit Zyklonvorwärmer und Vorcalciniereinrichtung nach [11]

Bei den weniger flüchtigen Schwermetallen kommt es bei der Mitverbrennung bzw. energetischen Verwertung zur weitgehenden Verlagerung ins Produkt. Es ist daher zu prüfen, ob diese Verlagerung eine Anreicherung im Produkt bedeutet und daraus humantoxikologische oder ökologische Risiken entstehen könnten. So hat bereits ein erhöhter Gehalt von Chrom, das im Zement als Chromat vorliegt, in Verbindung mit der stark alkalischen Wirkung von Zement in der Vergangenheit unter Maurern und Betonwerkern die anerkannte Berufskrankheit „Maurerekzem“ hervorgerufen. Trotz eines Vorsorgewertes von 2 mg Chromat pro Kilogramm Zement übersteigt die Mehrzahl der in Deutschland erhältlichen Portlandzemente diesen Wert zum Teil erheblich [1]. Neben Chrom zählen auch Kobalt, Nickel, Mangan und Kupfer zu den möglichen Auslösern einer Zementdermatitis, wobei Kobalt möglicherweise einen sensibilisierenden Faktor darstellt [12].

Festbettvergasung zu Synthesegas bzw. Methanol: Im Sekundärrohstoff-Verwertungszentrum (SVZ) Schwarze Pumpe/Niederlausitz werden brikettierte[4] Kunststoffabfälle gemeinsam mit Braunkohle unter Zugabe von Sauerstoff und Wasserdampf im Festbett bei 800-1.300 °C und einem Druck von 25 bar vergast. Das entstehende Synthesegas, das vorwiegend Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Methan und Wasserstoff aber auch Teere, Mittel- und Leichtöl enthält, wird schockartig abgekühlt (Quenche) und kann in einem weiteren Prozeßschritt zu Methanol verarbeitet oder energetisch zur Erzeugung von Strom und Wärme genutzt werden. Die nicht umsetzbaren, mineralischen Bestandteile werden zu einer glasartigen Schlacke geschmolzen, die im Straßenbau eingesetzt werden kann [14].

Hydrierung von Kunststoff zu Syntheseöl und Synthesegas: Dazu wurde die Sumpfphasenhydrierung, die für den Einsatz von Kohle und Schweröl konzipiert wurde, 1993 durch eine vorgeschaltete Depolymerisationsstufe erweitert, um auch Kunststoffe in der Kohleöl-Anlage der Veba Oel AG in Bottrop verarbeiten zu können.
In der Hydrieranlage werden agglomerierte Mischkunststoffe erhitzt, bis sie bei über 400 °C schmelzen und mittels Hochdruckpumpen auf einen Druck von 150-200 bar verdichtet werden können. Zuvor werden Feststoffe und aus PVC entstehender Chlorwasserstoff (HCl) abgetrennt; der Chlorwasserstoff wird zurückgewonnen und evtl. noch vorhandene Chloranteile zu Calciumchlorid ($CaCl_2$) umgesetzt und entfernt [15]. Bei einer Reaktionstemperatur von 440-480 °C brechen die Molekülstrukturen der Kunststoffe auseinander (Depolymerisierung). Die entstehenden, gasförmigen Kohlenwasserstoffbruchstücke werden in einer weiteren Stufe mit Wasserstoff und einem Katalysator in Verbindung gebracht (Hydrierung), wobei sich Wasserstoff an die Bruchstellen anlagert. Die erhaltenen Produkte werden abgekühlt, auf Normaldruck entspannt und feste Bestandteile abgetrennt. Aus einer Tonne Kunststoffagglomerat werden so 800 kg synthetisches Rohöl (Syncrude) gewonnen. Als Nebenprodukte entstehen Hydrierbitumen, das in der Kokerei als Bindemittel verwendet wird, und ein heizwertreiches Gasgemisch aus Methan, Ethan, Propan, Butan, Pentan und Hexan, das energetisch verwertet wird.
Die Kohleöl-Anlage in Bottrop wurde Ende 1999 stillgelegt, nachdem die Duales System Deutschland AG den Vertrag aus Wirtschaftlichkeitsgründen gekündigt hatte [16].

KAKTUS-Verfahren: Dabei wird der Inhalt der gelben Säcke nach der Gebindeöffnung über einen Magnetscheider in einen Pulper bzw. Stofflöser gegeben, der zusammen mit der Reinigungsstufe das Herzstück der Anlage bildet. Die so gewonnenen Produkte sind gewaschene Kunststoffe vermischt mit Vollaluminium bzw. Alumini-

[4] Kunststoffbriketts werden aus Mischkunststoffen durch Pressen hergestellt, weisen Korngrößen von 2 bis 8 cm und finden ausschließlich Verwendung zur Vergasung bzw. Methanolerzeugung

um/Kunststoff-Verbunden, eine wäßrige Papierfasersuspension, die getrennt erfaßt und getrocknet wird, und sogenannte Schwerstoffe, das sind nichtmetallische Verunreinigungen, die sich am Boden absetzen und entfernt werden müssen [17]. Die Kunststoffe und das Aluminium werden zerkleinert und einer Trennzentrifuge zugeführt. Dort wird der PE/PP-Anteil (Polyolefine) vom Rest getrennt. Durch Wirbelstromabscheidung wird das Vollaluminium und der Aluminium/Kunststoffverbund separiert. Abschließend werden die schweren Kunststoffe mittels einer elektrostatischen Scheidung vom PVC befreit, so daß als Reststoffe des Systems nur noch der Schlamm aus der Brauchwasseraufbereitung und nichtmetallische Anteile aus dem Pulper-Schwergut übrig bleiben.

KERIUM-Anlage: Dabei wird im ersten Schritt der komplette gelbe Sack geshreddert, um danach über eine Sortiertrommel organische Stoffe, Sand, und Glasbruch auszusortieren. Mit Hilfe eines Fallstromwindsichters wird in eine leichtere und schwerere Fraktion unterschieden [18]. Die Leichtfraktion wird trocken weiterverarbeitet und enthält überwiegend Folien und einen geringen Papieranteil, die gemeinsam zermahlen und in einem Abscheidezyklon zu PE-Agglomerat und Papier getrennt werden. Die Schwerfraktion passiert einen Überband-Magnetscheider und durchläuft eine Naßschneidmühle, einen Wirbelstromabscheider für die Aluminiumgewinnung und einen Friktionswäscher zur Trennung von Papier und Aluminium in Getränkeverbunden. Anschließend werden die verbleibenden Stoffe noch durch drei Hydrozyklone geschleust und dabei die Kunststoffe PVC, PET, PA, PC und PS durch Zentrifugalkräfte abgetrennt. Übrig bleibt ein PE-/PP-Gemisch, das in werkstofflichen Verfahren weiterverwendet werden kann.

Kompostierung (Aerobe Verfahren): Aerobe Verfahren zur biologischen Abfallbehandlung stellen ein 3-Phasen-System dar, in dem die abbaubare Organik, Wasser und Sauerstoff in geeigneter Zusammensetzung vorliegen müssen, um optimale Lebensbedingungen für die Mikroorganismen (chemotrophe-, chemoorganoheterotrophe Organismen) zu schaffen, die am Abbau des Substrates teilnehmen. Bei der Kompostierung werden die abbaubaren organischen Bestandteile der Trockensubstanz (oTS) mit Hilfe von Sauerstoff vollständig in Kohlendioxid (CO_2) und Wasser (H_2O) umgewandelt, gleichzeitig wird Wärme freigesetzt (ca. 33–41 kJ/g Kohlenstoff), die sich als Selbsterhitzung bemerkbar macht [19].

Da der zu kompostierende Abfall neben der oTS auch mineralische Anteile enthält, muß der Biomüll vor der Rotte von Störstoffen befreit, zerkleinert und homogenisiert werden, damit die Mikroorganismen die organischen Bestandteile möglichst gut erreichen können. Für den Rottevorgang selbst müssen ein ausreichender Wassergehalt (40–65 %) und ein ausreichendes Luftporenvolumen (ca. 30 %) vorhanden sein, da die Mikroorganismen ihre Nährstoffe nur in gelöster Form aufnehmen können und ausreichend mit Sauerstoff versorgt sein müssen. Voraussetzung für einen guten Abbau der organischen Substanz ist ein ausgewogenes Nährstoffverhältnis im Substrat; besonders wichtig ist

das Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff (C/N-Verhältnis), das zu Anfang bei ca. 30-35 zu 1 liegen und nach der Rotte einen den Kulturböden entsprechenden Wert von ca. 15-20 zu 1 aufweisen sollte [20]. Da die verschiedenen Abfälle jeweils unterschiedliche C/N-Verhältnisse besitzen, kann durch geeignete Mischung von Abfällen (Altpapier C/N=300, Küchenabfälle C/N=25, Klärschlamm C/N=15, Weizenstroh C/N=128, Sägemehl C/N=500) ein Rottegut vorbereitet werden, das ein optimales C/N-Verhältnis aufweist.

Der Sauerstoffbedarf für die ablaufenden biochemischen Reaktionen beträgt ca. 4 l O_2/g abbaubare Substanz. Um ausreichend Sauerstoff zur Verfügung zu stellen, dürfen unbelüftete Mieten nicht zu hoch aufgeschüttet werden (die Eindringtiefe von Sauerstoff durch Diffusion beträgt ca. 70 cm) oder die Mieten müssen belüftet werden, andernfalls kann es zu Faul- und Gärungsprozessen mit Geruchs- und Methanemissionen kommen.

Die höchste Umsetzungsrate im Rottegut wird bei einer Temperatur von ca. 60 °C erreicht. Wenn die Temperatur von > 55 °C über einen Zeitraum von ein bis drei Wochen gehalten wird, gilt der Kompost als hygienisiert. Oberhalb einer Temperatur von 75 °C kann es zu einer Sterilisierung des Kompostes kommen, so daß die Umsetzung der organischen Substanz unterbunden wird. Die Temperatur der Rotte muß daher durch verfahrenstechnische Maßnahmen (Isolierung, Belüftungssteuerung, Abdeckung usw.) kontrolliert bzw. beeinflußt werden.

MBA zur Ablagerung: Mit der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung zur Ablagerung sollen der organische Kohlenstoff im Abfall weitgehend abgebaut, das Abfallvolumen reduziert und der Abfall biologisch so stabilisiert werden, daß der verbleibende Rest umweltverträglich abgelagert werden kann.

In diesen Anlagen wird eine mehrstufige Vor- und Nachzerkleinerung mit Siebung, Fe-Abscheidung und Homogenisierung durchgeführt [21]. Durch diese Aufbereitungsschritte wird sichergestellt, daß in der Rotte eine weitgehende biologische Umsetzung erfolgen kann, um die auf der Deponie zu erwartenden Emissionen auf ein mit biologischen Mitteln zu erreichendes Minimum beschränken zu können.

Nach der biologischen Behandlung (über einen Zeitraum von mehr als 3 Monaten) kann der dann nicht weiter abbaubare Rotterückstand in der Regel die Parameter der TA Siedlungsabfall – bis auf TOC und Glühverlust – einhalten und ist somit bedeutend reaktionsträger als unbehandelter Abfall. Die zu erwartenden Gasemissionen weisen ein Restpotential von ca. 10 % oder 5-50 m³/t TS auf [22]. Das Sickerwasser wird ebenfalls von organischen Bestandteilen entfrachtet und durch hochverdichteten Einbau mengenmäßig verringert. Trotzdem kommt es bei MBA-Rückständen zu nicht vernachlässigbaren Emissionen an Deponiegas- und Sickerwasser.

MBA zur Heizwertsteigerung und energetischen Verwertung: Das Konzept der biologischen Trocknung bzw. Trockenstabilisierung von Restabfällen entspringt der speziellen Anforderung des KrW-/AbfG an den Mindestheizwert zur energetischen Verwertung von Abfällen. Ziel dieser Konzepte ist es, durch biologische Abbauprozesse eine Reduzierung des Wassergehaltes auf < 15 % Restfeuchtegehalt (ohne wesentlichen Abbau organischen Materials) zu erzielen, um den Heizwert von Restabfällen auf über 11.000 kJ/kg zu steigern und diese einer energetischen Verwertung zuführen zu können.

Durch eine einwöchige biologische Vorbehandlung bei gleichzeitigem Wasseraustrag (ca. 25 % Gewichtsreduzierung) und anschließender Absiebung der Leicht- bzw. Grobfraktion läßt sich Brennstoff aus Müll (BRAM) bzw. das sogenannte Trockenstabilat erzeugen, der einen Heizwert von bis zu 18.000 kJ/kg besitzt [23].

Nach Abtrennung von Metallen und mineralischen Bestandteilen kann der biologisch stabilisierte Abfall zwischengelagert und nach Bedarf in einer eigenen Verbrennungsanlage oder in Industriefeuerungen verbrannt werden. Das Brandverhalten der vorbehandelten Abfälle ist als gut zu bewerten [24]. Bei bestehenden Müllheizkraftwerken müssen Anpassungen in der Verfahrenstechnik, vor allem bei den Aufgabetrichtern und den zulässigen Heizwerten, vorgenommen werden [24].

MBA zur stoffstromspezifischen Behandlung: Bei der stoffstromspezifischen Restabfallbehandlung soll durch mechanische Aufbereitung und Abtrennung einer Grobfraktion zur stofflichen bzw. energetischen Verwertung oder thermischen Behandlung die Menge und das Volumen des Restabfalls reduziert und für einen nachfolgenden biologischen Abbau homogenisiert werden. Die sich anschließende biologische Behandlung kann aerob – eine Fraktion < 40 mm kann auch anaerob in einer Vergärungsanlage [21] – durchgeführt werden und erreicht eine Gewichtsreduktion von ca. 25-40 % (insbesondere Wasserverlust) innerhalb ca. 3 bis 6 Wochen, wobei gleichzeitig eine biologische Stabilisierung des Restabfalls stattfindet. Nach Bedarf kann nach der Rotte nochmals eine mechanische Aufbereitung erfolgen, bei der nochmals eine heizwertreiche Grobfraktion zur energetischen Verwertung oder thermischen Behandlung abgetrennt werden kann.

Dieses Konzept wird häufig in Regionen mit geringem Müllaufkommen in Verbindung mit einer dezentralen Abfallbehandlung diskutiert, da es einen flexiblen Einsatz und Betrieb erlaubt und – entweder durch thermische Behandlung des mengenmäßig reduzierten Rotterückstandes oder mit der in Aussicht gestellten Änderung der TA Siedlungsabfall bzw. in Verbindung mit einem Gleichwertigkeitsnachweis – einen regulären Weiterbetrieb der Anlage auch über das Jahr 2005 hinaus ermöglicht.

Müllverbrennung in der Wirbelschicht: Die Wirbelschichttechnik kommt seit vielen Jahren bei chemischen Prozessen zum Einsatz und hat sich im Bereich der Feuerungs-

technik bewährt. In neuerer Zeit wird sie auch zur Hausmüllverbrennung insbesondere in Japan (> 60 Anlagen) eingesetzt. In Europa arbeiten derzeit 6 Anlagen mit Wirbelschichttechnik (Lindköpping, Göteborg und Östersund (Schweden), Amsterdam/Niederlande, Macomer/Italien und bei Oslo/Norwegen). In Deutschland wird die Wirbelschichttechnik auf dem Gebiet der Reststoffbehandlung für Spezialanwendungen wie die Verbrennung von kontaminiertem Holz und Böden sowie bei der Klärschlammverbrennung angewandt. Im September 1998 nahm in Österreich die erste privat betriebene Wirbelschichtverbrennungsanlage (ZWS der Lurgi AG) zur Abfall- und Reststoffverwertung ihren Probebetrieb auf, die alle österreichischen Grenzwerte für Müllverbrennungsanlagen (LRV-K) einhält. Der Probebetrieb erstreckt sich – gemäß österreichischem Abfallwirtschaftsgesetz unter laufender Überwachung durch die Behörde und Fachleute – über drei Jahre [25].

Müllverbrennung mit Rostfeuerung: Die Verbrennung auf dem Rost ist derzeit das Standardverfahren, das sich in Deutschland an 58 Standorten bewährt hat. Weltweit werden mindestens 500 Anlagen mit Rostfeuerung betrieben.

Paraffin aus Kunststoff (PARAK-Verfahren): Das PARAK-Verfahren, das in der Anlage des Paraffinwerks Webau entwickelt wurde, beruht auf einer Pyrolyse von Kunststoffen (Cracken). Dazu werden gesäuberte und zerkleinerte Folienkunststoffe bei Temperaturen von 350-390 °C (unter Luftabschluß) verflüssigt und anschließend einem kombinierten Spalt- und Destillationsprozeß bei 420-430 °C unterworfen. Aus dem Destillat erhält man neben der gewünschten Paraffinfraktion, eine flüssige, leichtsiedende Fraktion, die in Raffinerien zu Schmieröl weiterverarbeitet wird. Darüber hinaus entstehen sogenannte Spaltgase, die prozeßintern zur Wärmeerzeugung energetisch genutzt werden. Die Paraffinfraktion wird unter Zusatz von Lösungsmitteln gereinigt. Das abgetrennte, schwefelfreie Öl kann in Raffinerien zu Benzin und Heizöl weiterverarbeitet und das verwendete Lösungsmittel redestilliert und erneut eingesetzt werden. Zurück bleibt ein Gemisch aus Paraffin und Wachs[5] mit einer Ausbeute von ca. 50 %.

RCP-Verfahren: Das RCP-Verfahren (Recycled Clean Products) ist ein neuartiges Kombinationsverfahren zur Behandlung von Haus- und Gewerbemüll, bestehend aus Pyrolyse, Schmelzreaktor und Gas/Sand-Wirbelschicht [26]. Das Verfahren besteht aus Komponenten des Duotherm- und Holderbank-Schmelz-Redox-Verfahrens (beide Von Roll), die zu einem neuartigen Abfallverwertungsverfahren kombiniert wurden [27]. 1995 wurde mit dem Betreiber der Müllverbrennungsanlage Bremerhaven ein Vertrag zur Integration des RCP-Verfahrens als zusätzliche Linie mit einem Durchsatz von 6 t/h

[5] Paraffin ist ein Gemisch aus gesättigten, aliphatischen Kohlenwasserstoffen mit flüssiger, wachsartiger oder fester Konsistenz; Wachse sind Verbindungen aus Fettsäuren und langkettigen Alkoholen.

bzw. 45.000 t/a in die bestehende MVA unterzeichnet. Diese Linie hat 1997 den Probebetrieb aufgenommen und im März 1998 die Genehmigung zum Dauerbetrieb erhalten. Ziel des RCP-Verfahrens ist es, Restabfälle weitgehend rückstandsfrei in direkt verwertbare Produkte unter Nutzung der freiwerdenden Energie umzuwandeln.

Schwel-Brenn-Verfahren: Das Schwel-Brenn-Verfahren der Firma Siemens stellt eine Kombination von Pyrolyse und anschließender Hochtemperaturverbrennung dar. Ziel dieses Konzeptes ist die weitgehend rückstandsfreie Umwandlung des Restabfalls in verwertbare Stoffe sowie die Nutzung von freiwerdender Energie.

1994 wurde die erste großtechnische Anlage mit einer Durchsatzleistung von 100.000 t/a in Fürth genehmigt, die im Februar 1997 den Erprobungsbetrieb aufnahm, der jedoch wegen technischer Probleme (u.a. mit der Konversionstrommel) mehrfach unterbrochen werden mußte. Im Februar 1999 wurde die Anlage stillgelegt. Derzeitige Aktivitäten zur Schwel-Brenn-Technik beschränken sich auf die Lizenznehmer Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd. und Takuma Co., Ltd. in Japan.

Stoffliche Verwertung von Kunststoffen als Reduktionsmittel im Hochofen: Eisen kommt in der Natur als Erz in der Form von Eisenoxid, Eisensulfid oder Eisencarbonat vor [5]. Um daraus metallisches Eisen zu gewinnen ist eine Reduktion, d.h. der Entzug von Sauerstoff bzw. Schwefel erforderlich, der bei Temperaturen oberhalb von 600 °C durch Kohlenmonoxid und Wasserstoff im Hochofen erfolgt. Als Kohlenstofflieferant dienen normalerweise Koks, Schweröl oder Erdgas. Im Stahlwerk Bremen und in anderen Stahlwerken wird nun Kunststoff (Kunststoffagglomerat [6]) verwendet, um Schweröl teilweise zu ersetzen. In der Praxis ergibt sich – bei einem Substitutionsgrad von 30 % Schweröl – ein durchschnittlicher Verbrauch von 374 kg Koks, 70 kg Schweröl und 30 kg Kunststoff pro Tonne Roheisen [5][28].

Der agglomerierte Kunststoff wird in die Vergasungszone des Hochofens eingebracht und bei den dort herrschenden Temperaturen von ca. 2000 °C vollständig in Kohlenmonoxid (CO) und Wasserstoff (H_2) umgewandelt. Das Kohlenmonoxid reduziert das Eisenoxid zu metallischem Eisen und wird dabei zu Kohlendioxid oxidiert, das mit dem Koks abermals zu Kohlenmonoxid reagiert (Boudouard-Reaktion).

Im Bremer Stahlwerk werden 70.000 t Kunststoffabfälle pro Jahr als Reduktionsmittel verwertet und dadurch die gleiche Menge Schweröl ersetzt [29]. Durch die erzielte Einsparung von 130 DM/t für das Schweröl ist das Verfahren bei einem Annahmepreise für den Kunststoff von ca. 200 DM/t wirtschaftlich [30]. Bei dieser Reaktion werden aller-

[6] standardisierter, rieselfähiger Mischkunststoff mit einer Korngröße bis zu 10 mm, einem Aschegehalt unter 4,5 %, einem Chlorgehalt von bis zu 2 % und einer Schüttdichte von mindestens 300 kg/m^3

dings nicht nur die stofflichen Eigenschaften sondern auch der Energieinhalt des Kunststoffs genutzt: Der Energienutzungsgrad beträgt ca. 80 %, wobei ca. 30 % der Energie thermisch – also energetisch - und ca. 50 % chemisch – also rohstofflich - zur Reduktion des Eisens genutzt werden [31][32]. *(s. auch Energetische Abfallverwertung im Hochofen)*

Thermoselect-Verfahren: Das Thermoselect-Verfahren stellt als kombiniertes, unterbrechungsloses Ent- und Vergasungsverfahren mit integrierter Direkteinschmelzung eine relativ junge Entwicklung im Bereich der thermischen Abfallbehandlung dar. Erste Versuche erfolgten 1989, und bereits 1992 konnte eine großtechnische Pilotanlage (4,2 t/h) in Fondotoce (Italien) in Betrieb genommen werden [33]. Seit 1994 besitzt die Anlage eine Dauerbetriebsgenehmigung [34]. 1994 entschieden sich der Abfallentsorgungsverband Ansbach [35] und 1995 die Stadt und der Landkreis Karlsruhe [36] für den Bau einer Thermoselect-Anlage mit einer Kapazität von 100.000 bzw. 225.000 t/a. Die Anlage in Ansbach befindet sich im Bau und die Karlsruher Anlage sollte Anfang 1999 ihren regulären Betrieb aufnehmen. Nach verschiedenen Problemen im Probebetrieb, u.a. mit der Krananlage und dem Kühlsystem, wurde der Termin für die Übergabe an den Betreiber mehrfach verschoben worden [37]. Das Regierungspräsidium Karlsruhe hat inzwischen einen befristeten Regelbetrieb bis Ende März 2000 genehmigt [38].

Vergärung (Anaerobe Verfahren): Bei anaeroben Verfahren erfolgt die Umsetzung organischer Substanzen unter Sauerstoffabschluß zu Kohlendioxid und Methan mit der Hilfe von Bakterien und deren Enzyme in vier Stufen: Die Makromoleküle werden in der ersten Stufe in ihre niedermolekularen Bestandteile zerlegt, die in Lösung (Hydrolyse) gehen, und in der zweiten Stufe (Vergärung und Säurebildung) von verschiedenen (acidogenen) Bakterien resorbiert und zu vorläufigen Gärendprodukten umgewandelt werden (hauptsächlich Carboxylsäuren wie Acetat, Propionat und Butyrat [19]). In der folgenden Stufe der Acetogenese (Essigsäurebildung) werden die in der Vergärungsstufe gebildeten organischen Säuren und Alkohole zu den methanogenen Nährstoffen Essigsäure, Wasserstoff und Kohlendioxid, umgewandelt, die in der vierten Stufe (Methanogenese) durch Methanbildner mit molekularem Wasserstoff zu CH_4 (Methan) umgesetzt werden.

Das entstehende Faulgas enthält normalerweise neben CO_2 (30-40 %) und CH_4 (60-70 %) auch noch andere Gase (z.B. H_2, NH_3 und H_2S) in geringen Mengen [39]. Die vierte Stufe ist aufgrund des langsamen Bakterienwachstums der geschwindigkeitslimitierende Schritt beim anaeroben Abbau. Für die Vergärung sehr gut geeignet sind feuchte nährstoffreiche und mit schwacher Struktur versehene Abfälle und bei leicht aufzuschließenden, niedermolekularen Verbindungen (Küchenabfälle) verläuft der Abbau schneller und vollständiger als bei hochmolekularen Biopolymeren (Pflanzenabfälle). Auf die Vergärung von Abfällen wirken z.B. Antibiotika, Desinfektionsmittel,

Schwermetalle und Salze hemmend bzw. toxisch und es muß daher darauf geachtet werden, daß die zu behandelnden Abfälle nur wenige dieser Hemmstoffe enthalten [20].

Von den Temperaturbereichen, in denen die methanogene Vergärung eine erhöhte Gasproduktion aufweist, wird in der Abfallwirtschaft am häufigsten der mesophile Bereich (32-50 °C) genutzt, da bei höheren Temperaturen (thermophiler Bereich 50-70 °C) die Vergärung biologisch instabiler abläuft und bei geringeren Temperaturen (psychrophiler Bereich um 10 °C) die Reaktionen zu langsam verlaufen, um sie in der Abfallwirtschaft einsetzen zu können. Da bei der Vergärung keine Wärme freigesetzt wird, muß die Reaktionstemperatur durch geeignete Heizungsverfahren von außen vorgegeben werden. Dafür kann das erzeugte Gas genutzt werden.

Die Reststoffe aus der Vergärung weisen unmittelbar nach Austritt noch erhebliche Geruchsintensitäten auf, die jedoch innerhalb eines Tages bei der Umstellung vom anaeroben zum aeroben Zustand stark abklingen [40]. Die Gärreststoffe können entweder direkt als Dünger ausgebracht werden oder in einer belüfteten Nachrotte zu Kompost verarbeitet werden. Durch die geringeren Geruchs- und Schadgasemissionen der Vergärungsverfahren können im Gegensatz zu Kompostierungsanlagen (Abstand > 500 m) auch Standorte mit angrenzender Bebauung genutzt werden.

Werkstoffliches Recycling von Kunststoffen: Zum werkstofflichen Recycling der gebrauchten Kunststoffverpackungen kommen die auch in der Produktion von Neuware üblichen Verfahren zum Einsatz [41]: Sortenreine Kunststoffabfälle können in Extrudern zu neuen Produkten oder zu Granulat[7] bzw. sogenanntem Regranulat verarbeitet werden. In Folienblasanlagen entstehen aus gebrauchten Folien, Beuteln und Säcken aus Polyethylen oder Polypropylen wieder neue Folien bzw. Beutel oder Säcke.

In Spritzgußanlagen entstehen in mehreren Arbeitsgängen beispielsweise Paletten, Reitbodenmatten oder Abfallbehälter. Mischkunststoffe lassen sich im Preßverfahren direkt zu Produkten, wie z.B. Platten, Paletten etc., verarbeiten, wobei allerdings wegen der unterschiedlichen Schmelzpunkte der verschiedenen Kunststoffe keine dünnwandigen Produkte hergestellt werden können.

Beim Intrusionsverfahren können auch nicht geschmolzene Partikel (auch kleinere Verunreinigungen wie Sand oder Glas) in die Kunststoffschmelze eingebettet und daraus Produkte wie Verkehrsinseln, Rasengittersteine, Fensterprofile etc. geformt werden.

[7] kleine, gleichmäßig zylindrisch oder linsenförmig geformte, rieselfähige Kunststoffteilchen

Literaturverzeichnis zu Anhang B

[1] Lahl, U.; Zeschmar-Lahl, B.; Dehoust, G.; Lohse, J.; Sander, K.: Zu kurz gedacht – Bei der Mitverbrennung von Restabfällen in Industrieanlagen überwiegen in der Regel die ökologischen Nachteile. Müllmagazin **10** (1997) Nr. 1, S. 78-84

[2] Pruckner, E.: Pro und Contra: Recycling, Verwertung, thermische Nutzung. In: VDI (Hrsg.): Verwertung von Kunststoffabfällen. VDI-Berichte Nr. 1288, S. 1-11, VDI-Verlag, Düsseldorf 1996

[3] Langer, B.: Hitzige Reaktionen - Die DSD-Kunststoffvergasung im Hochofen kann sich zu einem Hemmnis für werkstoffliche Verwertungsverfahren entwickeln. Müllmagazin **8** (1995) Nr. 4, S. 69-71

[4] Wirsig, G.: Kunststoffe im Hochofen entsorgen. Umwelt **25** (1995) Nr. 11/12, S. 508-509

[5] Lahl, U.: Der Einsatz von Kunststoffen als Reduktionsmittel im Hochofen – ein Rückblick. Müll und Abfall **27** (1995) Nr. 5, S. 309-313

[6] Bierbaum, K.; Greif, H.-G.: Mitverbrennung von Produktionsrückständen und Klärschlämmen in Braunkohlekesselanlagen. BWK/TÜ/Umwelt-Special Oktober 1996, S. S18-S26

[7] Bündnis 90/Die Grünen (Hrsg.): Gewerbeabfälle in Baden-Württemberg – Wege und Verbleib. Studie erstellt von BZL und DPU im Auftrag der Grünen im Landtag von Baden-Württemberg, Suttgart, Nov. 1997

[8] Tauber, C.; Klemm, J.; Schönrok, M.: Mitverbrennung kommunaler Klärschlämme in Steinkohlekraftwerken. Enregiewirtschaftliche Tagesfragen **45** (1995) Nr. 11, S. 725-733

[9] Hansmann, G.; Mitmann, H.; Lindert, M.; Görtz, W.: .: Mitverbrennung von Klärschlämmen in Steinkohlekraftwerken am Beispiel Düsseldorf Lausward. In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e.V. (Hrsg.): Mitverbrennen von Abfällen - eine sinnvolle Entsorgungsmöglichkeit? 17. Seminar im Rahmen der UTECH ´97 am 17. Februar 1997 in Berlin

[10] Stellungnahme des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg: Klärschlammverbrennung im Kohlekraftwerk Walheim. Landtagsdrucksache 12/1328 vom 16. April 1997

[11] Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ): Beton – Hart im Nehmen, stark in der Leistung, fair zur Umwelt. Umweltverträglichkeit von Zement und Beton, Herstellung, Anwendung und Sekundärrohstoffeinsatz. Die Deutsche Zementindustrie informiert. VDZ, Forschungsinstitut der Zementindustrie, Düsseldorf 1996

[12] Reiter, B.; Stroh, R.: Behandlung von Abfällen in der Zementindustrie. Monographien Band 72, Umweltbundesamt, Wien, Dezember 1995

[13] Kreft, W.: Thermische Reststoffentsorgung im Zementwerk – ein Vergleich mit anderen Verfahren der Abfallbehandlung. Zement-Kalk-Gips 48 (1995) Nr. 1, S. 1-7

[14] Buttker, B.: Betriebserfahrungen zur Vergasung von Hausmüll und anderen Abfällen im Sekundärrohstoffverwertungszentrum Schwarze Pumpe. In: Verein zur Förderung des Institutes WAR e.V. (Hrsg.): Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung unter Einbindung thermischer Verfahren für Teilfraktionen. 54. Darmstädter Seminar „Abfalltechnik“ am 6. Februar 1998, Schriftenreihe WAR Nr. 105, TU Darmstadt 1998

[15] Richter, E.: Verwertung von Kunststoffabfällen. Umwelt **27** (1997) Nr.3, S.49-53

[16] Veba Oel AG (Hrsg.): Veba Oel und DSD beenden Zusammenarbeit im Kunststoff-Recycling. Kohleöl-Anlage stellt Betrieb bis Ende 1999 ein. Pressemitteilung vom 24. August 1999

Duales System Deutschland AG (Hrsg.): Vertrag mit Kohleöl-Anlage wird beendet. Pressemitteilung vom 24. August 1999

[17] Der Grüne Punkt - Gesellschaft für System Technologie mbH (Hrsg.): Die saubere Lösung. Recycling von Verpackungen und gewerblichen Altkunststoffen. Prospekt zur Pilotanlage KAKTUS, Köln 1998

[18] Anonym: Die Spreu vom Weizen trennen. Mit neuen Sortierverfahren zu wirtschaftlichem Recycling. Punkt, das Partnermagazin der Duales System Deutschland GmbH Nr. 2 (1997), S. 6-11

[19] Zachäus, D.: Grundlagen der biologischen Abfallbehandlung. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Kreislaufwirtschaft. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin 1994

[20] Bilitewski, B.; Härdtle, G.; Marek, K.: Abfallwirtschaft. 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 1994

[21] Doedens, H.: Stand der Technik MBA - geschlossene Anlagen. In: Stegmann, R.; Rettenberger, G. (Hrsg.): Entwicklungstendenzen in der Deponietechnik. Hamburger Berichte Nr. 12 - Abfallwirtschaft der Technischen Universität Hamburg-Harburg, Economica Verlag, Bonn 1998

[22] Stegmann, R.; Hupe, K.: Anpassung der Deponietechnik an die MBV-Reststoffe. In: Stegmann, R.; Rettenberger, G. (Hrsg.): Entwicklungstendenzen in der Deponietechnik. Hamburger Berichte Nr. 12 - Abfallwirtschaft der Technischen Universität Hamburg-Harburg, Economica Verlag, Bonn 1998

[23] Franke, J.; Fricke, K.: Möglichkeiten der energetischen und stofflichen Verwertung von heizwertreichen Reststoffen aus der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung im Rahmen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes. In: Verein zur Förderung des Institutes WAR e.V. (Hrsg.): Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung unter Einbindung thermischer Verfahren für Teilfraktionen. 54. Darmstädter Seminar „Abfalltechnik“ am 6. Februar 1998, Schriftenreihe WAR Nr. 105, TU Darmstadt 1998

[24] Jager, J.; Lohf, A.; Herr, C.: Auswertung der Verbrennungsversuche zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung unter Einbindung thermischer Verfahren für Teilfraktionen“. In: Verein zur Förderung des Institutes WAR e.V. (Hrsg.): Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung unter Einbindung thermischer Verfahren für Teilfraktionen. 54. Darmstädter Seminar „Abfalltechnik“ am 6. Februar 1998, Schriftenreihe WAR Nr. 105, TU Darmstadt 1998

[25] Lenzing AG (Hrsg.): Geschäftsbericht 1998. Lenzing/Österreich, 1999

[26] Anonym: Müll-Duo - RCP-Verfahren von Von Roll. Energie Spektrum **10** (1995) Nr. 11, S. 36-38

[27] Von Roll Umwelttechnik AG: Von Roll RCP-Verfahren. Standard Angebot, Zürich, April 1996

[28] Urban, A.I.; Friedel, M.: Kapazitäten thermischer Verfahren und Behandlungsanlagen. In; Urban, A.I.; Bilitewski, B.; Faulstich, M. (Hrsg.): Thermische Aballbehandlung – Entwicklung von Technik und Kosten. Verein zur Förderung der Fachgebiete Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik an der Universität Gh Kasse e.V., Kassel 1997

[29] Duales System Deutschland AG (DSD): Verpackungsrecycling – Techniken, Trends, Tendenzen. DSD, Köln, 1. Auflage Januar 1998 und 2. aktualisierte Auflage August 1998

[30] Wirsig, G.: Kunststoffe im Hochofen entsorgen. Umwelt **25** (1995) Nr. 11/12, S. 508-509

[31] Lahl, U.: Der Einsatz von Kunststoffen als Reduktionsmittel im Hochofen – ein Rückblick. Müll und Abfall **27** (1995) Nr. 5, S. 309-313

[32] Anonym: Begehrter Stoff - Kunststoffverwertung im Hochofen. Energie Spektrum **11** (1996) Nr. 2, S. 22-24

[33] Stahlberg, R.; Feuerriegel, U.: Thermoselect Energie- und Rohstoffgewinnung. Verfahrensgrundlagen zur unterbrechungslosen Verwertung von Restabfällen. In: Häßler, G. (Hrsg.): Thermoselect - Der neue Weg, Restmüll umweltgerecht zu behandeln. Verlag Karl Goerner, Karlsruhe 1995

Schweitzer, F. J. (Hrsg.): Thermoselect-Verfahren zur Ent- und Vergasung von Abfällen. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin 1994

[34] Reiling, W.; Burgbacher, G.; Beck, U.; Wissmann, G.: Bewertung des Thermoselect-Verfahrens. Gutachten im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg. Unternehmensgruppe TÜV Südwest - TÜV Energie und Umwelt GmbH, Stuttgart, Dezember 1994

[35] Anonym: Erste Thermoselect-Anlage in Ansbach. VDI-Nachrichten Nr. 31 vom 5. August 1994, S. 16

[36] Anonym: Thermoselect-Vertrag unterzeichnet. Neue thermische Müllbehandlung soll am 1. Januar 1999 aufgenommen werden. Staatsanzeiger für Baden-Württemberg vom 25. Februar 1995, S. 2

[37] Heck, M.: Ärger mit High-Tech-Kränen – Start für Thermoselectanlage Karlsruhe weiter verschoben. Stuttgarter Zeitung vom 13. April 1999, S. 7

[38] Donath, C.: Thermoselect krankt weiter – Vorerst gibt es keine Dauergenehmigung für die Anlage. Stuttgarter Zeitung vom 6. November 1999, S. 8

[39] Maurer, M.; Winkler, J.-P.: Biogas. Verlag C.F. Müller, Karlsruhe 1982

[40] Bidlingmaier, W.: Kompostierung und Vergärung, Konkurrenten oder Partner? In: Forschungs- und Entwicklungsinstitut für Industrie- und Siedlungswasserwirtschaft sowie Abfallwirtschaft (FEI) e.V. (Hrsg.): Nachhaltige Abfallwirtschaft. 73. Abfalltechnisches Kolloquium am 7. Mai 1998 in Stuttgart

[41] Deutsche Gesellschaft für Kunststoff-Recycling mbH (DKR): Wege des werkstofflichen Recyclings von gebrauchten Kunststoffverkaufsverpackungen aus den Sammlungen des Dualen Systems. DKR, Köln, November 1997